



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“EVALUACIÓN DE LÍNEAS DIFERENCIALES PARA ROYAS (*Puccinia graminis*) EN AVENA (*Avena sativa* L.), TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP, BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022.”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniera Agrónoma

**Autor:**  
Unda Palma Jessica Fernanda

**Tutor:**  
Castillo De La Guerra Clever Gilberto Ing, MSc.

**Co-tutor:**  
Ponce Molina Luis Ing, Ph.D.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jessica Fernanda Unda Palma, con cédula de ciudadanía No. 0504127184, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “**Evaluación de líneas diferenciales para royas (*Puccinia graminis*) en avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) Y cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP, bajo las condiciones ambientales en el campus Salache UTC 2021-2022**”, siendo el Ingeniero Mg. Castillo De La Guerra Clever Gilberto, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Jessica Fernanda Unda Palma

Estudiante

CC: 0504127184

Ing. Clever Castillo De La Guerra, Mg.

Docente Tutor

CC: 0501715494

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **UNDA PALMA JESSICA FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504127184** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de líneas diferenciales para royas (*Puccinia graminis*) en avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) Y cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP, bajo las condiciones ambientales en el campus Salache UTC 2021-2022.”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Clever Gilberto Castillo De La Guerra

Tema: “Evaluación de líneas diferenciales para royas (*Puccinia graminis*) en avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) Y cebada (*Hordeum vulgare* L.) del INIAP, bajo las condiciones ambientales en el campus Salache UTC 2021-2022”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Jesica Fernanda Unda Palma

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

**LA CEDENTE**

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“EVALUACIÓN DE LÍNEAS DIFERENCIALES PARA ROYAS (*Puccinia graminis*) EN AVENA (*Avena sativa* L.), TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP, BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022.”**, de Unda Palma Jessica Fernanda, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Ing. Clever Gilberto Castillo De La Guerra, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

CC: 0501715494

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Unda Palma Jessica Fernanda, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LÍNEAS DIFERENCIALES PARA ROYAS (*Puccinia graminis*) EN AVENA (*Avena sativa* L.), TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP, BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022.”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Jorge Troya Sarzosa, Ph.D.

CC: 0501645568

Lector 2

Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.

CC: 0501883920

Lector 3

Ing. Carlos Torres Miño, Ph.D.

CC: 0502329238

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por mi vida y por todas sus maravillosas bendiciones por haber puesto en mi camino, en mi corazón e iluminar mi mente a lo largo de mi carrera, sabiendo que la vida es de residencia y no de rapidez.*

*Mi mayor agradecimiento a las personas más importantes quienes me dieron la vida, a mis padres Carlos Unda y Laura Palma quienes han sido mi pilar fundamental y están en mis momentos más difíciles, siendo mi fortaleza para esforzarme cada día.*

*Agradezco a mi abuelita Rosa Palma que con sus consejos, motivación y confianza me dio seguridad para seguir adelante en esta etapa de mi vida.*

*Un agradecimiento a mi hermana Daniela, hermanos Sebastián y Andrés que estuvieron siempre a mi lado apoyándome en todo y recuerden hermanos siempre estaré para apoyarles espiritualmente en sus vidas.*

*Quiero agradecer a la emblemática Universidad Técnica de Cotopaxi por haber sido parte de mi formación académica, lo que ha permitido llegar a la realización y finalización de la presente tesis, de igual manera a mi tutor Ing. Clever Castillo, a sus docentes por haberme brindado la sabiduría y el conocimiento necesario para llegar hasta donde estoy hoy en día.*

*Mi eterna gratitud a los Técnicos del Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias, INIAP Victoria López, Luis Ponce, Javier Garófalo y Javier Noroña, por haber financiado todas las actividades de la Tesis y brindado sus conocimientos.*

*A todos muchísimas gracias y que Dios les bendiga hoy mañana y siempre.*

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo se lo dedico a Dios quien ha estado presente siempre y dándome fuerzas para continuar con una de las más grandes metas trazadas en mi vida como es culminar mi carrera profesional.*

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre por ser el pilar fundamental, pues sin ella no lo habría logrado. Madre su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso le doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia, comprensión y amor madre mía, te amo con todo mi corazón y alma. A mí querido padre por apoyo inestable durante todo este proceso, por sus consejos por ser la motivación para culminar mi profesión.*

*A mi abuelita Rosa Palma por ser una persona muy especial en mi vida, por darme el valor de seguir adelante y su apoyo incondicional para sentirme segura de todo lo que puedo lograr.*

*A mis hermanos por el apoyo incondicional, confianza en las diferentes etapas de mi vida.*

*A los demás integrantes de mi familia como: abuelos, tíos y demás conocidos un agradecimiento profundo por formar parte de esta etapa de mi vida.*

*Jessy*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LÍNEAS DIFERENCIALES PARA ROYAS (*Puccinia graminis*) EN AVENA (*Avena sativa* L.), TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP, BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022.”**

**AUTOR:** Unda Palma Jessica Fernanda

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la resistencia, de roya de la hoja (*Puccinia coronata*) en avena (*Avena sativa* L.) y roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), en las condiciones de campo abierto en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se utilizó un diseño experimental completamente al Azar (DCA) sin repeticiones, conformado por 52 líneas diferenciales de avena, 39 líneas diferenciales de trigo y 15 líneas diferenciales de cebada, dando un total de 106 unidades experimentales, con una Área total: 47.7 m<sup>2</sup>, Área neta: 31.8 m<sup>2</sup>. Para la evaluación de las variables en estudio se aplicó la metodología propuesta por el INIAP (2019), denominado Manual No 111. “Parámetros de evaluación y selección en cereales” el que permitió evaluar la severidad y el tipo de reacción de los diferentes cultivos en estudio de avena, trigo y cebada, para determinar el porcentaje de severidad de roya de la hoja en avena y roya amarilla, en trigo y cebada con los siguientes % de (5, 10, 20, 40, 60, 100), y escala para el tipo de reacción es Resistente (R), Moderadamente Resistente (MR), Moderadamente Susceptible (MS) y Susceptible (S). Las 52 líneas diferenciales de avena, en las condiciones de campo abierto se desarrolló hasta el encañado no presentó incidencia al ataque de roya de la hoja porque ninguna línea diferencial sobrevivió en estas condiciones de campo abierto de Salache.- Los resultados obtenidos de roya amarilla en trigo en las líneas diferenciales con ausencia de la enfermedad YR10/6\*AOC, YR15/6\*AOC, YRSP/6\*AOC, CDCTeal, Lillian, AC Interpid, Yr43, YR5/6\*AOC se debe a la presencia de genes resistentes al ataque de la roya amarilla. Las líneas diferenciales de cebada con ausencia de la enfermedad roya amarilla fueron: Mazurka, Bigo, I5, Bancroft de un total de 15 líneas diferenciales analizadas.

**Palabras claves:** líneas diferenciales, roya, avena, trigo, cebada, condiciones ambientales.

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE:** "EVALUATION OF DIFFERENTIAL LINES FOR RUSTS (*Puccinia graminis*) IN OATS (*Avena sativa* L.), WHEAT (*Triticum aestivum* L.) AND BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) OF INIAP, UNDER ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022".

**AUTHOR:** Unda Palma Jessica Fernanda

### ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the resistance of leaf rust (*Puccinia coronata*) in oats (*Avena sativa* L.) and yellow rust (*Puccinia striiformis*) in wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.), in the open field conditions at the Salache Campus of the Technical University of Cotopaxi, a completely random experimental design (DCA) without repetitions was used, consisting of 52 differential lines of oats, 39 differential lines of wheat and 15 differential lines of barley, giving a total of 106 experimental units, with a total area: 47.7 m<sup>2</sup>, net area: 31.8 m<sup>2</sup>. For the evaluation of the variables under study, the methodology proposed by the INIAP (2019), called Manual No111, was applied. "Parameters of evaluation and selection in cereals" which allowed to evaluate the severity and type of reaction of the different crops under study of oats, wheat and barley, to determine the percentage of severity of leaf rust in oats and yellow rust, in wheat and barley with the following % of (5, 10, 20, 40, 60, 100), and scale for the type of reaction is Resistant (R), Moderately Resistant (MR), Moderately Susceptible (MS) and Susceptible (S). the 52 differential lines of oats, in the conditions of open field was developed until the encañado did not present incidence to the attack of rust of the leaf because no differential line survived in these conditions of open field of salache.- The results obtained of yellow rust in wheat in the differential lines with absence of the disease YR10/6\*AOC, YR15/6\*AOC, YRSP/6\*AOC, CDCTeal, Lillian, AC Interpid, Yr43, YR5/6\*AOC is due to the presence of genes resistant to yellow rust attack. The differential lines of barley with absence of yellow rust disease were: Mazurka, Bigo, I5, Bancroft of a total of 15 differential lines analyzed.

**Keywords:** differential lines, rust, oats, wheat, barley, environmental conditions.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xx
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1 Beneficiarios directos	3
3.2 Beneficiarios indirectos	3
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	7
6.1 General	7
6.2 Objetivos Específicos	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA	9
8.1 Líneas diferenciales	9
8.2 Evaluación de líneas diferenciales de cereales	9

8.3	Historia y origen de los cereales	10
8.4	Morfología y fisiología de los cereales	10
8.4.1	Morfología	10
8.4.2	Origen	10
8.5	Historia de la avena	11
8.6	Taxonomía de la avena	11
8.6.1	Clasificación taxonómica de la avena	12
8.7	Características botánicas de la avena	12
8.7.1	Raíz	12
8.7.2	Tallo	13
8.7.3	Hojas	13
8.7.4	Inflorescencia	13
8.7.5	Flor	13
8.7.6	Fruto	13
8.8	Fases fenológicas de la avena	13
8.8.1	Siembra-Emergencia	14
8.8.2	Pre-macollaje	14
8.8.3	Macollamiento	14
8.8.4	Encañado	14
8.8.5	Panoja	14
8.8.6	Prefloración	15
8.8.7	La floración	15
8.8.8	Grano lechoso	15
8.8.9	Llenado de granos	15
8.8.10	Madurez Fisiológica	16
8.8.11	Madurez comercial	16
8.8.12	Etapas fenológicas de la avena en días	16
8.9	Variedades de avena	16
8.10	Historia y origen del trigo	17
8.11	La producción mundial del trigo	17
8.12	El trigo en México	17
8.13	Trigo en la nueva España	18
8.14	El trigo como alimento	18
8.15	Variedades del trigo	18
8.16	Clasificación taxonomía del trigo	19

8.17	Características botánicas del trigo	20
8.17.1	Raíz	20
8.17.2	Tallo	21
8.17.3	Hojas	21
8.17.4	Fruto	21
8.18	Fase vegetativa del trigo	22
8.18.1	Germinación	22
8.18.2	Macollamiento ahijamiento	22
8.18.3	Encañado	22
8.18.4	Inflorescencia	23
8.18.5	La florecilla	23
8.18.6	Maduración	23
8.18.7	Fases fenológicas del trigo en días	23
8.19	Historia y origen de la cebada	24
8.20	Antiguo origen	24
8.21	Grecia, roma y la cebada	24
8.22	La cebada en Europa	25
8.23	La cebada en Venezuela	25
8.24	La cebada nos une	25
8.25	El cultivo de cebada	26
8.26	Taxonomía botánica de cebada	26
8.27	Características botánicas de cebada	27
8.27.1	Grano	27
8.27.2	Espigas	27
8.27.3	Las espiguillas	28
8.27.4	Hojas	28
8.27.5	Tallo	28
8.27.6	Los entrenudos	28
8.27.7	Raíces	29
8.28	Fase vegetativa de cebada	29
8.28.1	Germinación	29
8.29.2	Macollamiento	29
8.29.3	Encañado	29
8.29.4	Espigado	30
8.29.5	Estado lechoso	30

8.29.6	Estado pastoso	30
8.29.7	La madurez fisiológica	30
8.29.8	Fases fenológicas de la cebada en días	31
8.30	Variedades mejoradas de cebada	31
8.31	Condiciones ambientales de cereales	31
8.31.2	Clima	31
8.31.3	Suelo	31
8.31.4	Pluviosidad	31
8.31.5	Heliofanía	32
8.31.6	pH	32
8.31.7	Temperatura	32
8.32	Tipos de siembra de cereales	32
8.33	Ciclo biológico de cereales	33
8.34	Labores culturales de cereales	33
8.35	Fertilización química de los cereales	33
8.36	Cosecha y trilla de cereales	34
8.36.1	La cosecha	34
8.36.2	La trilla	34
8.37	Severidad y tipo de reacción de cereales	34
8.37.1	¿Qué es la severidad?	34
8.37.2	¿Qué es el tipo de reacción?	34
8.38	Royas ( <i>Puccinia sp.</i> )	34
8.39	Importancia económica de las royas en los cereales	35
8.40	Roya de la hoja en avena	36
8.40.1	Antecedentes	36
8.40.2	Clasificación taxonómica	36
8.40.3	Sintomatología	36
8.40.4	Temperatura	37
8.40.5	Resistencia a la roya de la hoja en avena	37
8.41	Roya amarilla en trigo y cebada	37
8.41.1	Antecedentes	37
8.41.2	Clasificación Taxonomía	38
8.41.3	Morfología y biología	38
8.41.4	Epidemiología	39
8.41.5	Temperatura	39

8.41.6	Humedad	39
8.41.7	Síntomas	39
8.41.8	Huéspedes/Distribución	39
8.41.9	Resistencia a roya amarilla en cereales	40
8.42	Factores que afectan el desarrollo de enfermedades	41
8.43	Control	41
8.44	Denominación	42
8.45	Severidad	42
8.46	Tipo de reacción	42
8.47	Importancia económica	42
8.48	Información de las nuevas variedades avenas, trigos y cebadas	43
9	HIPÓTESIS	43
9.29	Hipótesis alternativa	43
9.30	Hipótesis nula	43
10	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLADAS	44
11	METODOLOGÍA	50
11.29	Ubicación de la investigación	50
11.30	Características del sitio del proyecto de investigación	51
11.31	Factores en estudio	51
11.32	Preparación del terreno	52
11.33	Siembra	52
11.34	Emergencia	52
11.35	Riego	52
11.36	Control de maleza o desmezcla	52
11.37	Severidad	52
11.38	Tipo de reacción	53
11.39	Vigor	53
11.40	Hábito de crecimiento	54

11.41	Días al espigamiento	54
11.42	Altura de planta	54
11.43	Tipo de paja	55
11.44	Acame de tallo	55
11.45	Días a la cosecha	55
11.46	Cosecha	55
11.47	Tamaño de espiga	55
11.48	Numero de granos por espiga	55
11.49	Peso por espiga	55
11.50	Trilla	55
11.51	Secado	56
11.52	Limpieza	56
11.53	Tipo y color de grano	56
11.54	Materiales y equipos de campo	56
11.55	Otros materiales	57
11.56	Herramientas de labranza	57
11.57	Materiales y equipos de oficina	57
11.58	Materiales de laboratorio	57
11.59	Dieño experimental	58
11.60	Líneas de avena evaluadas a la resistencia de roya de la hoja	58
11.61	Líneas de trigo evaluadas a la resistencia en roya amarilla	61
11.62	Líneas de cebada evaluadas a la resistencia en roya amarilla	63
11.63	Altura de planta	64
11.64	Días a la floración o espiga	64
11.65	Esquema del diseño experimental	65
11.66	Reacción a enfermedades (severidad y tipo de reacción)	66
11.67	Roya de la hoja ( <i>Puccinia coronata</i> ) en avena ( <i>Avena sativa</i> L.)	66

11.67.2	Severidad	66
11.67.3	Tipo de reacción	66
11.68	Roya amarilla ( <i>Puccinia striiformis f. sp. hordei</i> ), en trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L.) y cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.)	67
11.68.2	Severidad	67
11.68.3	Tipo de reacción	67
11.69	Evaluación de la resistencia en planta adulta (campo)	67
12	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	68
13	PRESUPUESTO	82
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
14.29	Conclusiones	84
14.30	Recomendaciones	84
15	BIBLIOGRAFÍA	85
16	ANEXOS	96

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes</i>	8
<b>Tabla 2:</b> <i>Clasificación taxonómica de la avena</i>	12
<b>Tabla 3:</b> <i>Taxonomía del trigo</i>	20
<b>Tabla 4:</b> <i>Taxonomía de la cebada</i>	27
<b>Tabla 5:</b> <i>Taxonomía para Puccinia coronata</i>	36
<b>Tabla 6:</b> <i>Taxonomía para Puccinia striiformis</i>	38
<b>Tabla 7:</b> <i>Evaluación de severidad (%) y tipo de reacción</i>	42
<b>Tabla 8:</b> <i>Características del sitio de proyecto de investigación</i>	51
<b>Tabla 9:</b> <i>Escala para determinar el tipo de reacción en royas</i>	53
<b>Tabla 10:</b> <i>Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.</i>	54
<b>Tabla 11:</b> <i>Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales</i>	54
<b>Tabla 12:</b> <i>52 líneas diferenciales de avena</i>	58
<b>Tabla 13:</b> <i>39 Líneas diferenciales trigo</i>	61
<b>Tabla 14:</b> <i>15 líneas diferenciales cebada</i>	63
<b>Tabla 15:</b> <i>Germinación (%) del trigo</i>	68
<b>Tabla 16:</b> <i>líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (P. striiformis) del trigo</i>	70
<b>Tabla 17:</b> <i>De frecuencia de Tipo de Reacción de P.striiformis del trigo</i>	72
<b>Tabla 18:</b> <i>de Emergencia (%) de Cebada</i>	73
<b>Tabla 19:</b> <i>líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (P. striiformis) en Cebada</i>	74
<b>Tabla 20:</b> <i>líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (P. hordei) en Cebada</i>	75
<b>Tabla 21:</b> <i>Fases fenológicas de la avena</i>	77
<b>Tabla 22:</b> <i>Fases fenológicas del trigo</i>	78
<b>Tabla 23:</b> <i>Fases fenológicas de la cebada</i>	80
<b>Tabla 24:</b> <i>Comparación de diferencias en días, precoces o tardías de fase final de cereales</i>	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1:</b> Mapa de Geo-referenciación del área de estudio	50
<b>Grafico 2:</b> Sitio tomado con Dron para observación de la investigación	50
<b>Grafico 3:</b> Escala Modificada de Cobb, para severidad en royas	53
<b>Grafico 4:</b> Germinación (%) del trigo	69
<b>Grafico 5:</b> Líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla ( <i>P. striiformis</i> ) del trigo	71
<b>Grafico 6:</b> De frecuencia de Tipo de Reacción de <i>P.striiformis</i> del trigo	72
<b>Grafico 7:</b> Emergencia (%) de Cebada	73
<b>Grafico 8:</b> líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla ( <i>P. striiformis</i> ) en Cebada	74
<b>Grafico 9:</b> líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla ( <i>P. hordei</i> ) en Cebada	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Análisis de suelo</i>	96
<i>Anexo 2: Preparación del terreno, maquinaria y manual</i>	97
<i>Anexo 3: Libro de campo Cebada</i>	99
<i>Anexo 4: Preparación de terreno</i>	100
<i>Anexo 5: Señalización de la investigación</i>	100
<i>Anexo 6: Sembradora estacionaria</i>	101
<i>Anexo 7: Siembra manual</i>	101
<i>Anexo 8: Cercado del terreno de la investigación</i>	101
<i>Anexo 9: Germinación de los cultivos</i>	101
<i>Anexo 10: Indicaciones de parámetros de evaluación y selección de cereales</i>	102
<i>Anexo 11: Visita al campo</i>	103
<i>Anexo 12: Control de malezas</i>	103
<i>Anexo 13: Riego de cereales</i>	104
<i>Anexo 14: Señalización de la investigación</i>	104
<i>Anexo 15: Enfermedades roya de cereales</i>	105
<i>Anexo 16: Conferencia "parámetros de evaluación y selección de cereales con los técnicos del INIAP"</i>	105
<i>Anexo 17: Evaluación de vigor, habito, días al espigamiento de los cultivos de acuerdo a la escala de Zadoks</i>	106
<i>Anexo 18: Colocación de etiquetas en las líneas diferenciales de, avena, trigo y cebada</i>	106
<i>Anexo 19: Colocación de UREA, en las líneas diferenciales de los cultivos</i>	107
<i>Anexo 20: Colocación de cartel</i>	107
<i>Anexo 21: Días al espigamiento, floración de trigo y cebada</i>	107
<i>Anexo 22: Evaluación participativa, de agricultores de la Asociación de Mujeres Emprendedoras Locoá Santa Marianita, docentes y estudiantes de la universidad</i>	108
<i>Anexo 23: Evaluación de royas en cereales por los técnicos del INIAP</i>	108
<i>Anexo 24: Cosecha de las 15 líneas de cebada</i>	109
<i>Anexo 25: Toma de datos como: altura total, tamaño de espiga, número de granos, peso por espiga, de las líneas de cebada de las 10 espigas al azar</i>	109
<i>Anexo 26: Trilla en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), de las 15 líneas diferenciales de cebada</i>	111
<i>Anexo 27: Se dejó secar bajo el invernadero de Programa de Cereales</i>	112
<i>Anexo 28: Rendimiento de la cebada de cada línea</i>	113
<i>Anexo 29: Peso hectolítrico</i>	113
<i>Anexo 31: Las 10 espigas al azar de trigo para su respectivo etiquetado y datos</i>	114
<i>Anexo 32: Cosecha de las 39 líneas de trigo</i>	114
<i>Anexo 33: Secado en el domo</i>	115
<i>Anexo 34: Trilla en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP) de las 39 líneas de trigo</i>	115
<i>Anexo 35: Aval de traducción</i>	116
<i>Anexo 36: Hoja de vida del tutor</i>	117



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto**

**“EVALUACIÓN DE LÍNEAS DIFERENCIALES PARA ROYAS (*Puccinia graminis*) EN AVENA (*Avena sativa* L.), TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) DEL INIAP, BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN EL CAMPUS SALACHE UTC 2021-2022.”**

### **Fecha de inicio:**

15 de diciembre del 2021

### **Fecha de finalización:**

2 de septiembre del 2022

### **Lugar de ejecución.**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales \_ Salache – Cantón Pujilí – Provincia de Cotopaxi.

### **Unidad Académica que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias INIAP.

### **Carrera que auspicia:**

Carrera de Agronomía.

### **Proyecto de Investigación vinculado:**

Vitrinas tecnológicas

### **Equipo de Trabajo**

Autora: Unda Palma Jessica Fernanda

Tutor: Ing. Mg. Clever Castillo

Co-tutor: Ing. Ph.D. Ponce Molina Luis

Lector 1: Ing. Mg. Troya Sarzosa Jorge Fabián

Lector 2: Ing. Mg. Chancusig Francisco Hernán

Lector 3: Ing. Drc. Torres Miño Carlos Javier

Teléfonos: 0983711734

Correo electrónico: jessica.unda7184@utc.edu.ec

**Área de Conocimiento:**

Agricultura

**Sub área de Conocimiento**

Agricultura Silvicultura y Pesca-Agricultura

**Línea de investigación:**

Desarrollo y Seguridad Alimentaria

Se entiende por seguridad alimentaria cuando se dispone de la alimentación requerida para mantener una vida saludable. El objetivo de esta línea será la investigación sobre productos, factores y procesos que faciliten el acceso de la comunidad a alimentos nutritivos e inocuos y supongan una mejora de la economía local.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Producción agrícola sostenible

**Línea de vinculación**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

**Convenio**

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de colaboración interinstitucional UTC\_INIAP.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Esta investigación está encaminada a mejorar la resistencia al ataque de royas de la hoja en avena, roya amarilla en trigo y cebada para mejorar la producción en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

A razón de la creciente demanda de los alimentos se busca obtener líneas con altos rendimientos y con resistencia al ataque de roya de la hoja en avena, roya amarilla, en trigo y cebada, que son enfermedades que generan pérdidas en la producción, ocasionando la baja calidad en los granos que influye en su comercialización.

El presente trabajo consiste en evaluar las denominadas líneas diferenciales, las cuales son germoplasma de cereales que poseen diferentes genes específicos, para royas en avena, trigo y cebada del Iniap, bajo condiciones de campo abierto en el Campus Salache, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Esta investigación aportó información previa a evaluar, observar y determinar las líneas resistentes a la enfermedad de roya en hoja de la avena (*Puccinia coronata*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. Tritici*) en trigo y cebada en ese sentido estas líneas van a ser nuevas variedades que van a aportar al uso de los pequeños agricultores y esto va a tener una repercusión económica y de seguridad alimentaria.

## **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

### **3.1 Beneficiarios directos**

Docentes, estudiantes de la carrera de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Los agricultores del campus Salache y de la provincia de Cotopaxi.

Los trabajadores y técnicos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP.

### **3.2 Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos de la investigación son los agricultores productores de avena, trigo y cebada de la provincia de Cotopaxi y el país.

#### **4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache en las siguientes Coordenadas de Latitud: -9,179 y Longitud: -78,6329, con el propósito de determinar las líneas que presentan resistencia a la roya de la hoja de avena, y roya amarilla en trigo y cebada bajo las condiciones de campo abierto de Salache.

Esta investigación nace de la necesidad de establecer líneas resistentes a roya para los productores cuyo objetivo principal es Evaluar las líneas diferenciales para royas en vena, trigo y cebada del Iniap bajo las condiciones de campo abierto en el Campus Salache, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Hoy en día la avena al igual que otros cereales como el trigo y cebada, está expuesta a los daños que ocasionan los hongos, siendo las royas las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de estos cereales. Las royas se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde se cultiva avena, afectando a cualquier parte de la planta que se encuentra sobre la superficie del suelo, desde la siembra hasta el relleno de grano (Zillinsky, 1984). El ataque de roya (*Puccinia graminis*) en la hoja de avena (*Avena sativa L.*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*), en el trigo (*Triticum aestivum L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*), afecta significativamente la producción y calidad del grano reduciendo el rendimiento y el peso de grano en un 60 y 75%, respectivamente (Epstein, 1988). En los últimos años, el cultivo de la avena se ha incrementado en México, sin embargo, el uso de variedades susceptibles a roya del tallo limita el rendimiento tanto de grano como forraje. El presente estudio se llevó a cabo con el fin de evaluar las líneas diferenciales al ataque de roya de la hoja en avena y roya amarilla en trigo y cebada (Leyva et al., 2004).

Las epidemias recurrentes de enfermedades en trigo y cebada continúan causando pérdidas en los cultivos a nivel mundial y en el Ecuador. Las tres royas que están presentes en Ecuador y que atacan al trigo son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*P. triticina*) y roya del tallo (*P. graminis*); y dos para el caso de la cebada: roya amarilla (*P. striiformis*) y roya de la hoja (*P. hordei*). Adicionalmente, en los últimos años existe la presencia de escaldadura en cebada (*Rhynchosporium secalis*), convirtiéndose en un problema grave en este cultivo. El programa de cereales de la estación experimental Santa Catalina (EESC) del

INIAP, anualmente evalúa los diferenciales de trigo y cebada para observar la evolución de las razas de royas presentes en la EESC (Noroña et al., 2019).

El agente causal de la roya de la avena, cebada y trigo es una enfermedad invasiva que se encontró en los últimos 10 años en América del Norte. El agente causal, *Puccinia striiformis f. sp. Hordas*, se introdujo en Colombia, América del Sur, desde Europa en 1975. Se extendió a todas las principales áreas productoras de cereales en América del Sur en 1982. En 1988 se encontró en México y en 1991 en Texas. Desde entonces, se ha encontrado en todas las principales áreas productoras de cereales del oeste americano (Brown et al., 2001).

Las royas amenazan continuamente la producción en Latinoamérica de avena, trigo y cebada: la roya de la hoja y roya amarilla causada por (*Puccinia triticina* y *Puccinia striiformis f. sp. Tritici*) respectivamente.

Estudios recientes indicaron que las pérdidas promedio de estas dos royas alcanzaron hasta 15,04 millones de US \$ 2,9 mil millones por año. El enfoque principal de los programas de mejoramientos mexicanos y latinoamericanos, es la liberación de cultivares resistentes a la roya, ya que se considera la mejor opción para controlar las enfermedades de la roya, el énfasis se ha puesto en los genes que confieren resistencia parcial en la etapa de planta adulta y contra un amplio espectro de raza de roya desde la década de 1970 (Huerta et al., 2020). Esta enfermedad es una de las más devastadoras. Se presenta con mayor incidencia en los climas frío-templado, razón por la cual se suele encontrar en la zona andina del Perú. Asimismo, se encuentra en Ecuador, Colombia, Bolivia, Chile, México y Estado unidos (Hei, 2017).

A pesar del aumento en la producción local de trigo y otros cereales como avena y cebada, constituirá un paso importante para alcanzar una seguridad alimentaria. Una de las principales enfermedades que ataca al trigo, avena y cebada en el Ecuador es la roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*). (Ponce, 2012), indica que es potencialmente destructiva en los cereales como: trigo y cebada, ya que ocasiona pérdidas en la cosecha entre 10 y el 70% y deteriora el grano. La roya de la hoja (*P. triticina*) es una enfermedad que produce menor número de granos por espiga, una disminución del rendimiento y menor calidad del grano. Posee una importancia moderada-alta, las pérdidas causadas pueden llegar a ser el 30% o más dependiendo de la susceptibilidad de las variedades (Ponce, 2012), avena presenta

pérdidas económicas para los agricultores. Ecuador se ha registrado alrededor de 30 especies, muchas de ellas endémica. Para entender el posible rol de *Berberis* en la aparición de nuevas razas de roya en el país se han comenzado inventario de *Berberis*, la cual sirve como hospedero alternativo de (*P. graminis* y *P. striiformis*), haciendo posible la recombinación de genotipos virulentos del patógeno en la sierra del Ecuador (Ordóñez et al., 2017). Constituye el principal límite de la producción de cebada en Ecuador. Estas enfermedades causan hasta el 50% de las pérdidas de rendimiento y hacen que las nuevas variedades pierdan su resistencia pocos años después de su liberación, por su extremada virulencia (Chacalán, 2014)

La roya amarilla en la avena, trigo y cebada ha sido un problema que ha causado pérdidas importantes en la producción, debido a que el hongo puede evolucionar y causar pérdidas de los cultivos y representar significativas pérdidas económicas para los agricultores lo que indica, que el 75% del área del cultivo de cereales ha sido atacado por roya, esto debido a las condiciones climáticas inadecuadas en la provincia de Cotopaxi; el cultivo atacado ha presentado principalmente lesiones tipo ampollas de color amarillo en las hojas organizadas en royas causadas por el hongo (*Puccinia striiformis*); el daño en el cultivo es alto, esto debido a que el 70% de los productores no aplican medidas preventivas (Muñoz, 2019).

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 General

- ✓ Evaluar las líneas diferenciales para royas (*Puccinia graminis*) en avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) del iniap, bajo las condiciones de campo abierto en el campus salache utc 2021-2022.

### 6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar las líneas diferenciales que presentan resistencia al ataque de roya de la hoja (*Puccinia coronata*), en avena (*Avena sativa* L.)
- ✓ Evaluar líneas diferenciales que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en el trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.)
- ✓ Determinar el ciclo fenológico de la avena, trigo y cebada en las condiciones de campo abierto del Campus Salache.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1:** Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes

<b>OBJETIVO 1</b>	<b>ACTIVIDADES (TAREAS)</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>
<p>Evaluar líneas que presentan resistencia al ataque de roya (<i>Puccinia graminis</i>) en la hoja de la avena (<i>Avena sativa L.</i>).</p>	<p>Monitoreo de las plantas para determinar la severidad y tipo de reacción de la roya aplicando la escala de Zedocks.</p>	<p>-Tipo de reacción - % de severidad. -Escala para determinar el tipo de reacción para royas</p>	<p>-Fotografías. -Libro de campo. -Hoja de cálculo.</p>
<b>OBJETIVO 2</b>	<b>ACTIVIDADES (TAREA)</b>	<b>RESULTADO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>
<p>Evaluar líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (<i>Puccinia striiformis f. sp. tritici</i>) en el trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>) y cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>).</p>	<p>-Determinar, severidad y tipo de reacción de roya aplicando la escala de Zadoks.</p>	<p>-Tipo de reacción - % de severidad. -Escala para determinar el tipo de reacción para royas.</p>	<p>-Fotografías. -Libro de campo. -Hoja de cálculo.</p>
<b>OBJETIVO 3</b>	<b>ACTIVIDADES (TAREAS)</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>

**Continuación tabla**

Determinar el ciclo fenológico de la avena, trigo y cebada en el Campus Salache.	-Establecer las fases fenológicas en días. -Siembra, germinación, floración, macollamiento, encañado, maduración lechosa, maduración pastosa y maduración cornea.	-Terreno sembrado. -% de plantas germinadas (%). -Determinación en días a la cosecha.	-Fotografías. -Libro de campo. -Registro de datos.
--	--	---	--

**8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA****8.1 Líneas diferenciales**

Son germoplasmas de cereales que poseen diferentes genes específicos conocidos, lo que nos permite conocer en forma rápida si se ha roto la resistencia de un gen conocido al ser evaluado bajo condiciones favorables para la presencia de una enfermedad (Noroña *et al.*, 2019).

**8.2 Evaluación de líneas diferenciales de cereales**

La evaluación de enfermedades que se presenta en los cultivos de avena, trigo y cebada es muy importante, ya que de ello depende el identificar la posible evolución de estos patógenos de importancia en estos cultivos. Una manera de realizar este trabajo es la evaluación de las denominadas líneas diferenciales, las cuales son germoplasmas de cereales que poseen diferentes genes específicos conocidos, lo que nos permite conocer en forma rápida si se ha roto la resistencia de un gen conocido al ser evaluado bajo condiciones favorables para la presencia de una enfermedad (Noroña *et al.*, 2019).

### **8.3 Historia y origen de los cereales**

Los cereales se pueden decir que son originarios del Neolítico a pesar que se han encontrado restos de trigo, avena, cebada y centeno en aquella época de la historia. Además, se conoce que el arroz ya era cultivado en China 2700 años A.C (Polo, 2010).

El término cereales tiene su origen en las palabras cerealina que hace referencia a las ofrendas a Ceres, Diosa de la Agricultura y se usa normalmente para referirse al grupo de planta herbáceas cultivadas que producen un grano rico en almidón y que ocupa el lugar más destacado en la agricultura mundial (Box, 2005).

### **8.4 Morfología y fisiología de los cereales**

#### **8.4.1 Morfología**

Los cereales tienen un sistema radicular que contiene raíces seminales o primarias y por raíces secundarias o adventicias. Las raíces primarias varían en número según la especie de cereal, por ejemplo, en el del trigo es en torno a 5 o 6 y de 3 a 4 en la avena, y son funcionales desde la emergencia hasta el comienzo del ahijado. Las hojas del cereal son alternas, lanceoladas a lineares; alrededor del tallo y en la parte superior el limbo de las láminas de las hojas. Las flores son hermafroditas, en ocasiones unisexuales o estériles con dos glumillas membranosa, el tipo de fruto es una cariósipide (Indurain, 2010).

#### **8.4.2 Origen**

La tierra natal de la avena cultivada se remonta a Asia Central, y su historia es relativamente desconocida, aunque parece que se ha afirmado que el grano no llegó a ser tan importante en la antigüedad como el trigo o el arroz y la Cebada, porque antes de que se cultivara la avena, era una hierba mala de este cereal. Los primeros restos arqueológicos se encontraron en Egipto, se cree que son semillas de malas hierbas, ya que no hay evidencia de que los antiguos egipcios cultivaran avena. Los restos más antiguos de un árbol de avena que se han encontrado se encuentran en Europa Central y datan de la Edad del Bronce (Díaz, 2018).

Es difícil rastrear el origen exacto de la avena, pero los libros de medicina tradicional indican que procedía de Asia y Europa del Este, y más concretamente de Rusia. Por otro lado, también se cree que su cultivo en Europa tiene su origen en el norte y se ha convertido en un

cereal de cultivo popular en España y Francia a pesar de que no es muy popular en otras partes del continente. Y claro, los españoles llegaron a México y tuvieron el honor de combatir el hambre por su contenido proteico, y también se usaba como alimento para el ganado (Díaz, 2018).

### **8.5 Historia de la avena**

El desarrollo de la avena como grano está íntimamente relacionado con el desarrollo social y cultural de las sociedades occidentales, ya que en tiempos prehistóricos la avena era considerada una mala hierba que contaminaba el trigo y el arroz. La avena cultivada apareció por primera vez alrededor del año 1000 AC en las regiones del norte de Europa occidental. Hasta su uso como alimento humano, la avena se utilizaba como alimento para el ganado, especialmente para los caballos. Con el incremento de la población equina, sumado al desarrollo industrial, la demanda de avena se expandió. Esta situación, sumada a la necesidad de mantener el suministro de paja, obligo a algunos países del norte Europa a comenzar a ser importadores de grano de avena (Martínez, 2010).

La avena es un cereal importante en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay como forraje para el ganado. Además, en Brasil, Argentina y Chile, la avena es muy importante como grano de procesamiento industrial, y en dichos países se puede encontrar extensas áreas sembradas con este cereal (Martínez, 2010).

### **8.6 Taxonomía de la avena**

La avena (*Avenas sativa* L.) es el quinto cereal, es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, los tallos son gruesos y rectos, pueden variar desde medio metro hasta un metro y medio, y constan de varias capas interiores que terminan con gruesos nudos; Las hojas son planas y largas, su margen libre es dentado, la lámina es estrecha y larga; La flor es un pequeño grupo de flores, situadas sobre largos tallos, y el fruto es una laringe, con semillas adheridas, se adapta a elevaciones entre los 1600 y 3400 m.s.n.m (Díaz, 2018).

### 8.6.1 Clasificación taxonómica de la avena

*Tabla 2: Clasificación taxonómica de la avena*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Peales (Glumflora)
Familia	Poaceae(gramíneas)
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Avenae
Genero	Avena
Especie	
Nombre biomal	<i>Avena sativa</i> L.

**Fuente:** (Aroni, 2016).

### 8.7 Características botánicas de la avena

La avena forrajera es una especie herbácea anual, fanerógama (plantas vasculares que producen semillas se describe lo siguiente:

#### 8.7.1 Raíz

La planta de avena posee abundantes raíces fibrosas (reticulares) y profundas e incluso más abundantes que las de otros cereales, lo que le permite absorber mejor los nutrientes del suelo y reducir la cantidad de fertilizante necesaria para su crecimiento (Puma, 2022).

### **8.7.2 Tallo**

Los tallos de la avena forrajera son erectos cilíndricos, compuesto de nudos y entrenudos. Pueden medir de 0.5 y hasta 1 m de altura, con poca resistencia al acame o tumbada, produce buen número de macollos variando entre 5 a 12 por planta según la variedad.

### **8.7.3 Hojas**

Posee hojas lanceoladas de una longitud promedio de 25 cm y un ancho de 1 a 2 cm, en la unión de la hoja y el tallo se encuentra una lígula blanca y ovalada, carecen de aurícula, compuestas de vainas enrolladas en el entrenudo.

### **8.7.4 Inflorescencia**

La inflorescencia de la avena sativa es en panícula (Formada por un racimo de ejes laterales que se ramifican en forma de espiga), de donde crecen de dos a tres flores que se ubican sobre largos pedúnculos que sostienen una inflorescencia o un fruto tras su fecundación. Se caracterizan por no desarticularse en la madurez (Puma, 2022).

### **8.7.5 Flor**

Las flores aparecen en espigas de dos o tres de ellas, pero lo que más se conocen son granos que maduran sobre la misma espiga. Miden hasta 1,5 cm de largo y tienen una forma bastante alargada y estrecha.

### **8.7.6 Fruto**

Es una cariósipide, es decir, que es seco con una sola semilla y el pericarpio adherido, vestida algo alargado y puntiagudo en ambos extremos, conocido como grano o semilla (Puma, 2022).

## **8.8 Fases fenológicas de la avena**

La fenología tiene como objetivo estudiar y describir los diversos eventos morfológicos que ocurren en las especies vegetales en los ecosistemas naturales o agrícolas en sus interacciones con el medio ambiente. En este sentido, la realización de observaciones morfológicas, que son importantes, es la base para la implementación de cualquier sistema agrícola, lo que permite a los productores agrícolas lograr una mayor eficiencia en la planificación

programación de las diversas actividades agrícolas, lo que conlleva a un incremento en su aplicación productividad y producción agrícola (Yzarra, 2017).

### **8.8.1 Siembra-Emergencia**

Desde que emergen las primeras raicillas hasta la aparición de las primeras hojas. Adaptación de las plantitas con 1 o 2 hojas por encima de la superficie del suelo (Puma, 2022).

### **8.8.2 Pre-macollaje**

Corresponde a la etapa comprendida entre la emergencia y el brote de la cuarta hoja. Cada hoja brota de un pseudotallo formado por las vainas de las hojas emergidas anteriormente (González, 2021).

### **8.8.3 Macollamiento**

Desde la cuarta hoja verdadera, comienza el crecimiento de macollos desde yemas ubicadas en los subnodos del eje principal, así, un macollo va emitiendo hojas y produciendo raíces adventicias durante su desarrollo vegetativo. Las plantas pueden llegar a producir entre tres a cinco macollos, siendo común que uno o dos de los macollos de formación más tardía no logren aportar al rendimiento (González, 2021) .

### **8.8.4 Encañado**

En esta etapa se produce la elongación de los entrenudos dando origen al “tallo verdadero” y conduciendo la planta hacia un porte más erecto. A partir del primer entrenudo se alarga, localizado cerca de la base del tallo, los entrenudos siguientes se elongan en forma creciente. A nivel interno la iniciación de primordios florales continúa hasta lograr el máximo número de primordios florales (González, 2021).

### **8.8.5 Panoja**

Es cuando la mitad de las panojas han comenzado a salir de la vaina de la hoja superior (Puma, 2022).

### **8.8.6 Prefloración**

Es la emergencia de la espiga (en el caso de la avena es una panoja), estado inmediatamente anterior a la floración, como primer signo externo de la planta es reproductiva, aunque claro está que la espiga había sido diferenciada mucho antes. A los pocos días de la emergencia de la espiga se produce la autofecundación (especie de polinización autógena) a través del mecanismo floral de cleistogamia (González, 2021).

### **8.8.7 La floración**

Se identifica con las antesis, con una emergencia de los estambres por fuera de las espinillas y comienza la formación de las cubiertas del grano. El período espigazon- antesis resultado crítico para la ocurrencia de una helada. En función de esta etapa se determina la fecha de siembra, de manera tal que este periodo ocurre en un momento donde no hay riesgos de helada (González, 2021).

### **8.8.8 Grano lechoso**

Los granos al ser presionados expelen un líquido lechoso. Grano pastoso: Es cuando los granos que al ser presionados presentan una consistencia pastosa (Puma, 2022).

### **8.8.9 Llenado de granos**

Después de la floración y la fructificación, comience a llenar las semillas, promoviendo gradualmente el envejecimiento de las hojas. Durante este período, se pueden distinguir dos etapas diferentes: la 'etapa posterior', después de la floración, en la que no hay evidencia de crecimiento activo de semillas sino más bien la formación de células de endospermo. Y la propia etapa de movilización donde se identifican diferentes casos. Tenga en cuenta que al presionar con los dedos se libera una sustancia lechosa, al presionar se libera una pasta, las semillas se vuelven amarillas, las semillas son duras y no se rompen al presionarlas entre los dedos, aunque se pueden distinguir fácilmente por las uñas en las semillas de la cáscara y semillas maduras, Las semillas son de color amarillo pálido, cuando se presionan con un dedo, no se rompen (González, 2021).

### **8.8.10 Madurez Fisiológica**

Se da cuando los granos logran su máximo tamaño y la planta que no tiene tejidos jóvenes. Un indicador visual de la madurez fisiológica en vena es la pérdida de color verde de las glumas (González, 2021).

### **8.8.11 Madurez comercial**

A partir de la madurez fisiológica ocurre una pérdida de agua de los granos. El momento de cosechas se decide en función del contenido de humedad del grano. En condiciones normales, el cultivo de avena se cosecha en una humedad del grano del 16-18% de forma que, al finalizar con el proceso de cosecha humedad corresponde a un 14% que es el valor de comercialización (González, 2021).

### **8.8.12 Etapa fenológica de la avena en días**

Germinación: hinchamiento de la semilla y germinación a través de la superficie del suelo, al día 1 Desarrollo de la plántula: salida para llegar a ser visible. A los 5 días el Amacollamiento: iniciación y desarrollo de nuevos brotes. A los 37 días Elongación del tallo: los nudos son visibles encima del suelo. A los 48 días Embuchey/o encañado: la panícula se ubica en una vaina de la hoja bandera. A los 58 días Panícula: existe un extendimiento de la hoja bandera. A los 60 días Floración: el polen es diseminado y existe un desarrollo de semilla. A los 68 días Grano lechoso: llenado del grano, desarrollando un líquido lechoso. A los 74 días Grano masoso: los granos alcanzan a ser firmes. A los 80 días Madurez fisiológica: los granos están completamente desarrollados (Rosero *et al.*, 2022).

## **8.9 Variedades de avena**

Las variedades criollas ocupan hasta un 80% de superficie de avena cultivada en el ámbito nacional que fueron introducidas durante la colonia. Desde 1965, se conocen las variedades mejoradas como: Rutemberger, Banok, Texas y Litoral recomendadas por la estación experimental de Belén, indicando que tienen buen comportamiento en el Altiplano norte con precipitaciones pluviales existentes de 500 a 600 mm (Clares, 2014).

### **8.10 Historia y origen del trigo**

Esta afirmación es consistente con la evidencia científica, que nos muestra que el trigo era originalmente silvestre y creció por primera vez en Mesopotamia, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates, y de ahí se extendió a toda la región conocida como Creciente Fértil, que comprende desde Palestina, (en la zona de Jericó); el sur de Turquía (área de Katal Huyuk), hasta la propia Mesopotamia y el Golfo Pérsico (Gamiño, 2013).

Más tarde, la semilla de trigo llegó al antiguo Egipto, y se cultivó con gran éxito en el Valle del Nilo, gracias en gran parte muy importante a las inundaciones, se produce anualmente en la comarca por la crecida del río del mismo nombre, que se tradujo en un importante cuidado de las tierras agrícolas. De aquí, el cultivo de trigo llegó a las civilizaciones griega y romana. Habrá que recordar que la diosa griega del pan y de la agricultura era Deméter, que significa “Diosa Madre”, en tanto que su equivalente en la mitología romana era Ceres, de donde se deriva la palabra “cereal” (Gamiño, 2013).

### **8.11 La producción mundial del trigo**

Durante mucho tiempo, la Unión Soviética fue líder mundial en la producción de trigo, con más de cien millones de toneladas al año. Sin embargo, gracias a su crecimiento acelerado en diferentes campos, el mayor productor de trigo de nuestro tiempo es China, con alrededor de 96 millones de toneladas (16% de la producción mundial), seguida por India, con el 12%, y por Estados Unidos, con el 9% (Gamiño, 2013).

### **8.12 El trigo en México**

Los viajeros parecen no haberse molestado en guardar algunas semillas para sembrarlas en México. Por eso se dice que la llegada del trigo a la región actual, incluido nuestro país, se retrasó un poco. Según los historiadores Andrés de Tapia y Francisco López de Gomora, el negro portugués Juan Garrido, criado de Hernán Cortés, quien fue el primero en sembrar y cosechar trigo en México, encontró tres semillas mezcladas en un saco de arroz. De una semilla brotaron 180 semillas, y de esta mazorca salieron otras plantas que comenzaron a crecer en diferentes partes de la Nueva España (Gamiño, 2013).

### **8.13 Trigo en la nueva España**

Cultivar trigo en la Nueva España, convertirlo en harina y luego hornearlo, fue una necesidad urgente de los conquistadores, para poder satisfacer las antiguas costumbres de la dieta. También se les encargó enseñar a los nativos cómo moler y hornear pan, que desde entonces se ha convertido en parte de la dieta estadounidense (Gamiño, 2013).

Las próximas fábricas a la capital, surge en el siglo XVI, las siguientes de principios del XIX: Molino del Rey, del Marqués de Zulueta; para Temacoco, Zavaleta, Socorro y Miraflores en Texcoco y Moral; Santo Domingo y Valdés en Coyoacán y Pelín en los Cerros de Santa Fe, en Tacubaya; Santa Mónica y San Ildefonso, dependientes de Azcapotzalco (Gamiño, 2013).

### **8.14 El trigo como alimento**

Si el maíz se utiliza con flexibilidad, puede consumirse en las más variadas preparaciones, según las costumbres de los países, o incluso de las regiones dentro de ellos, y lo mismo ocurre con el trigo, una vez convertido en harina, que puede utilizarse principalmente en la elaboración de pan, galletas, tortas, tortillas, sopa de fideos y otros productos. El valor nutritivo del trigo y sus productos a base de harina siempre han sido una importante fuente de alimento para la humanidad, ya que proporcionan energía, proteínas, vitaminas y minerales necesarios para el crecimiento saludable y la fortaleza de la población (Gamiño, 2013).

### **8.15 Variedades del trigo**

Los tipos de trigo, de conformidad con sus características, los da a conocer el doctor Serna Saldívar, y son los siguientes:

**Sólido o cristalizado:** Es un trigo tetraploide con endospermo vítreo, generalmente amarillo, utilizado en la producción industrial de pastas largas y cortas (sopas). Contiene 10 a 14% de proteína (Gamiño, 2013).

**Doro o Baker:** Trigo de mejor calidad para panificación. Contiene 10.5 a 14.5 por ciento de proteína y 60 felix ramos gamiño creando un gluten suave y flexible. En esta variedad hay de colores como rojas y blancas, suelen tener el hábito de invierno y primavera.

Pasteles o galletas: Es el trigo que tiene el endospermo blando y es bajo en proteínas. Es preferible hacer galletas, pasteles y productos afines, que estén glaseados con agentes químicos. En esta capa se encuentran los hábitos de la corteza roja y blanca (club), los hábitos de invierno y primavera (Gamiño, 2013).

Ceroso: Este trigo contiene más del 95% de amilopectina en su almidón. Es el trigo de elección para hacer pasta o fideos orientales.

Suelta: Es el trigo producido por cruzamiento de trigo joven y trigo fermentado. Se cultiva en pequeñas áreas de Turquía y se considera un tipo de trigo salvaje.

Espelta pequeña: Es el trigo ancestral, que dio origen al trigo blando o espelta (diploide).(Gamiño, 2013).

### **8.16 Clasificación taxonomía del trigo**

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el segundo cereal más cultivado en el mundo y base de la alimentación humana. En el Ecuador es el cuarto cereal más cultivado (Noroña *et al.*, 2019), junto con el arroz, el maíz y la cebada, son los cereales de mayor importancia en el Ecuador. El consumo nacional de trigo superó las 450 mil toneladas/año. Ecuador importa el 98% de sus necesidades nacionales de trigo (Banco Central del Ecuador, 2007) (INIAP, 2014).

En este contexto, el INIAP promueve el cultivo de trigo en el Ecuador, a través de la producción de semillas, enfocándose en la creación de variedades mejoradas con buenas características, resistencia a las principales enfermedades y buena calidad molinera (INIAP, 2014).

Comprende alrededor de 30 tipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) que tienen suficientes diferencias genéticas como para ser consideradas especies distintas o subespecies (Mejía, 2021). El trigo es un cereal silvestre del género *Triticum* y de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivado y cosechado en todo el mundo. El trigo se caracteriza por la siguiente clasificación (Antonio, 2020).

**Tabla 3:** *Taxonomía del trigo*

Reino:	Plantae
Sub-reino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poaless
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Género:	<i>Triticum</i> L
Especie:	<i>Aestivum</i>
Nombre científico:	<i>Triticum aestivum</i> L
Nombre común:	Trigo

**Fuente:** (Marquez, 2014).

## 8.17 Características botánicas del trigo

### 8.17.1 Raíz

Al igual que el resto de las poaceae, el sistema radical del trigo, es fibroso o fasciculado. Cuando las semillas de trigo germinan, emiten plumas que dan origen a la parte aérea de la planta, así como raíces, también conocidas como raíces primarias o seminales, seguidas de un sistema secundario o radicular que germina permanentemente a partir de los nudos. Copa inferior 'Este último grupo de raíces, que tiene la tarea de apoyo a la planta tanto en el aspecto mecánico o como la absorción de agua y nutrientes del suelo hasta que el trigo complete su ciclo vegetativo (Villarreal, 2000).

### **8.17.2 Tallo**

los tallos del trigo, al igual que lo demás cereales son visibles fraccionados por nudos e internado; lo nudo son sólidos y constituyen la conexión vascular de las hojas con el tallo; los entrenudos son huecos, excepto en casos poco comunes en los que han desarrollado trigos con tallo sólidos por ejemplo cuando se ha buscado tolerancia a la a la roya amarilla del tallo (Villarreal, 2000).

La altura que alcanza los tallos del trigo, generalmente oscilan entre 60 y 120 cm; existen sin embargo trigos enanos de (30-40 cm) que normalmente resultan ser débiles competidores respecto a las malezas y de difícil recolección o cosecha, así mismo, se sabe de trigos de gran altura (120-180 cm) los cuales a su vez carecen de importancia económica cuando se les cultiva para producción de grano(Villarreal, 2000).

### **8.17.3 Hojas**

Las hojas surgen alternativamente en los nudos de los tallos o cañas; la hoja está compuesta por la vaina, el limbo o lámina, la lígula, el cuello y las aurículas. La vaina envuelve parcialmente en el tallo por encima del nudo, del limbo es paralelinerval y típicamente plano, estrecho y por la forma de su ápice lanceolado: las aurículas o apéndices parten del cuello (donde se une la vaina y el limbo); la lígula en trigo es de tamaño intermedio respecto a los cereales de invierno (Villarreal, 2000).

### **8.17.4 Fruto**

Se desarrolla después de la polinización y alcanza su tamaño normal en los siguientes 45 a 60 días. El fruto es un grano o carióspside de forma ovalada con una sutura o pliegue en la parte ventral, en un extremo lleva germen o embrión y en el otro una pubescencia llamada generalmente brocha o mechón el grano eta cubierto por la cascarilla o pericarpio (Villarreal, 2000).

## **8.18 Fase vegetativa del trigo**

Desde la etapa vegetativa hasta la etapa reproductiva, finaliza el proceso de fructificación, floración, floración y formación de semillas. El crecimiento activo de las variedades de trigo de invierno coincide con la disponibilidad adecuada de humedad en estas áreas en otoño y primavera. Además, el trigo de invierno tiende a crecer antes de que los vientos cálidos y secos del verano sean típicos de los climas continentales (Moreno *et al.*, 2001).

### **8.18.1 Germinación**

Un grano de trigo necesita la humedad, la temperatura y el aire adecuados a su alrededor para germinar. La temperatura óptima para la germinación es de 20-25 °C, pero puede germinar desde los 3-4 °C hasta los 30-32 °C (Benalcazar, 2010).

### **8.18.2 Macollamiento ahijamiento**

El macollamiento o amacollamiento es una característica de las gramíneas o poaceae y consiste en el desarrollo de hijuelos o tallos secundarios terciarios etc... A partir de los nudos subterráneos "la corona". El macollamiento en cereales de grano pequeño es una característica deseable ya que los macollos pueden también producir espigas o panículas y por lo tanto incrementar el rendimiento con una considerable reducción de la densidad de siembra. La producción de macollos varía en función de variedad, el clima, la fertilidad del suelo y la densidad de plantas por unidad de superficie (Villarreal, 2000).

### **8.18.3 Encañado**

El encañado se forma por el crecimiento del tallo debido al alargamiento de los entrenudos. Las plantas de caña de azúcar continúan alargándose desde la iniciación hasta el final de la madurez, alcanzando diferentes longitudes según el cultivar. La altura del tallo no se relacionó con el rendimiento de grano, sino con el rendimiento de paja, que fue mayor en las variedades más altas. En este punto, la varita aún no se ha revelado, solo sobresale entre las hojas en la parte superior (Benalcazar, 2010).

#### **8.18.4 Inflorescencia**

Una inflorescencia de trigo es una protuberancia compuesta de plaquetas dispuestas alternativamente en un eje central conocido como eje. Las espiguillas contienen de dos a cinco florecillas que posteriormente darán lugar al grano el cual queda inserto entre la lema o cubierta extrema del grano que en la mayoría de los casos presenta prolongación conocida como barba o arista, y la palea o envoltura más unida al grano; las florecillas laterales de cada espiguilla tienen además una tercera cubierta llamada gluma (Villarreal, 2000).

#### **8.18.5 La florecilla**

El trigo es perfecta ya que tiene ambos órganos reproductores; por su tipo de polinización es autógama y ocurre dentro de la lema y la palea. Cada florecilla de trigo está compuesta por un estigma alrededor del cual se encuentran las anteras (tres) estas a su vez tienen un filamento que se alarga conforme maduran. Va desarrollándose el estigma hasta que adquiere un aspecto "plumoso" que es justamente cuando se encuentra receptivo, cuando llega esta etapa las anteras se abren soltando polen sobre el estigma y fecundando el óvulo de la misma flor (Villarreal, 2000).

#### **8.18.6 Maduración**

El período de maduración comienza con la "maduración en leche" cuando las hojas inferiores se secan, pero las tres primeras partes y el resto de la planta están verdes, después de lo cual ocurre la "maduración pastosa", en la que solo se mantiene verdes los nudos y el resto de la planta toma su color típico de trigo seco, tomando el grano su color definitivo. A los tres o cuatro días del estado pastoso llega el cereal a su "madurez completa". Finalmente, se alcanza la "madurez de muerte", en la que toda la planta es dura y quebradiza; Al igual que con el grano, la corteza y la aspersión son fáciles de omitir (Benalcazar, 2010).

#### **8.18.7 Fases fenológicas del trigo en días**

La fase de antesis es de 46 días. Espigamiento a los 80-90 días. Maduración de grano a los 165 (Rosero *et al.*, 2022).

### **8.19 Historia y origen de la cebada**

Los cereales de grano pequeño como la avena, el trigo, el centeno y la cebada presentan características botánicas muy semejantes por lo que se hace difícil identificarlas cuando se encuentran en período de siembra. Una vez que las plantas emerjan del suelo, notará que son similares, pero a medida que crezcan, notará una diferencia en la altura, el color de las hojas y la cantidad de hojas, número de flores, forma y tamaño de los granos (Salvador, 2015).

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal, más importantes después del trigo, maíz y arroz, de la sierra ecuatoriana. La provincia de Chimborazo registró la mayor superficie dedicada a la cebada con 18.000 hectáreas de un total de 48.000 hectáreas producidas en todo el país, seguida por la provincia de Cotopaxi (10.000 hectáreas). Es importante señalar que gran parte de la cebada que se cultiva en las comunidades indígenas de estas provincias se destina al autoconsumo. Se puede tomar ya sea semimolida (cebada de arroz) en sopa, o en polvo (machica) para hacer coladas o mezclada con leche (chapo) o agua para el desayuno. El excedente se vende en el mercado para obtener ingresos económicos. Las razones básicas por las que la cebada es un cultivo muy importante en los sistemas productivos comunales de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2014).

Cebada en latín, planta herbácea perteneciente al grupo de los cereales. Es originaria de Asia, Europa, América y el norte de África. Sus semillas, enteras o en polvo, se utilizan como alimento para humanos y animales, y actualmente es el quinto grano más cultivado en el mundo (Salvador, 2015).

### **8.20 Antiguo origen**

La planta de cebada que conocemos hoy descende de la cebada silvestre que creció en el Medio Oriente. Fue domesticado hace más de 7000 años para obtener mejores semillas. En el antiguo Egipto, se cultivaba selectivamente para que sus espigas estuvieran sostenidas por tallos más fuertes y sus semillas fueran de mayor tamaño. Los primeros cereales domesticados fueron el trigo y la cebada (Salvador, 2015).

### **8.21 Grecia, roma y la cebada**

En la antigua Grecia, la tierra no era apta para la agricultura, pero los griegos seguían cultivando trigo y cebada. Durante muchos años, el consumo de este grano formaba parte de

la dieta diaria. De los egipcios aprendieron a hornear pan y se convirtieron en excelentes panaderos. Posteriormente los romanos también aprendieron este oficio y elaboraron pan de cebada en forma de tortitas, a las que llamaron tortas colectivas. La agricultura era la base de su economía e incluso tallaban monedas en forma de espigas de cebada como símbolo de riqueza (Salvador, 2015).

### **8.22 La cebada en Europa**

A principios del siglo XVIII la mayoría de los países de Europa vivía de la agricultura. La industria apenas estaba comenzando a expandirse hacia distintas zonas, por lo que la siembra de la tierra era la principal fuente de riqueza. Uno de los más importantes es el cultivo de la cebada, ya que se utiliza para hacer harina para pan y alimento para animales (Salvador, 2015).

### **8.23 La cebada en Venezuela**

Hace miles de años, el territorio de Venezuela estuvo habitado por los antiguos árabes, quienes fueron asimilados por el Caribe o desplazados de la Amazonía brasileña, y controlaron gran parte del Caribe en el siglo XV. A la llegada de los españoles en 1492, la región de la actual Venezuela estaba dividida en siete grandes regiones históricas geográficas indígenas. Los caribes viven en el valle de Caracas y subsisten de la caza y del cultivo de maíz, yuca y camote (Salvador, 2015).

### **8.24 La cebada nos une**

La comida y la forma en que se prepara son parte de la historia y la identidad de las naciones. En la vida cotidiana, el grano ha enriquecido muchas cosas integrando valores en diferentes sociedades humanas. Dependiendo de las características geográficas del clima, la vegetación y los recursos naturales, cada ciudad ha desarrollado su propia forma de preparar alimentos y bebidas. Con un cereal tan rico y nutritivo como la cebada, se cocinan desde el pan hasta variadísimos platos con diversos aromas, sabores y colores, contribuyendo así a la unión entre los pueblos y el intercambio entre sus culturas (Salvador, 2015).

### **8.25 El cultivo de cebada**

La cebada es el grano pequeño más común en países como Rusia, Canadá, España, Alemania, Francia, Turquía, Ucrania, Australia, el Reino Unido y los Estados Unidos. Es muy cultivada porque se prefiere su crecimiento en climas templados y en todo tipo de suelo, siempre que no sea demasiado húmedo. Además, como planta de vida corta, crece antes de la sequía estival en los países cálidos y antes de las primeras heladas en los países fríos (Salvador, 2015).

Alrededor de 1930, los agricultores todavía sembraban y cosechaban de manera tradicional con herramientas como tubos telescópicos y trilladoras, con la ayuda de animales como vacas, burros y caballos. La mecanización comenzó en la década de 1940 y, desde entonces, los segadores modernos han hecho todo el trabajo para obtener mejores rendimientos, el cultivo se cosecha cuando las semillas están maduras, secas y retienen suficiente humedad, la tierra donde se cultiva la cebada se llama cebadal (Salvador, 2015).

### **8.26 Taxonomía botánica de cebada**

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) Es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), a su vez, es un cereal de gran importancia tanto animales como para humanos y actualmente es el quinto cereal más cultivado en el mundo (Layme, 2013), que puede alcanzar hasta un metro de altura. De raíz ramificada poco profunda. El tallo es hueco y está dividido en varias partes, cada una de las cuales tiene una rama y una flor. Las hojas son largas y de color verde claro y las semillas son redondas (Salvador, 2015).

La especie tiene una clasificación taxonómica que tiene como nombre (*Hordeum vulgare* L.), pero cabe mencionar que tiene subespecies en las cuales se distingue de la espiga de cebada de dos carreras y seis carreras (Andrade, 2020).

**Tabla 4:** Taxonomía de la cebada

Reino:	Plantae - Plantas
Subreino:	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión:	Spermatophyta – Plantas con semilla
División:	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase:	Liliopsida - Monocotiledoneas
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae – Familia de las gramíneas
Género:	<i>Hordeum</i> – Cebada
Especie:	<i>vulgare</i> L. – Cebada común
Nombre Científico:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre Común:	Cebada

**Fuente:** (Ponce *et al.*, 2019).

## 8.27 Características botánicas de cebada

### 8.27.1 Grano

El grano es una carióspside oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, o puede ser desnudo; puede ser de color blanco, amarillo, azul, negro, etc (Ponce *et al.*, 2019).

### 8.27.2 Espigas

La espiga puede ser barbada, sin aristas (mutica) y también puede ser lisa o dentada, está formado por espiguillas que se organizan alternativamente en tres a cada lado de las aberturas del raquis. Si todas las espiguillas son fértiles se producirá una espiga de seis hileras (hexaticas), si solo las bolas centrales son fértiles se generará una espiga de dos hileras (dística) (Ponce *et al.*, 2019).

### **8.27.3 Las espiguillas**

Se hallan unidas claramente al raquis, colocadas en forma que se recubren unas a otras. Las glumas son largos y agudos en la parte superior y en las glumillas, Se adhiere al grano, a excepción de la cebada "desnuda". La extensión de las glumillas es por medio de una arista (Infante , 2016).

### **8.27.4 Hojas**

Las hojas son lineales, lanceoladas, constituidas por una vaina, un limbo, un ar busto y dos nervios adheridos. Son lechosos (no puberales) y rara vez pubescentes. Su ancho varía de 5 a 15 mm. Las vainas cubren completamente el tronco. Los granos de cereales, especialmente los cereales, distinguen a la cebada de otros cereales: tienen colores brillantes, envuelven el tallo y se pueden teñir con antocianinas (Ponce *et al.*, 2019).

Las hojas, desde un punto de vista morfológico, pueden dividirse en tres grupos: Primera hoja: la lámina es de punta redondeada; con aurículas reducidas y presenta una pequeña vaina. Hojas ubicadas entre la primera y la superior: tiene una lámina de mayor crecimiento y terminan en punta aguda. Hoja superior o bandera: en general presenta una lámina pequeña y una vaina mucho más larga que las hojas que la precedan (Infante , 2016).

### **8.27.5 Tallo**

Erecto y hueco, con 5 a 7 articulaciones internas o cilíndricas, separadas por nudos, portadoras de hojas, colocadas con respecto a sus vecinas a lo largo del tallo. La altura del tallo depende de la variedad y oscila entre 0,50 cm y 1,20 cm (Ponce *et al.*, 2019).

### **8.27.6 Los entrenudos**

Se encuentran en los tallos, van siendo cada vez más largos hacia el ápice de la planta; los nudos en cambio, que son de consistencia sólida, van haciéndose más importante porque el árbol crece mientras se hace la armadura. Dependiendo del cultivar, el tallo tiene de 6 a 9 entrenudos (Infante , 2016).

### **8.27.7 Raíces**

Multifilamentosas, raíces fibrosas de hasta 1,20 m de profundidad. Posee dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Raíces seminales: La plántula se desarrolla desde la germinación hasta el macollamiento. Las raíces adventicias o de la corona: aparecen con el macollamiento y cumplen con la función de anclar la planta y proporcionar agua y nutrientes (Ponce *et al.*, 2019).

Cebada de invierno y primavera: Los granos pequeños se dividen en dos clases, conocidas como variedades de "invierno" y "primavera", y las variedades de invierno se consideran formaciones genéticas que necesitan acumular largas horas de frío. (Igartua *et al.*, 2008). Cultivado con mayor frecuencia en países con cuatro estaciones); mientras los tipos de primavera son los que no requieren vernalización (generalmente se cultivan en países de dos estaciones como Ecuador (Ponce *et al.*, 2019).

## **8.28 Fase vegetativa de cebada**

### **8.28.1 Germinación**

Para una buena germinación, la semilla debe ser fisiológicamente fructifica y sin latencia. El grano absorbe entre un 45 - 60% de su peso en agua, iniciándose la germinación cuando se ha absorbido un 25%. La temperatura óptima para esta fase es de 20- 22 °C, siendo su duración norma de 12 a 15 días, no obstante se pueden producir retrasos por frío, siembras profundas, suelos demasiado asentados ó excesos de humedad (Layme, 2013).

### **8.29.2 Macollamiento**

La duración de esta etapa es muy variable, de 40 a 60 días, dependiendo del tipo, variedad, densidad de plantación, fertilización, temperatura, fecha y profundidad de siembra, etc. Si el año es seco, la planta ahijará poco y el campo seguirá relativamente claro, con poca competencia entre las plantas y todas ellas granaran bastante bien (Layme, 2013).

### **8.29.3 Encañado**

Consiste en un alargamiento de los entrenudos de los tallos unidos rápida de materia seca en la misma. Durante esta etapa, se realiza la formación final del conteo de mazorca/planta y el

conteo de las espiguillas. El período dura unos 30 días y termina con la diferenciación de los estigmas en la flor (Layme, 2013).

#### **8.29.4 Espigado**

La fase del espigado comienza al iniciarse el desembuchamiento de la espiga a través de la vaina de la hoja bandera u hoja superior. Primeramente aparece la punta de la espiga y luego viene una elongación gradual de ésta, hasta que alcanza su completa expresión en la posición más alta de la planta (Layme, 2013).

#### **8.29.5 Estado lechoso**

Esta etapa dura unos 15 días y cuando alcanza la madurez lechosa, la planta deja de crecer. El proceso de formación y establecimiento de semillas comienza al mismo tiempo que las hojas primarias de la planta comienzan a secarse. Finalmente, los cereales rellenos con un líquido parecido a la leche tomarán su forma final. Las hojas superiores todavía están verdes (Layme, 2013).

#### **8.29.6 Estado pastoso**

Durante esta etapa, los granos ganan textura y se enriquecen con carbohidratos y proteínas (aumentando gradualmente la densidad del contenido), mientras que el peso de la planta se mantiene constante. La fotosíntesis, que sigue siendo esencial, se produce en las últimas hojas. Al final de este período, generalmente de 20 días, el peso de la semilla es definitivo (Layme, 2013).

#### **8.29.7 La madurez fisiológica**

Se produce cuando los granos alcanzan un 40% de humedad; en ese momento el último internudo se presenta seco y las glumas han perdido su color verde. Se debe esperar a que las semillas pierdan humedad hasta a un 14% (estado de grano duro), para que así puedan ser trilladas en óptimas condiciones (Layme, 2013).

### **8.29.8 Fases fenológicas de la cebada en días**

La fase de antesis en 28 días, la fase de embuche o encañado en 85 días después de su germinación, En la fase grano lechoso fue a los 92 días, en la fase grano pastoso los fue a los 106 días, en la etapa grano maduro 118, respectivamente (Nájera *et al.*, 2016).

### **8.30 Variedades mejoradas de cebada**

El programa de cereales del INIAP se encuentra trabajando constantemente en el mejoramiento de las enfermedades, especialmente para incrementar el rendimiento, los niveles de resistencia enfermedades y mayor adaptación e condiciones agrícolas de la sierra ecuatoriana, entre las cuales tenemos INIAP Palmira 2014, INIAP Guaranga 2010 es una variedad de cebada de dos hileras (Falconí *et al.*, 2010). INIAP-Cañari 2003 e INIAP-Quiltoa son dos nuevas variedades de cebada de seis hileras introducidas como líneas segregantes desde el programa de cebada del ICARDA/CIMMYT, con sede en México (Rivadeneira *et al.*, 2002).

### **8.31 Condiciones ambientales de cereales**

#### **8.31.2 Clima**

La avena es muy sensible a las altas temperaturas durante la floración y llenado del grano, siendo menos resistente al frío que el trigo y cebada, prefiere los climas templados y fríos, con una temperatura óptima entre los 8°C a los 16°C (García y Maguana 2015).

#### **8.31.3 Suelo**

El suelo es de tipo coluvial, de textura que va desde arcilloso, franco, franco arcilloso y franco arcilloso limoso, en otros sectores existe suelos de textura arenosa y medianamente profunda (Rojas, 2019). Estos suelos se requieren para la germinación, el buen desarrollo del sistema radicular (Pilataxi, 2013).

#### **8.31.4 Pluviosidad**

Por lo regular los cultivos de cereales requieren de 600 a 700 msnm. Desde la siembra hasta la cosecha (Pilataxi, 2013).

### **8.31.5 Heliofanía**

La luz no es un factor importante, sin embargo, en los cereales desde las hojas inferiores reciben poca luz. Por lo tanto, la eficiencia fotosintética es baja sin embargo necesitan de 1500 a 2000 horas de sol durante el ciclo del cultivo (Pilataxi, 2013)

### **8.31.6 pH**

Los cereales se cultivan en suelos con un Ph entre 5,4 (Ácido) a 7 (Neutro) y 8(Básico) y con textura pesada (Quino, 2016).

### **8.31.7 Temperatura**

Para germinar necesita una temperatura mínima de 6°C. Florece con una temperatura de 16°C y madura con una temperatura de 20°C. Tolera muy bien las bajas temperaturas, ya que puede llegar a soportar hasta -10°C. (Infante, 2016).

Ecuador alberga a varios de los volcanes más altos del mundo. Su capital, Quito, se encuentra a una altitud aproximada de 3 000 m.s.n.m (9 000 pies) (Explorer, 2018). En cuanto a la altitud, alcanza desde los 1,800 m.s.n.m. En Suiza a 3,800 m.s.n.m. En Perú, ya que es entre los cereales, el que se adapta mejor a las latitudes más elevadas (teniendo la precaución de tomar las variedades precoces (Layme, 2013).

## **8.32 Tipos de siembra de cereales**

**Siembra al voleo:** Se realiza a mano dejando caer la semilla en forma constante y uniforme, es importante tener en cuenta la dirección del viento, la semilla no se debe enterrar demasiado para garantizar su pronta germinación (Aroni, 2016).

**Siembra en líneas:** Se realiza a mano, utilizando surcos que se hacen previamente, semilla no se entierre demasiado para garantizar su pronta germinación (Aroni, 2016).

**A chorro continuo:** la semilla se deposita a chorro o por golpes en surcos, granos profundos separados entre 30-40cm. Como creencia especial debe tenerse en cuenta que la semilla no se entierre demasiado para garantizar su pronta germinación (González, 2021) .

(INIAP, 2014)

### **8.33 Ciclo biológico de cereales**

Periodo vegetativo: que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.

Periodo de reproducción: desde el encañado hasta la terminación del espigado.

Periodo de maduración: que comprende desde el final de la espigada hasta el momento de la cosecha (Pilataxi, 2013).

### **8.34 Labores culturales de cereales**

Las labores culturales son necesarias para el desarrollo de cereales.

Control de malezas: Las malezas, particularmente las gramíneas, kykuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) el trébol Blanco (*Trifolium repens*), (*Lolium multiflorum*) ray-grass anual o italiano, plantas arvenses (malezas) y material senescente (Villalobos, 2010). El control de maleza puede ser químico, manual o cultural, para grandes plantaciones se debe usar el control químico, completándolo con un control manual, hay que tener mucho cuidado de no maltratar el cultivo; esta labor se debe realizar después de macollamiento (50-60) días después de la siembra, una vez que las platas se encuentren bien ancladas en el suelo (Garófalo *et al.*, 2011). Las malezas compiten fuertemente con las plantas de "avena, trigo y cebada", especialmente cuando la plantación está en la fase de crecimiento. Su control es necesario para evitar la competencia por luz, agua y nutrientes. Cuando la planta ha formado sus sistemas radiculares se debe evitar el uso del azadón o lampa, empleándose solamente herbicidas y las manos para eliminar la maleza (Layme, 2013).

### **8.35 Fertilización química de los cereales**

Se efectúa según las características de la zona de producción. Para una adecuada fertilización es necesario realizar el análisis químico del suelo por lo menos dos meses antes de la siembra. Por lo que a continuación se muestra la recomendación de fertilización del INIAP. Fertilizante ÚREA, época de aplicación al macollamiento 30-45 días después de la siembra (INIAP, 2014).

### **8.36 Cosecha y trilla de cereales**

#### **8.36.1 La cosecha**

Se realizan cuando la planta alcanzada su madurez de campo (grano cristalino), aproximadamente en avena 164 y 207 días dependiendo las líneas/variedades, trigo es de 171 días y la cebada es de 147 días. En pequeña superficie la cosecha se la realiza de manera manual, empleando una hoz se corta la espiga se forma gavillas, las cuales son agrupadas para formar parvas (Garófalo *et al.*, 2011).

#### **8.36.2 La trilla**

Generalmente se realiza con una trilladora estacionaria. Adicionalmente se la puede realizar de forma manual, utilizando animales (caballo, mulas o burros) o una vara de (madera o varilla de hierro) en una “era”. Después de la trilla el grano se lo debe limpiar, secar y calificar, para posteriormente recolectar en saco para su comercialización. Para la trilla mecánica se recomienda limpiar muy bien la trilladora antes de iniciar con esta labor, para evitar mezclas con otras líneas/variedades de cultivos (Garófalo *et al.*, 2011).

### **8.37 Severidad y tipo de reacción de cereales**

#### **8.37.1 ¿Qué es la severidad?**

Esta variable permite cuantificar la presencia y daño causado por una enfermedad expresado en porcentaje del tejido dañado de la planta (Ponce *et al.*, 2019).

#### **8.37.2 ¿Qué es el tipo de reacción?**

Es otra variable que se evalúa en materiales resistentes principalmente a royas, es el tipo de reacción, que está asociado con la reacción en campo que tiene la planta ante el ataque de los patógenos, lo cual dependiendo de su nivel de resistencia permitirá a no el crecimiento del mismo (Ponce *et al.*, 2019).

### **8.38 Royas (*Puccinia sp.*)**

Las royas son tal vez las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de los cultivos cerealícolas. Se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde ellos se

cultivan. Cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo puede infectarse, desde la etapa de plántula hasta la de madurez. Los hongos del género *Puccinia* son en su mayoría parásitos obligados, con ciclos de vida muy complejos. En los cereales de grano pequeño y en los pastos se desarrollan tres clases de esporas y dos tipos adicionales que se producen en el hospedante alternativo (cuando existe). De estos tipos de esporas, las urediosporas (esporas de verano) son las más importantes debido a que permiten ciclos repetidos de la enfermedad que se extienden de un campo a otro y que persisten año tras año. Estas esporas varían en color de amarillo naranja a café rojizo. Se producen en pústulas (uredias), las cuales emergen a través de la epidermis exhibiendo las masas de esporas de aspecto polvoso (Zillinsky, 1984).

La aparición de nuevas razas fisiológicas de royas crea dificultades en el desarrollo y mantenimiento de variedades resistentes. El control más efectivo de las royas se logra por medio del uso de variedades resistentes y la erradicación del hospedante alternativo. Los fungicidas asperjados al follaje pueden ser usados para proteger eficazmente los cultivos amenazados por nuevas razas patogénicas, pero normalmente son antieconómicos como sistemas de control (Zillinsky, 1984).

### **8.39 Importancia económica de las royas en los cereales**

Importancia: Cuando se produce la infección durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, los efectos pueden ser graves: disminución del macollamiento y pérdida del peso y calidad de los granos. Si las condiciones favorecen el desarrollo de la enfermedad, se puede llegar a la pérdida total del cultivo (Prescott *et al.*, 1986)

Entre los principales hongos que ocasionan los mayores daños económicos se encuentran las royas ocasionadas por *Puccinia spp.* La roya de la hoja es una enfermedad foliar de los cereales, que ataca cuando las temperaturas son bajas (2 a 15°C), por lo general en sitios elevados (Roelfs, 1992). Es muy común en muchas áreas productoras en el mundo. Solo en raras ocasiones llega a ser una enfermedad devastadora: en promedio se reportan pérdidas de 20 a 30% en el rendimiento final (González *et al.*, 2013). La roya amarilla es una enfermedad de gran importancia económica a nivel mundial, además de ser el principal motivo del retiro de variedades elites, a medida que aumenta el nivel de susceptibilidad de las mismas (Mellado *et al.*, 1994).

En los últimos años se ha avanzado en la resistencia a través del mejoramiento de los genotipos a estas enfermedades. No obstante cabe señalar que debido a la virulencia de las royas este patógeno sigue causando inquietud, por ende su estudio e importancia aumenta las pérdidas pueden ser grandes (50%) a causa de los granos arrugados, en situaciones extremas la roya de la hoja puede lograr a pérdidas del 100% en estado de macollamiento (Roelfs, 1992).

## 8.40 Roya de la hoja en avena

### 8.40.1 Antecedentes

La roya de la hoja de avena, ocasionada por el hongo (*Puccinia coronata f. sp. avenae*), es una enfermedad importante en algunos pastos, pero no afecta otros cereales cultivados. Esta se presenta donde quiera que se cultiva avena. La diversidad de sus razas fisiológicas es muy extensa, debido en parte a la amplia difusión de su hospedante alternativo, *Rhamnus cathartica* (ladierno) y especies afines (Zillinsky, 1984). Las pérdidas de rendimiento son de hasta el 30%, en el mundo, que se han reportado en cultivares susceptibles, también tiene efectos negativos sobre las variedades mejoradas, en casos de incidencia temprana disminuye los rendimientos en un 60% en los Estados Unidos (Ayo, 2015).

### 8.40.2 Clasificación taxonómica

Nazarn (2017), indica que la taxonomía para *Puccinia coronata* es la siguiente:

**Tabla 5:** Taxonomía para *Puccinia coronata*

Reino:	Fungi (phylum Basidiomycota)
Clase:	Pucciniomycetes
Orden:	Pucciniales
Familia:	Pucciniaceae

### 8.40.3 Sintomatología

La infección de variedad de avena susceptible da lugar a uredinios (pústulas) de color amarillo anaranjado a redondo que contiene urediniosporas recién formadas. Las pústulas

varían en tamaño y pueden tener de 5 mm de longitud. La infección ocurre principalmente en las superficies de las hojas, aunque se desarrollan síntomas ocasionales en las vainas de las hojas de avena y/o estructuras florales, como las aristas, peciolo, tallos jóvenes (Nazareno *et al.*, 2017).

#### **8.40.4 Temperatura**

Las condiciones favorables para el desarrollo de la roya de la hoja son días muy soleados, temperaturas diurna entre 20 y 25°C, temperaturas nocturnas entre 15 y 20°C, formación de rocío sobre las hojas, ocurrencia de neblinas o lluvias persistentes (mínimamente 8 horas de mojado foliar) y viento para la diseminación de las urediniospora infectivas (Formento y Kuttel, 2021).

#### **8.40.5 Resistencia a la roya de la hoja en avena**

La resistencia específica de la raza está respaldada por el concepto de interacción gen por gen, que ha sido fundamentalmente en el mejoramiento de variedades de cultivos resistentes a enfermedades, ha sido ampliamente explotada en avena, programas de mejoramiento para controlar la roya de la hoja, ha sido desde principios de 1900. Este tipo de resistencia depende de genes únicos altamente hereditarios que típicamente provocan una respuesta hipersensible, que inhibe total o parcialmente la esporulación de la roya de la hoja en avena (Nazareno *et al.*, 2017).

### **8.41 Roya amarilla en trigo y cebada**

#### **8.41.1 Antecedentes**

La roya amarilla en cereales, es una enfermedad invasiva en el mundo, su agente causal es de *Puccinia striiformis f. sp. Hordei*, (Sandoval *et al.*, 2002). Es la enfermedad más peligrosa que ataca al cultivo de cebada, variedades susceptibles, dependiendo del ataque de esta enfermedad, pueden perder hasta el 90 % de su capacidad de rendimiento (Garrido, 2017), se introdujo en Colombia, América del sur y en Europa en 1975, extendiéndose a todas las principales áreas de producción de cereales en América del sur en 1982. En 1988 se encontró en México y en 1991 en Texas. Desde entonces, se ha encontrado en todas las principales áreas productoras de cereales del Oeste Americano. La resistencia ha sido identificada,

evaluada se está introduciendo en la malatería comercial y otros cultivares (Brown *et al.*, 2001).

Esta enfermedad se presenta como devastadora especialmente en climas frío-húmedos, como la Zona Andina del Ecuador, además en países como Colombia, Perú, Bolivia, Chile, México y Estados Unidos. El patógeno se desarrolla y completa su ciclo biológico mediante la interacción patógeno-planta si es compatible la planta es susceptible y el patógeno es virulento, por lo contrario si el patógeno no consigue completar su ciclo biológico, la interacción es incompatible y por lo tanto la planta es resistente y el patógeno es virulento (Danna, 2002).

Según Ayo (2015), esta enfermedad fungosa se presenta en la provincia de Carchi en 1976, expandiéndose rápidamente a todas las áreas cerealeras, disminuyendo su producción.

#### 8.41.2 Clasificación Taxonomía

Sierra (2021), indica que la taxonomía para *Puccinia striiformis* es la siguiente:

**Tabla 6:** Taxonomía para *Puccinia striiformis*

Orden:	Uredinales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	<i>Puccinia</i>
Especie:	<i>striiformis</i>
Forma especial:	<i>hordei</i>

#### 8.41.3 Morfología y biología

El hongo que causa la roya amarilla de cereales es un parásito obligado, *Puccinia striiformis* es probablemente una roya hemiforme ya que su ciclo biológico parece estar constituido solo por los estadios de uredinio y telio (Ayo, 2015), las poblaciones de roya amarilla pueden existir, cambiar su virulencia y provocar epifitias sin necesidad de un hospedante alternativo (Sierra, 2021).

#### **8.41.4 Epidemiología**

Las uredosporas son el estadio infectivo que origina la formación de epífitas. Además es importante para la caracterización del curso de una epífita en la roya, el tomar en cuenta el periodo de tiempo que sucede entre la infección y la aparición de los uredosporas (periodo de latencia), así como el periodo de infección (Quispe, 2014).

#### **8.41.5 Temperatura**

Las temperaturas adecuadas para el desarrollo del cultivo dependen del estado vegetativo del mismo. Son recomendables las bajas temperaturas durante el período de plántulas y altas en el momento de la cosecha, *Puccinia striiformis f.sp.* Prospera en zonas con temperaturas de entre 18 y 22°C, y las temperaturas fluctuantes alrededor de los 20|°C son los ideales para el desarrollo de la roya amarilla (Quispe, 2014).

#### **8.41.6 Humedad**

Es también otro factor importante para la germinación la espora en la superficie foliar y así como para la penetración hacia inferior del tejido vegetal, es decir en el desarrollo de la hifa y efectiva. La humedad óptima para la infección y germinación de las uredosporas es de 72.5% a 100%

#### **8.41.7 Síntomas**

Las pústulas (que contienen masas de uredosporas) son de color café oscuro y se les encuentra en ambas caras de la hoja, en los tallos y las espigas. Si la infección es leve, por lo general las pústulas están dispersas, pero se aglutinan cuando la infección es intensa. Antes de que se formen las pústulas pueden aparecer "pecas" y, antes de que las masas de esporas emerjan a través de la epidermis, es posible palpar los sitios de infección que se perciben como zonas ásperas al tacto; a medida que emergen las masas de esporas, los tejidos superficiales adquieren una apariencia áspera y agrietada (Prescott *et al.*, 1986).

#### **8.41.8 Huéspedes/Distribución**

Las royas son parásitos biotrofos obligados, con micelio intercelular y haustorios. Aunque pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta, atacan mayormente a hojas y tallos que

puede afectar a la avena, trigo, cebada y triticale y otras gramíneas afines; se le encuentra dondequiera que se cultiven cereales de clima templado (Quispe, 2014).

#### **8.41.9 Resistencia a roya amarilla en cereales**

Resistencia vertical y horizontal de Van der Plank, en los años sesenta planteo un modelo para explicar la existencia de la raza en los patógenos, la resistencia de los hospederos y las diferencias resultante de sus interacciones Van der Plank clasificó la resistencia del hospedero en dos tipos básicos (Burbano, 2020).

Resistencia vertical: cuando las variables del hospedero interactúan de manera diferencial o específica con las razas del patógeno (Burbano, 2020).

Este tipo de resistencia vertical se caracteriza por los siguientes aspectos:

- En resistencia vertical, una variedad es más resistente a ciertas razas del patógeno que otras.
- Presenta interacción diferencial entre variedades del hospedero y razas del patógeno.
- Presenta un control genético simple, es decir, herencia cualitativa.
- Funciona bien contra hongo y nematodos; poco contra bacterias y virus.
- Disminuye el inoculo inicial del patógeno, sin afectar la tasa del desarrollo de la enfermedad.
- Es poco afectada por el ambiente.
- Se presenta en las fases juvenil y adulta de la planta.
- Actúa como reacción de hipersensibilidad.
- Confiere resistencia completa, pero es transitoria, porque puede ser vencida por el patógeno.
- Asociada a la teoría de H.H. flor: gen a gen.
- Asociada con raza virulentas (Fuentes *et al.*, 2017).

Resistencia horizontal: cuando la interacción entre razas del patógeno y el hospedero no es específica (Burbano, 2020).

- La resistencia horizontal muestra las siguientes características:

- Una variedad con resistencia horizontal presenta resistencia a todas las razas del patógeno.
- No presenta interacción entre variedades del hospedero con las razas del patógeno
- Presenta control genético complejo, es decir la herencia es cuantitativa.
- Retarda la tasa de desarrollo de la enfermedad.
- Es afectada por el ambiente.
- Confiere protección incompleta, pero es duradera o permanente.
- Se presenta en la fase adulta de la planta
- Asociada con razas agresivas (Fuentes *et al.*, 2017)

#### **8.42 Factores que afectan el desarrollo de enfermedades**

Existen varios factores que afectan o promueven el desarrollo de las enfermedades: intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos son aquellos que tienen que ver con la constitución genética del germoplasma evaluado, es decir la presencia o no de genes de resistencia. Los factores extrínsecos son aquellos que tienen que ver con las condiciones externas que afectan al desarrollo del cultivo y favorecen el desarrollo del patógeno, entre otras: temperatura, humedad ambiental, fotoperíodo, precipitación, pH, nutrientes, etc (Ponce et al., 2019).

#### **8.43 Control**

La forma más fácil y económica de control de las enfermedades es el uso de variedades resistentes, caso contrario, es necesario el control químico a través de productos específicos para cada enfermedad.

Las royas son parásitos biotrofos obligados, con micelio intercelular y haustorios. Aunque pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta, atacan mayormente a hojas, tallos y la espiga. Las royas suelen ser parásitos muy especializados que atacan sólo a ciertos hospedantes. El control de las royas se realiza mediante el uso de variedades resistentes y la eliminación de los hospedantes alternativos. Su importancia radica en el daño que provocan al cultivo y las pérdidas que representan para el productor, las cuales en casos extremos pueden alcanzar el 100% de pérdida del rendimiento del cultivo. (Ponce et al., 2019).

#### 8.44 Denominación

Generalmente en la evaluación de royas se registra la severidad seguida del tipo de reacción, para caracterizar de mejor manera la sintomatología de las plantas.

#### 8.45 Severidad

Para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, empleamos la escala modificada de Cobb.

#### 8.46 Tipo de reacción

Para determinar el tipo de reacción a royas se usa la siguiente nomenclatura de Cobb, (O, R, MR, M, MS, S).

#### 8.47 Importancia económica

En nuestras medias las royas pueden producir pérdidas en el rendimiento hasta del 100% en germoplasma susceptible.

**Tabla 7:** Evaluación de severidad (%) y tipo de reacción

ROYA AMARILLA	
Sintomatología	
La roya amarilla es producida por el hongo <i>Puccinia striiformis</i> , ataca al trigo, cebada y triticale, y puede atacar tanto al follaje como a las espigas. Se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo o estriado en dirección de las nervaduras de las hojas.	
ROYA DE LA HOJA	
Sintomatología	
La roya de la hoja en trigo es producida por el hongo <i>Puccinia triticina</i> , en la cebada por <i>Puccinia hordei</i> y en avena por <i>Puccinia coronata</i> . Se caracteriza porque las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica y su distribución no sigue ningún patrón el color de las pústulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado.	

**Continuación**

ESCALA DE SEVERIDAD (%)					
5	10	20	40	60	100
ESCALA DE TIPO DE REACCIÓN					
R	MR	MS	S		

**Fuente:** (Ponce *et al.*, 2019)

**8.48 Información de las nuevas variedades avenas, trigos y cebadas**

En la campaña 2019-2020, INTIA ha llevado a cabo más de 60 ensayos de cultivos extensivos en los que se ha probado y comparado el nuevo material vegetal con las clásicas de mayor rendimiento. En total se han ensayado 293 variedades diferentes en distintas situaciones: 111 variedades de trigo; 146 variedades de cebada, 25 de avena, un cultivo que ha regresado al programa de experimentación de INTIA por el interés que vuelva a despertar (Goñi y Iturri, 2020).

**9 HIPÓTESIS****9.29 Hipótesis alternativa**

Las líneas diferenciales de avena, trigo y cebada del INIAP, presentarán resistencia al ataque de roya en la hoja de avena, roya amarilla en trigo y cebada en las condiciones ambientales del campus Salache.

**9.30 Hipótesis nula**

Las líneas diferenciales de avena, trigo y cebada del INIAP, no presentarán resistencia al ataque de roya en la hoja de avena, roya amarilla en trigo y cebada en las condiciones ambientales del campus Salache.







**Continuación**

	<p>Visita al campo, valoración de enfermedades, roya amarilla en trigo y cebada, con los técnicos del INIAP.</p>																												
<p>Determinar el ciclo fenológico de la Avena, Trigo y Cebada en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.</p>	<p>Observación de la emergencia, cuando aparece con 1 o 2 hojas por encima de la superficie del suelo.</p>		X	X	X																								
	<p>Observación de la tercera hoja en la plata de cereales.</p>				X	X	X	X																					
	<p>Observación de macollaje en la planta, ubicado en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta.</p>							X	X	X	X																		
	<p>Observación del encañado, es cuando aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta.</p>											X	X	X	X														

**Continuación**

<p>Observación de la espiga y floración, cuando comienza a salir de la vaina foliar de la hoja superior, la floración aparece al momento en que se abren las primeras flores.</p>																													
<p>Observación de, maduración lechosa es cuando los granos al presionar con los dedos presentan un líquido lechoso.</p>																													
<p>Observación de maduración pastosa cuando los granos al ser presionados con los dedos o al ser impregnado con la uña presenta una consistencia pastosa.</p>																													
<p>Observación de la madures fisiológica, cuando los granos están totalmente</p>																													

**Continuación**

	duros, no queda señal de la impregnación de la uña, todas las partes de la planta.																															
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## 11 METODOLOGÍA

### 11.29 Ubicación de la investigación

El lugar de investigación se ubicó en la provincia de Cotopaxi Cantón Latacunga, del Campus CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Grafico 1:** Mapa de Geo-referenciación del área de estudio



**Fuente:** (Google Earth, 2016)

**Grafico 2:** Sitio tomado con Dron para observación de la investigación



### 11.30 Características del sitio del proyecto de investigación

*Tabla 8: Características del sitio de proyecto de investigación*

<b>Provincia</b>	<b>Cotopaxi</b>	<b>Cultivos nuevos</b>	<b>Avena, trigo y cebada</b>
<b>Cantón</b>	Latacunga	<b>Sistema de siembra</b>	Manual (chorro continuo)
<b>Localidad</b>	Salache	<b>Superficie del ensayo</b>	Área total: 47.7 m <sup>2</sup> Área neta: 31.8 m <sup>2</sup>
<b>Longitud</b>	78°37'26.9"W	<b>N° de parcelas</b>	18 parcelas de avena, 13 parcelas de trigo y 5 parcela de cebada en total 36
<b>Latitud</b>	01°00'01.0"S	<b>Surcos por parcela</b>	3
<b>Fecha se siembra</b>	15 de diciembre del 2021	<b>Área de cada parcela</b>	1m x 1m
<b>Altitud</b>	2800 m.s.n.m	<b>Distancia de caminos</b>	0.50m <sup>2</sup>
<b>Cultivo anterior</b>	Pastos, malezas	<b>Distancia entre parcelas de líneas</b>	1m
<b>Textura</b>	Arcilla	<b>pH</b>	8

**Fuente:** (Morocho, 2021).

### 11.31 Factores en estudio

- ✓ Avena
- ✓ Trigo
- ✓ Cebda

### **11.32 Preparación del terreno**

Se pasó un arado y dos pases de rastra, con el tractor.

Se pasó rastrillo manual y azadón para mullir la tierra y sacar las malezas como: kikuyo, achicoria, reygrass, trébol blanco y lengua de vaca (pacta).

### **11.33 Siembra**

Señalización área del lote, señalización de la parcela de un metro para la respectiva siembra.

Se realizó siembra manual, ya que debido a las condiciones de las parcelas de un 1mx1m no fue accesible utilizar la sembradora, como se había programado en un inicio. Se ubicó las semillas de avena, trigo y cebada en los surcos indicados por los ingenieros del INIAP.

El tapado de semillas se realizó con ayuda de rastrillos y azadones.

### **11.34 Emergencia**

Este método fue visualmente, expresando como bueno (81-100%), regular (60-80%) y malo (>60%)

### **11.35 Riego**

El riego se realizó por aspersion cada 8 días hasta que empezó el espigamiento y se dejó el riego.

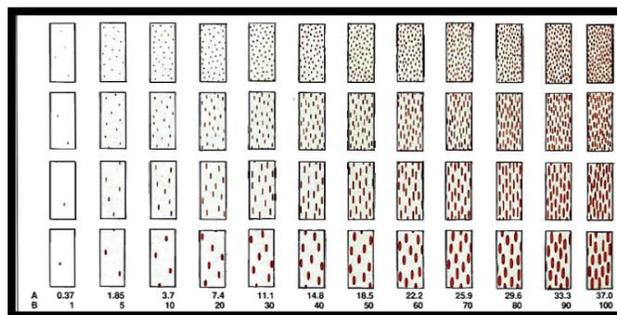
### **11.36 Control de maleza o desmezcla**

Para el control de malezas, en este caso se realizó de forma manual durante todo el ciclo del cultivo, ya que no se presentó mayor incidencia de las mismas. Se eliminó toda planta atípica que no presenta las características de las líneas promisorias.

### **11.37 Severidad**

Se observó la acumulación de pústulas de roya en las hojas, tallos para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, se empleó la escala modificada de Cobb.

**Grafico 3:** Escala Modificada de Cobb, para severidad en royas



**Fuente:** (Ponce et al., 2019).

### 11.38 Tipo de reacción

Se observó la acumulación de pústulas de roya y se utilizó la escala, reacción de Cobb.

(O, R, MR, M, MS, S).

**Tabla 9:** Escala para determinar el tipo de reacción en royas

Reacción	Descripción
0	Ningún síntoma visible en la planta
R	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias
MR	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas
M	Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos
MS	Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis
S	Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis

**Fuente:** (Ponce *et al.*, 2019)

### 11.39 Vigor

Este método fue visualmente, comparando el desarrollo general de las plantas, entre líneas con una nomenclatura (bueno, regular y malo).

**Tabla 10:** Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.

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

**Fuente:** (Ponce *et al.*, 2019)

#### 11.40 Hábito de crecimiento

Este método fue observado, de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas con una nomenclatura (erecto (E), intermedio (S) y postrado (P)).

**Tabla 11:** Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales

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

**Fuente:** (Ponce *et al.*, 2019)

#### 11.41 Días al espigamiento

Se realizó de forma visual, tomando en cuenta el número de días desde la siembra hasta que se observó el 50% de espigas en las líneas.

#### 11.42 Altura de planta

Antes de la cosecha se procedió a tomar la altura tomando 10 plantas al azar, de cada línea diferencial de trigo y cebada se midió cuando el cultivo alcanza la madurez comercial a la cosecha, desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, excluyendo las aristas.

### **11.43 Tipo de paja**

Este método fue realizado a un ángulo 60% grados a mano, con nomenclatura (1 tallo fuerte, 2 tallo intermedio y 3 tallo débil).

### **11.44 Acame de tallo**

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica y luego en madures comercial se procedió a la revisión de acame del tallo de cada línea de forma visual, se registró en (%) que hubo y no hubo acame de tallos en el libro de campo.

### **11.45 Días a la cosecha**

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial, se registró los días transcurridos desde la siembra hasta la respectiva cosecha.

### **11.46 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual con una hoz. De acuerdo a la maduración de las líneas de trigo y cebada ésta se realizó a los 171, 147 días. Una vez cosechado se colocó las espigas en sacos etiquetados por cada línea, para no confundirse, luego se dejó secar por unos 15 días en el domo par luego llevarlos a la estación Experimental INIAP- Santa Catalina donde se realizó la trilla. En el caso de la avena no se hizo la cosecha por que no formo la panoja por lo tanto no hubo producción.

### **11.47 Tamaño de espiga**

Se lo midió desde la base de la espiga hasta el extremo de la misma con una regla, sin incluir aristas expresada en centímetros, se realizó al azar 10 espigas y se obtuvo el promedio.

### **11.48 Numero de granos por espiga**

Se tomó al azar 10 espigas y se contó manualmente el número de granos llenado que tuvo cada espiga y se estimó un promedio.

### **11.49 Peso por espiga**

Se tomó al azar 10 espigas y se le peso los granos, en (gramos) en una balanza electrónica de bolsillo y se estimó en promedio.

### **11.50 Trilla**

Se utilizó una Trilladora estacionaría proporcionada por el programa de cereales, en la Estación Experimental INIAP-Santa Catalina, cada una de las líneas.

**11.51 Secado**

Se procedió a dejar por 8 días bajo invernado de cereales de la Estación Experimental INIAP-Santa Catalina, el mismo se efectuó hasta obtener, entre el 12 y 13% de humedad del grano.

**11.52 Limpieza**

Se limpio a base de un ventilador experimental que genera corriente de aire, interviniendo en el proceso el tamaño y la densidad de los granos y de las impurezas que los acompañan del Programa de Cereales de la Estación Experimental INIAP-Santa Catalina.

**11.53 Tipo y color de grano**

Se observó, el grano de acuerdo a su color, forma, tamaño uniformidad o daño.

**11.54 Materiales y equipos de campo**

- ✓ Tractor
- ✓ Rastra
- ✓ Sembradora
- ✓ Trilladora mecánica
- ✓ Limpiadora mecánica
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Metro
- ✓ Piola
- ✓ Estacas
- ✓ Urea
- ✓ Cal
- ✓ Sacos
- ✓ Etiquetas
- ✓ Cartel
- ✓ Tabla de apoyo para apuntes
- ✓ Tiras
- ✓ Pilas
- ✓ Palos de escoba
- ✓ Tablas triplex
- ✓ Cesta de plástico rimix
- ✓ Regadera de plástico
- ✓ Semillas
- ✓ Avena
- ✓ Trigo
- ✓ Cebada

#### **11.55 Otros materiales**

- ✓ Mano de obra
- ✓ Transporte
- ✓ Alimentación

#### **11.56 Herramientas de labranza**

- ✓ Rastrillo
- ✓ Azadones
- ✓ Hoz
- ✓ Pala
- ✓ Carretilla

#### **11.57 Materiales y equipos de oficina**

- ✓ Libro de campo
- ✓ Manual de cereales
- ✓ Computadora
- ✓ Celular de gama baja
- ✓ Hojas de papel bond
- ✓ Fundas de papel kraft N°3 y 6
- ✓ Cubre hojas grueso
- ✓ Papel contac
- ✓ Tijera
- ✓ Borrador
- ✓ Sacapuntas
- ✓ Lápiz
- ✓ Marcador
- ✓ Esfero
- ✓ Regla
- ✓ Cartuchera
- ✓ Cinta masking
- ✓ Cinta acotch

#### **11.58 Materiales de laboratorio**

- ✓ Balanza electrónica de bolsillo
- ✓ Balanza digital
- ✓ Medidor de humedad

✓ Medidor de peso hectolitrito

✓ Mandil

### 11.59 Diseño experimental

El experimento estuvo conformado por 52 líneas diferenciales de avena, 39 líneas diferenciales de trigo y 15 líneas diferenciales de cebada. Total: 106 unidades experimentales (parcela neta: 0.30 m<sup>2</sup>, parcela bruta: 0.45 m<sup>2</sup>). Área total: 47.7 m<sup>2</sup>, Área neta: 31.8 m<sup>2</sup>, su comportamiento se evaluó a través de un diseño experimental completamente al Azar (DCA) sin repeticiones. Para la evaluación de las variables en estudio se aplicó la metodología propuesta por el INIAP (2019), denominado Manual No111. “Parámetros de evaluación y selección en cereales” el que permitió evaluar la severidad y el tipo de reacción de los diferentes cultivos en estudio de avena, trigo y cebada, para determinar el porcentaje de severidad de roya de la hoja en avena y roya amarilla, en trigo y cebada con los siguientes % de (5, 10, 20, 40, 60, 100), y escala para el tipo de reacción es Resistente (R), Moderadamente Resistente (MR), Moderadamente Susceptible (MS) y Susceptible (S).

### 11.60 Líneas de avena evaluadas a la resistencia de roya de la hoja

**Tabla 12:** 52 líneas diferenciales de avena

Nº Surco	PBI	Pedigree
1	Oat 1	Pc 38
2	Oat 2	Pc 39
3	Oat 3	Pc 40
4	Oat 4	Pc 45
5	Oat 5	Pc 46
6	Oat 6	Pc 48
7	Oat 7	Pc 50

**Continuación de la tabla 12**

8	Oat 8	Pc 51
9	Oat 9	Pc 52
10	Oat 10	Pc 54
11	Oat 11	Pc 56
12	Oat 12	Pc 58
13	Oat 13	Pc 59
14	Oat 14	Pc 62
15	Oat 15	Pc 64
16	Oat 16	Pc 68
17	Oat 17	Pc 91
18	Oat 18	Pc 94
19	Oat 19	Pc 96
20	Oat 20	Pc 97
21	Oat 23	AC Assiniboia
22	Oat 24	Harmon
23	Oat 25	Marion
24	Oat 26	AC Medallion
25	Oat 27	AC Morgan
26	Oat 28	MN841801
27	Oat 50	AC Mustang

**Continuación de la tabla 12**

28	Oat 51	Calibre
29	Oat 52	CDC Boyer
30	Oat 53	CDC Dancer
31	Oat 54	CDC Minstrel
32	Oat 55	CDC Orrin
33	Oat 56	CDC Pro-Fi
34	Oat 57	CDC Seabiscuit
35	Oat 58	CDC Sol-Fi
36	Oat 59	CDC Weaver
37	Oat 60	Derby
38	Oat 61	Furlong
39	Oat 62	HiFi
40	Oat 63	Jordan
41	Oat 64	Leggett
42	Oat 65	Lu
43	Oat 66	OT3037
44	Oat 67	OT3039
45	Oat 68	OT3044
46	Oat 69	Pinnacle

**Continuación de la tabla 12**

47	Oat 70	Ronald
48	Oat 71	Souris
49	Oat 72	Stainless
50	Oat 73	Summit
51	Oat 74	SW Betania
52	Oat 75	Triactor

### 11.61 Líneas de trigo evaluadas a la resistencia en roya amarilla

**Tabla 13:** 39 Líneas diferenciales trigo

Nº Surco	PBI	Pedigree
1	Wheat 1	Avocet-YRA
2	Wheat 2	Avocet+YRA
3	Wheat 3	YR/6*AOC
4	Wheat 4	Sietre Cerros T66 (Yr2)
5	Wheat 5	YR5/6*AOC
6	Wheat 6	YR6/6*AOC
7	Wheat 7	YR7/6*AOC
8	Wheat 8	YR8/6*AOC
9	Wheat 9	YR9/6*AOC

**Continuación tabla 13**

10	Wheat 10	YR10/6*AOC
11	Wheat 11	YR15/6*AOC
12	Wheat 12	YR17/6*AOC
13	Wheat 13	YR18/3*AOC
14	Wheat 14	YR24/3*AOC
15	Wheat 15	YR26/3*AOC
16	Wheat 16	YR27/6*AOC
17	Wheat 17	YRSP/6*AOC
18	Wheat 18	YRCV/6*AOC
19	Wheat 19	Yr28
20	Wheat 20	Yr29
21	Wheat 21	Yr31
22	Wheat 22	ACBarrie
23	Wheat 23	CDCTeal
24	Wheat 24	Lillian
25	Wheat 25	AC Avonlea
26	Wheat 26	CDC Alsask
27	Wheat 27	CDC GO
28	Wheat 28	AC Interpid
29	Wheat 29	Carberry

**Continuación tabla 13**

30	Wheat 30	Produra
31	Wheat 31	Yr26/6*Avocet S
32	Wheat 41	AC Certa
33	Wheat 42	Ultima
34	Wheat 43	Pronghorn
35	Wheat 44	Bunker
36	Wheat 45	Brevis
37	Wheat 46	Zak
38	Wheat 47	Yr43
39	Wheat 48	Yr44

### 11.62 Líneas de cebada evaluadas a la resistencia en roya amarilla

**Tabla 14:** 15 líneas diferenciales cebada

Nº Surco	PBI	Pedigree
1	Barley 1	HB522
2	Barley 2	Mahigan
3	Barley 3	Topper
4	Barley 4	KAO-32-12
5	Barley 5	Heils Franken
6	Barley 6	Emir

**Continuación tabla 14**

---

7	Barley 7	Astrix
8	Barley 8	Hiproly
9	Barley 9	Varundha
10	Barley 10	Abed Binder 12
11	Barley 11	Trumpf
12	Barley 12	Mazurka
13	Barley 13	Bigo
14	Barley 14	I5
15	Barley 15	Bancroft

De acuerdo a la investigación se realizara las siguientes variables: Altura de planta, Días a la floración, Reacción a enfermedades (severidad y tipo de reacción), Rendimiento de grano.

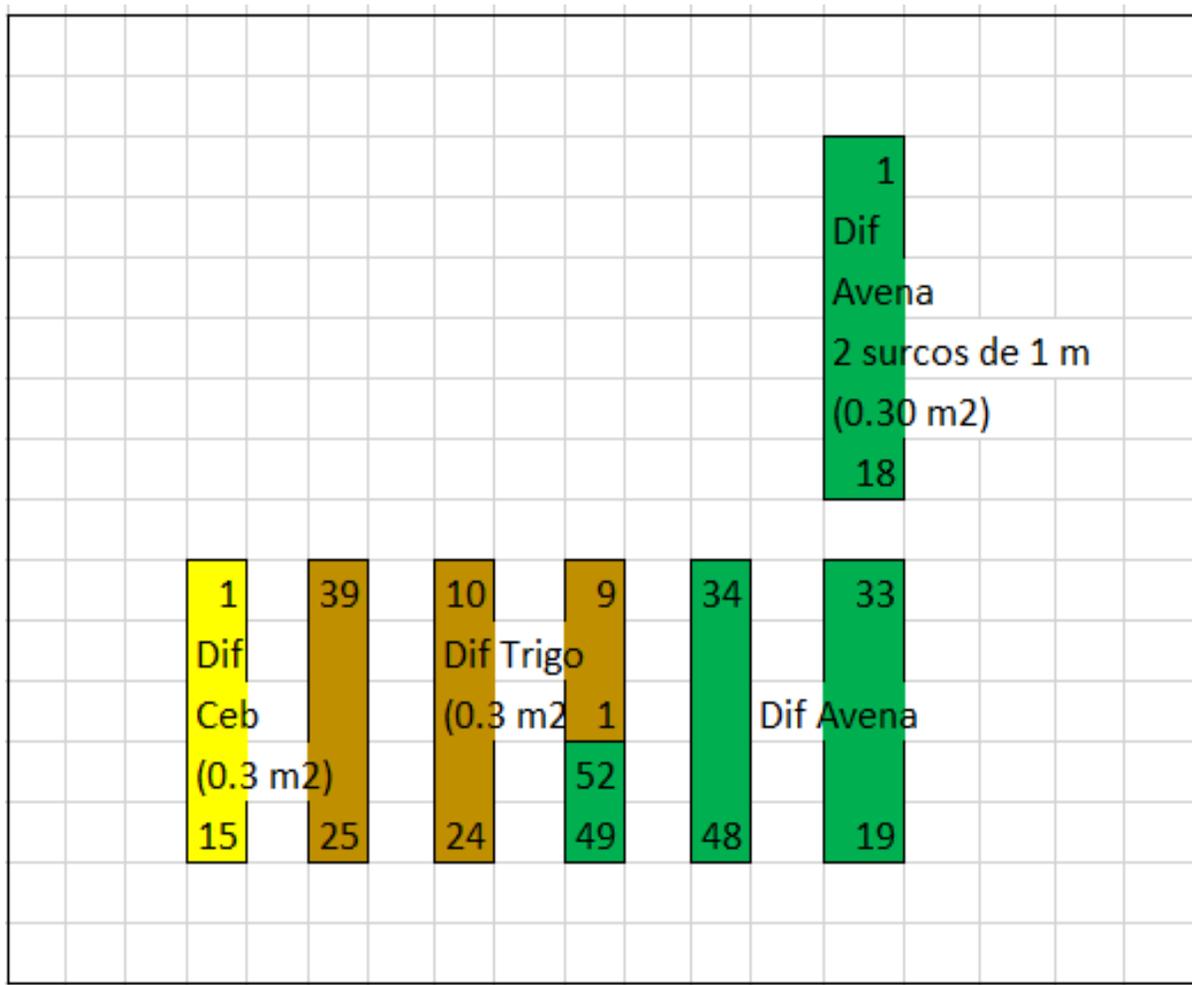
### **11.63 Altura de planta**

A los 15 días de su germinación se tomó la altura cada 8 días y se registró en el libro de campo hasta que llego a su madurez fisiológica. Antes de la cosecha se procedió a tomar la altura tomando 10 plantas al azar, de cada línea diferencial de avena, trigo y cebada se midió cuando el cultivo alcanzo la madurez comercial a la cosecha, desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, excluyendo las aristas.

### **11.64 Días a la floración o espiga**

Esta variable se realizó de forma visual, tomando en cuenta el número de días desde la siembra hasta que se observó el 50% de espigas en las líneas.

### 11.65 Esquema del diseño experimental



### **11.66 Reacción a enfermedades (severidad y tipo de reacción)**

Esta variable se observó durante todo el ciclo del cultivo, una vez detectado la aparición como en el caso de las líneas diferenciales de avena roya de la hoja (*Puccinia coronata* f. *sp. anenae*). En los cereales como trigo y cebada la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. *sp. tritici*), lo cual presento al momento de macollamiento y espigamiento, se tomó los datos correspondientes de severidad y tipo de reacción y se registró cada quince días y se anotó en el libro de campo, por parte de los técnicos del INIAP fue evaluado cada dos meses se registró en el libro de campo.

Generalmente en la evaluación de royas se registra la severidad seguida del tipo de reacción, para caracterizar de mejor manera la sintomatología de las plantas.

### **11.67 Roya de la hoja (*Puccinia coronata*) en avena (*Avena sativa* L.)**

#### **11.67.2 Severidad**

La severidad de la roya se evaluó a los 84, 108 y 129 días después de la acumulación de pústulas en las hojas, espiga para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, se empleó la escala modificada de Cobb, para severidad en royas.

#### **11.67.3 Tipo de reacción**

Para roya amarilla se utilizo la escala de CIMMYT, para determinar el tipo de reaccion en royas, se observó la acumulación de pústulas con la siguiente descripción: Reaccion O descripción ningún síntoma visible en la planta, R con su respectiva descripción de clorosis o necrosis visible sin presencia de urdeas, MR con una descripción de pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas, M es las uredias de varios tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos, MS con la siguiente descripción de uredias de tamaño medio posiblemente rodeado de clorosis y por último con reacción S con descripción de grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

### **11.68 Roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. *sp. hordei*), en trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

#### **11.68.2 Severidad**

La severidad de la roya se evaluó a los 84, 108 y 129 días después de la acumulación de pústulas en las hojas, espiga para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, se empleó la escala modificada de Cobb, para severidad en royas.

#### **11.68.3 Tipo de reacción**

Para roya amarilla se utilizó la escala de CIMMYT, para determinar el tipo de reacción en royas, se observó la acumulación de pústulas con la siguiente descripción: Reacción O descripción ningún síntoma visible en la planta, R con su respectiva descripción de clorosis o necrosis visible sin presencia de urdeas, MR con una descripción de pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas, M es las uredias de varios tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos, MS con la siguiente descripción de uredias de tamaño medio posiblemente rodeado de clorosis y por último con reacción S con descripción de grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

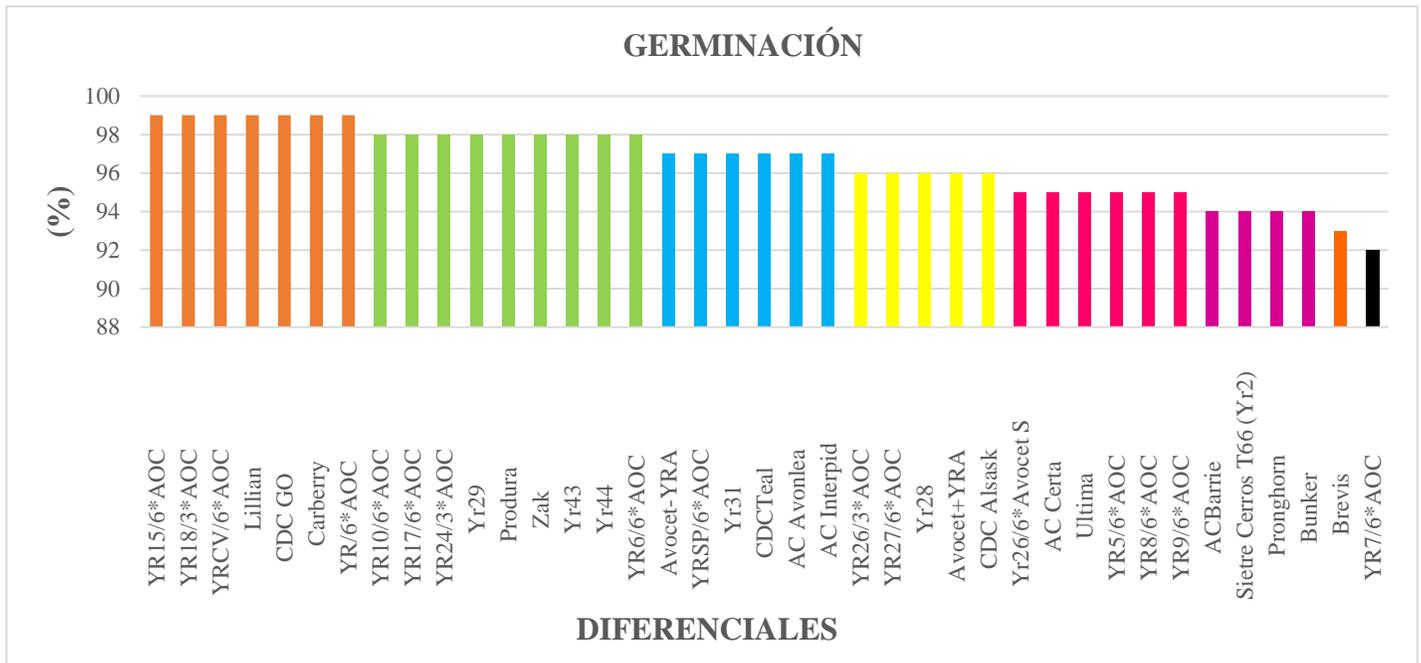
#### **11.69 Evaluación de la resistencia en planta adulta (campo)**

En esta etapa se evaluó 52 líneas diferenciales de avena, 39 líneas diferenciales de trigo y 15 líneas diferenciales de cebada evaluados en estado de plántula en campo. en la universidad técnica de cotopaxi) para roya de la hoja en avena, roya amarilla en trigo, cebada, se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA) sin repeticiones.

## 12 ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

*Tabla 15: Germinación (%) del trigo*

<b>Línea</b>	<b>Nombre de la línea o cultivar</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
Wheat 11	YR15/6*AOC	1	99	99	99
Wheat 13	YR18/3*AOC	1	99	99	99
Wheat 18	YRCV/6*AOC	1	99	99	99
Wheat 24	Lillian	1	99	99	99
Wheat 27	CDC GO	1	99	99	99
Wheat 29	Carberry	1	99	99	99
Wheat 3	YR/6*AOC	1	99	99	99
Wheat 10	YR10/6*AOC	1	98	98	98
Wheat 12	YR17/6*AOC	1	98	98	98
Wheat 14	YR24/3*AOC	1	98	98	98
Wheat 20	Yr29	1	98	98	98
Wheat 30	Produra	1	98	98	98
Wheat 46	Zak	1	98	98	98
Wheat 47	Yr43	1	98	98	98
Wheat 48	Yr44	1	98	98	98
Wheat 6	YR6/6*AOC	1	98	98	98
Wheat 1	Avocet-YRA	1	97	97	97
Wheat 17	YRSP/6*AOC	1	97	97	97
Wheat 21	Yr31	1	97	97	97
Wheat 23	CDCTeal	1	97	97	97
Wheat 25	AC Avonlea	1	97	97	97
Wheat 28	AC Interpid	1	97	97	97
Wheat 15	YR26/3*AOC	1	96	96	96
Wheat 16	YR27/6*AOC	1	96	96	96
Wheat 19	Yr28	1	96	96	96
Wheat 2	Avocet+YRA	1	96	96	96
Wheat 26	CDC Alsask	1	96	96	96
Wheat 31	Yr26/6*Avocet S	1	95	95	95
Wheat 41	AC Certa	1	95	95	95
Wheat 42	Ultima	1	95	95	95
Wheat 5	YR5/6*AOC	1	95	95	95
Wheat 8	YR8/6*AOC	1	95	95	95
Wheat 9	YR9/6*AOC	1	95	95	95
Wheat 22	ACBarrie	1	94	94	94
Wheat 4	Sietre Cerros T66 (Yr2)	1	94	94	94
Wheat 43	Pronghorn	1	94	94	94
Wheat 44	Bunker	1	94	94	94
Wheat 45	Brevis	1	93	93	93
Wheat 7	YR7/6*AOC	1	92	92	92
<b>Total</b>		<b>39</b>	<b>96,62</b>	<b>92</b>	<b>99</b>

**Grafico 4: Germinación (%) del trigo**

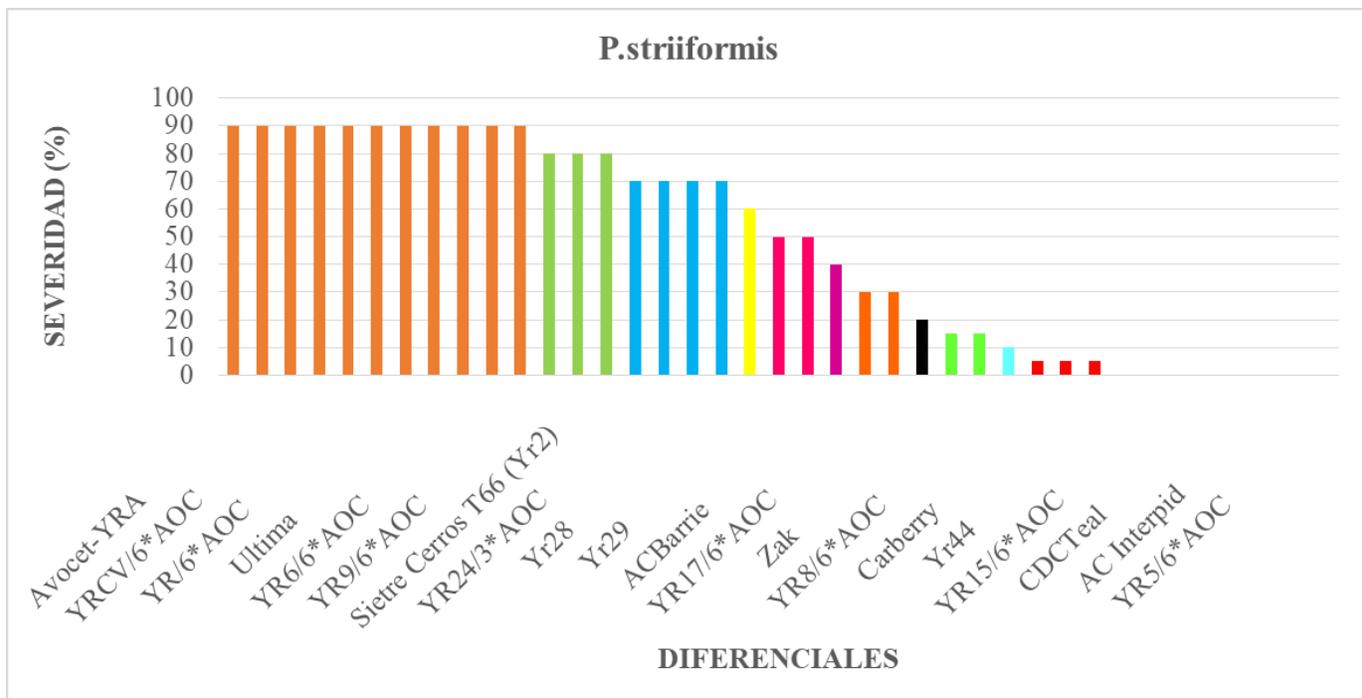
**Análisis:** En la tabla como en el grafico se observa las mejores líneas germinadas de trigo fueron: YR15/6\*AOC, YR18/3\*AOC, YRCV/6\*AOC, Lillian, CDC GO, Carberry, YR/6\*AOC, con un 99%, las 9 líneas restantes alcanzo un 98% de germinación, las 6 líneas alcanzo un 97% de germinación, las 5 líneas logro un 96% de germinación, las 6 líneas restantes alcanzo un 95% de su germinación, las líneas que presentaron menor germinación con un 94% son ACBarrie, Sietre Cerros T66 (Yr2), Pronghorn, Bunker, la línea Brevis con una germinación del 93%, la línea YR7/6\*AOC alcanzó una germinación del 92%, dando un total de 39 líneas de trigo con una media del 96,62% de germinación y un mínimo de 62% de germinación y un máximo del 99% de germinación.

**Tabla 16:** Líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. striiformis*) del trigo

Línea	Nombre de la línea o cultivar	n	Media	Mín	Máx
Wheat 1	Avocet-YRA	1	90	90	90
Wheat 16	YR27/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 18	YRCV/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 27	CDC GO	1	90	90	90
Wheat 3	YR/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 41	AC Certa	1	90	90	90
Wheat 42	Ultima	1	90	90	90
Wheat 43	Pronghorn	1	90	90	90
Wheat 6	YR6/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 7	YR7/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 9	YR9/6*AOC	1	90	90	90
Wheat 2	Avocet+YRA	1	80	80	80
Wheat 4	Sietre Cerros T66 (Yr2)	1	80	80	80
Wheat 44	Bunker	1	80	80	80
Wheat 14	YR24/3*AOC	1	70	70	70
Wheat 15	YR26/3*AOC	1	70	70	70
Wheat 19	Yr28	1	70	70	70
Wheat 21	Yr31	1	70	70	70
Wheat 20	Yr29	1	60	60	60
Wheat 13	YR18/3*AOC	1	50	50	50
Wheat 22	ACBarrie	1	50	50	50
Wheat 31	Yr26/6*Avocet S	1	40	40	40
Wheat 12	YR17/6*AOC	1	30	30	30
Wheat 45	Brevis	1	30	30	30
Wheat 46	Zak	1	20	20	20
Wheat 26	CDC Alsask	1	15	15	15
Wheat 8	YR8/6*AOC	1	15	15	15
Wheat 25	AC Avonlea	1	10	10	10
Wheat 29	Carberry	1	5	5	5
Wheat 30	Produra	1	5	5	5
Wheat 48	Yr44	1	5	5	5
Wheat 10	YR10/6*AOC	1	0	0	0
Wheat 11	YR15/6*AOC	1	0	0	0
Wheat 17	YRSP/6*AOC	1	0	0	0
Wheat 23	CDCTeal	1	0	0	0
Wheat 24	Lillian	1	0	0	0
Wheat 28	AC Interpid	1	0	0	0
Wheat 47	Yr43	1	0	0	0
Wheat 5	YR5/6*AOC	1	0	0	0

<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>47,31</b>	<b>0</b>	<b>90</b>
--------------	-----------	--------------	----------	-----------

**Grafico 5:** Líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. striiformis*) del trigo



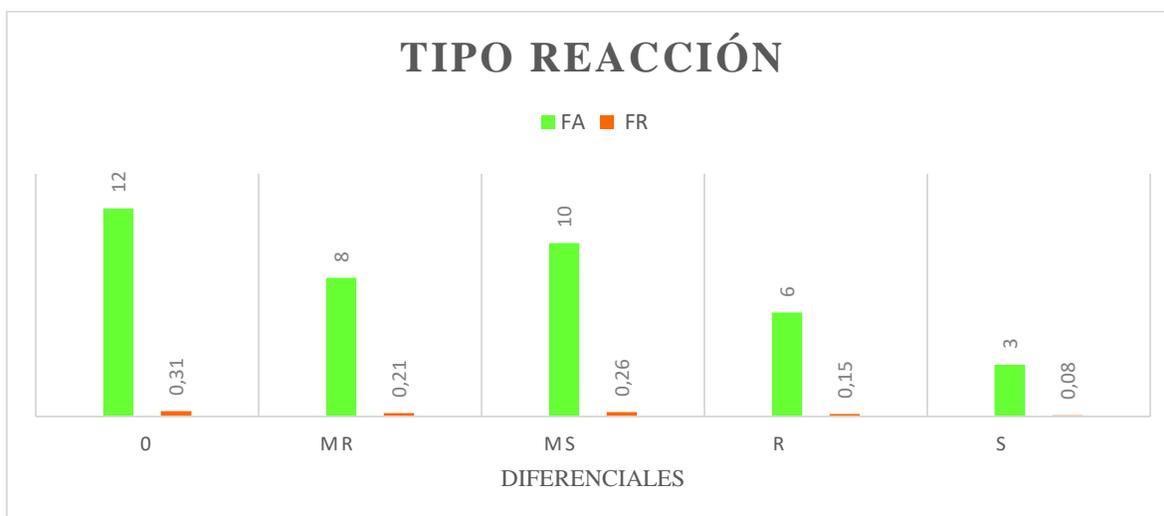
**Análisis y discusión:** En la tabla como en el grafico se observa las 11 líneas que tuvieron presencia de la enfermedad (*P.striiformis*) con alta severidad del 90%, las 3 líneas tuvieron una severidad del 80%, las 4 líneas tuvieron un 70%, la línea Yr29 tuvo un 60% de severidad, las líneas YR18/3\*AOC, ACBarrie tuvieron un 50% de severidad, la línea Yr26/6\*Avocet S se obtuvo un 40% de severidad, las líneas YR17/6\*AOC, Brevis se obtuvo un 30%, la línea Zak tuvo una baja severidad del 20%, las que tuvieron baja severidad son CDC Alsask, YR8/6\*AOC con el 15%, la línea AC Avonlea tuvo una severidad del 10%. (Chen *et al.*, 2020) indica que. La línea diferencial Carberry que porta el gen de resistencia a la roya Yr18+others? es un aristado semienano; Proadura, Yr44 tuvieron un 5% de severidad, las líneas diferenciales que tuvo ausencia de la enfermedad YR10/6\*AOC, YR15/6\*AOC, YRSP/6\*AOC, CDCTeal, Lillian, AC Interpid, Yr43, YR5/6\*AOC porque hay genes presentes en estas líneas, con total de 39 líneas y una media del 47,31 con un mínimo de 0 y un máximo de 90. (Kumar *et al.*, 2012) dice que. Líneas de trigo con genes de resistencia Yr1, Yr5, Yr15 y YrSP fueron resistentes a los 13 patotipos, mientras que las líneas de trigo con los genes Yr10, Yr24 y Yr28 fueron resistentes al 82-92% de los aislamientos. Los

diferenciales YrA , Yr2 , Yr6 , Yr7 , Yr8 , Yr9 , Yr17 , Yr26 , Yr27 , Yr31 y YrCV fueron susceptibles al 71–100 % de los aislamientos.

**Tabla 17:** De frecuencia de Tipo de Reacción de *P.striiformis* del trigo

Clase	Categorías	FA	FR
1	MR	8	0,21
2	MS	10	0,26
3	R	6	0,15
4	S	3	0,08
5	0	12	0,31

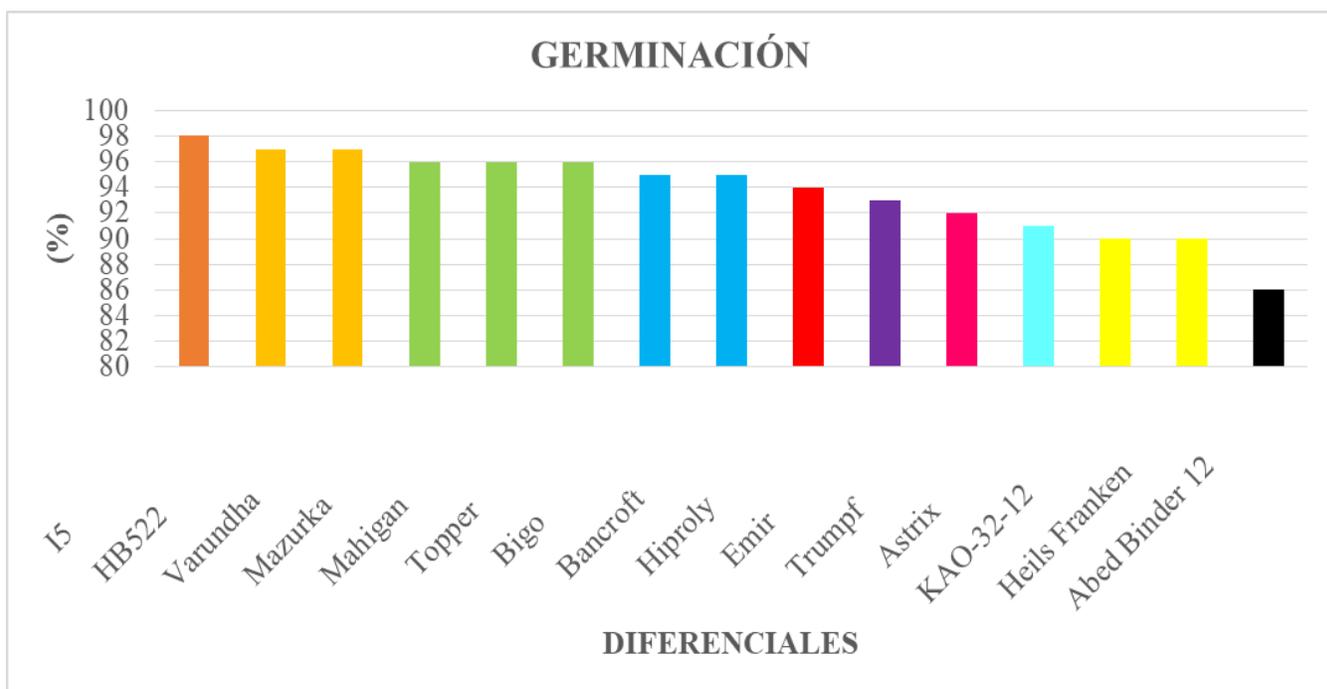
**Grafico 6:** De frecuencia de Tipo de Reacción de *P.striiformis* del trigo



**Análisis:** En la tabla de frecuencia como en el grafico se puede observar el tipo de reacción de la siguiente manera 8 diferenciales son moderadamente resistente con el 0,21 de frecuencia relativa, 10 diferenciales son moderadamente susceptibles con un 0,26 de frecuencia relativa, 6 diferenciales son resistente con el 0,15 de frecuencia relativa, 3 diferenciales son susceptibles con el 0,08 de frecuencia relativa y por último 12 diferenciales no presentan reacción por lo tanto tienen un 0,31 de frecuencia relativa.

**Tabla 18:** Emergencia (%) de Cebada

Línea	Nombre de Línea o Cultivar	n	Media	Mín	Máx
Barley 14	I5	1	98	98	98
Barley 1	HB522	1	97	97	97
Barley 9	Varundha	1	97	97	97
Barley 12	Mazurka	1	96	96	96
Barley 2	Mahigan	1	96	96	96
Barley 3	Topper	1	96	96	96
Barley 13	Bigo	1	95	95	95
Barley 15	Bancroft	1	95	95	95
Barley 8	Hiproly	1	94	94	94
Barley 6	Emir	1	93	93	93
Barley 11	Trumpf	1	92	92	92
Barley 7	Astrix	1	91	91	91
Barley 4	KAO-32-12	1	90	90	90
Barley 5	Heils Franken	1	90	90	90
Barley 10	Abed Binder 12	1	86	86	86
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>93,73</b>	<b>86</b>	<b>98</b>

**Grafico 7:** Emergencia (%) de Cebada

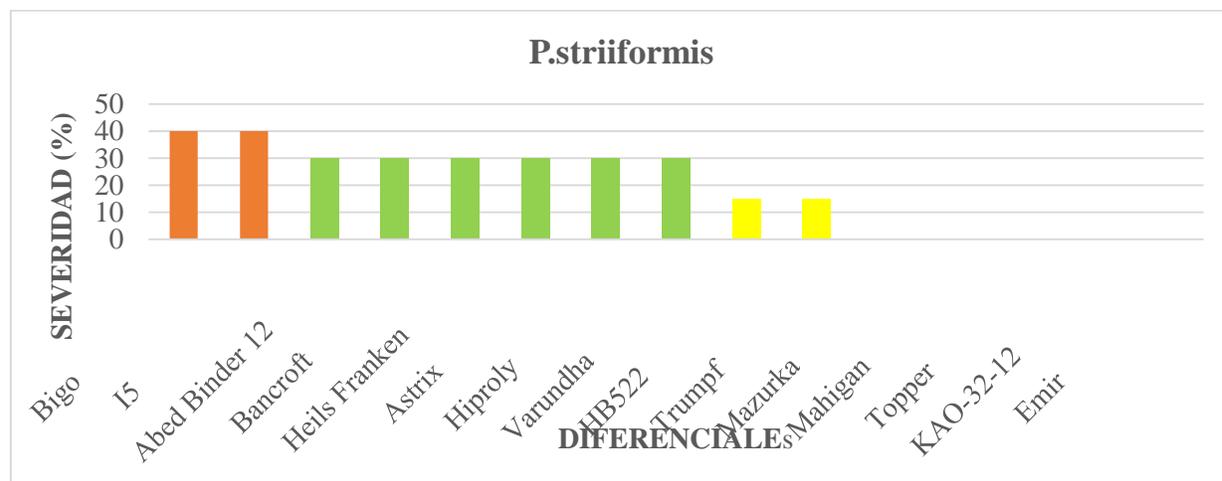
**Análisis:** En la tabla como en el gráfico se puede observar la línea I5 obtuvo una germinación del 98%, las líneas HB522, Varundha obtuvo una germinación del 97%, las siguientes 3 líneas con un 96% de germinación, la línea Hiproly alcanzó una germinación del 94%, la línea Emir alcanzó una germinación del 93%, la línea Trumpf alcanzó una germinación del 92%, la línea Astrix alcanzó un 91% de germinación, las líneas KAO-32-12, Heils Franken

tuvieron el 90% de germinación, la línea Abed Binder 12 es de menor germinación con el 86%, con un total de 15 líneas y una media del 93,73 y un mínimo del 86, y un máximo del 98.

**Tabla 19:** Líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. striiformis*) en Cebada

Línea	Nombre de Línea o Cultivar	n	Media	Mín	Máx
Barley 13	Bigo	1	40	40	40
Barley 14	I5	1	40	40	40
Barley 10	Abed Binder 12	1	30	30	30
Barley 15	Bancroft	1	30	30	30
Barley 5	Heils Franken	1	30	30	30
Barley 7	Astrix	1	30	30	30
Barley 8	Hiproly	1	30	30	30
Barley 9	Varundha	1	30	30	30
Barley 1	HB522	1	15	15	15
Barley 11	Trumpf	1	15	15	15
Barley 12	Mazurka	1	0	0	0
Barley 2	Mahigan	1	0	0	0
Barley 3	Topper	1	0	0	0
Barley 4	KAO-32-12	1	0	0	0
Barley 6	Emir	1	0	0	0
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>19,33</b>	<b>0</b>	<b>40</b>

**Grafico 8:** líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. striiformis*) en Cebada



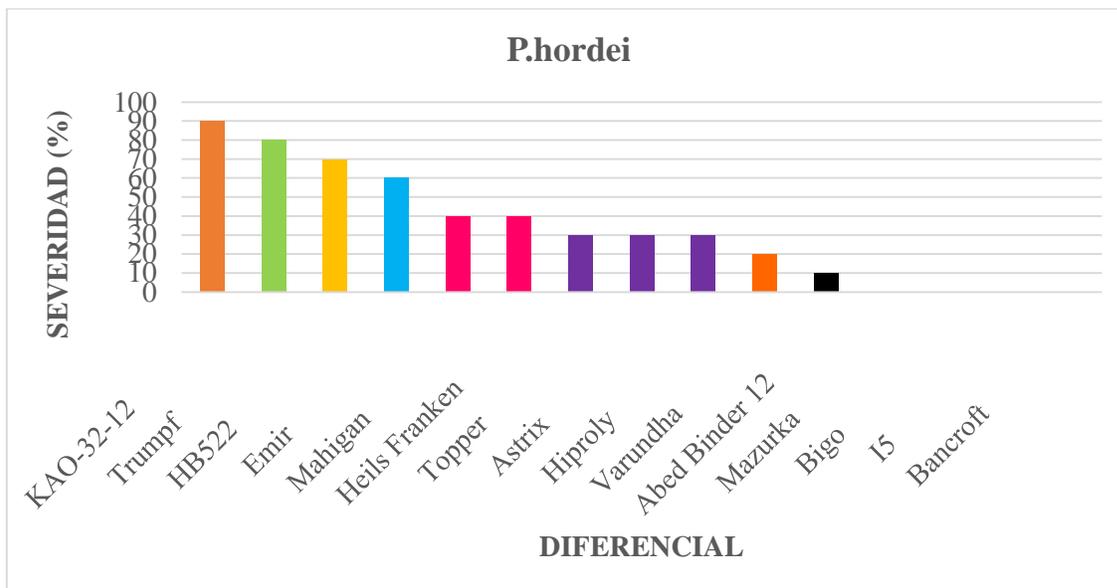
**Análisis y discusión:** En la tabla como en el gráfico se observa las líneas Bigo y I5 tuvieron mayor presencia de enfermedad (*P. striiformis*) en la cebada con alta severidad del 40%, las líneas Abed Binder 12, Bancroft, Heils Franken, Astrix, Hiproly y por último Varundha con

severidad del 30%, las líneas HB522 y Trumpf con severidad del 15%, las líneas con ausencia de la enfermedad fueron las siguientes Mazurka, Mahigan, Topper, KAO-32-12 y Emir, con un total de 15 líneas con media del 19,33 y un mínimo de 0 y un máximo del 40. (X. Chen & Line, 1999) indica que. Las líneas diferenciales como: Astrix, Bigo, Emir, Heils Franken, Hiproly, I5, Mazurka, Trumpf y Varunda tienen resistencia específica a roya amarilla, mientras que Topper y Steptoe son susceptibles a roya amarilla.

**Tabla 20:** líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. hordei*) en Cebada

<b>Línea</b>	<b>Nombre de Línea o Cultivar</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
Barley 4	KAO-32-12	1	90	90	90
Barley 11	Trumpf	1	80	80	80
Barley 1	HB522	1	70	70	70
Barley 6	Emir	1	60	60	60
Barley 2	Mahigan	1	40	40	40
Barley 5	Heils Franken	1	40	40	40
Barley 3	Topper	1	30	30	30
Barley 7	Astrix	1	30	30	30
Barley 8	Hiproly	1	30	30	30
Barley 9	Varundha	1	20	20	20
Barley 10	Abed Binder	1	10	10	10
Barley 12	Mazurka	1	0	0	0
Barley 13	Bigo	1	0	0	0
Barley 14	I5	1	0	0	0
Barley 15	Bancroft	1	0	0	0
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>33,33</b>	<b>0</b>	<b>90</b>

**Grafico 9:** Líneas que presentan resistencia al ataque de la enfermedad roya amarilla (*P. hordei*) en Cebada



**Análisis y discusión:** En la tabla como en el grafico se puede observar la presencia de la enfermedad (*P. hordei*) la línea KAO-32-12 con mayor severidad del 90%, la línea Trumpf con severidad del 80%, la línea HB522 tiene una severidad del 70%, la línea Emir con severidad del 60%, las líneas Mahigan y Heils Franken con severidad del 40%, las líneas Topper, Astrix y Hiproly obtuvieron severidad del 30%, la línea Varundha obtuvo una severidad del 20%, la línea Abed Binder 12 con severidad del 10%, la líneas con ausencia de enfermedad son Mazurka, Bigo, I5 Bancroft, con un total de 15 líneas de cebada con media de 33,33, con un mínimo de 0 y un máximo de 90. (Kumar *et al.*, 2012) dice que. De Psh fueron identificados, con virulencia en dos a ocho diferenciales de cebada, incluidos 'Topper', 'Hiproly', 'Varundha', 'Abed Binder 12', 'Trumpf', 'Mazurka', 'Bigo', 'I5' y 'Bancroft' y avirulento sobre 'Heils Franken', 'Emir' y 'Astrix'.

**Tabla 21:** Fases fenológicas de la avena

FASES FENOLÓGICAS DE AVENA				
EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJE	ENCAÑADO	TOTAL DÍAS
				Total de día del ciclo fenológico de la avena hasta encañado
La emergencia se determinó con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo, a los 8 días después de la siembra	La tercera hoja se determinó a los 20 días después de la germinación	El macollaje se determinó el día 29, después de la siembra, con incremento de hojas y macollos	Se determinó el encañado con aparición del primer nudo en el tallo principal a los 44 días después de la siembra	La fase fenológica de la avena llegó al día 44 después de la siembra

**Análisis:** En la tabla se puede observar las fases fenológicas de la avena, obtenidas fueron las siguientes: a los 8 días se determinó la germinación, a los 20 días la tercera hoja, a los 20 días se determinó el macollaje por último a los 44 días se determinó el encañado hasta ahí son las fases de la avena por que no se adaptó, no se pudo determinar las demás fases. (Merchancano *et al.*, 2022). Indica que. Germinación: hinchamiento de la semilla y germinación a través de la superficie del suelo, al día 1 Desarrollo de la plántula: salida para llegar a ser visible. A los 5 días el Amacollamiento: iniciación y desarrollo de nuevos brotes. A los 37 días Elongación del tallo: los nudos son visibles encima del suelo. A los 48 días Embuchey/o encañado: la panícula se ubica en una vaina de la hoja bandera.

**Tabla 22: Fases fenológicas del trigo**

FASES FENOLÓGICAS DEL TRIGO									
EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJHE	ENCAÑADO	ESPIGA	FLORACIÓN	MADURACIÓN LECHOSA	MADURACIÓN PASTOSA	MADURACIÓN CORNEA	TOTAL
									Total de días del ciclo fenológico de Trigo
La emergencia se determinó con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo, a los 8 días después de la siembra.	La tercera hoja se determinó a los 20 días después de la germinación.	El macollaje se determinó el día 29, después de la siembra, con incremento de hojas y macollos.	Se determinó el encañado a los 44 días después de la siembra.	La aparición de la espiga se determinó el día 69 después de la siembra.	La floración se determinó el día 79 después de la siembra.	Se determinó la maduración lechosa el día 114 después de la siembra.	La maduración pastosa se determinó el día 147 después de la siembra.	Se determinó la maduración cornea a los 171 días después de la siembra.	Total duración de la fase fenológica 171 días.

**Análisis:** En la tabla se puede observar las fases fenológicas del trigo son las siguientes: la germinación se determinó a los 8 días, la tercera hoja se determinó a los 20 días. El macollaje se determinó a los 29 días, el encañado se determinó a los 44 días, el espigamiento se determinó a los 69 días, la floración se determinó a los 79 días, la maduración lechosa se determinó a los 114 días, la maduración pastosa se determinó a los 147 días, la maduración cornea se determinó a los 171 días después de la germinación. (Merchancano *et al.*, 2022) dice que. La fase de antesis es de 46 días. Espigamiento a los 80-90 días. Maduración de grano a los 165 días.

**Tabla 23:** Fases fenológicas de la cebada

FASES FENOLÓGICA DE LA CEBADA									
EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJE	ENCAÑADO	ESPIGA	FLORACIÓN	MADURACIÓN LECHOSA	MADURACIÓN PASTOSA	MADURACIÓN CORNEA	TOTAL DEL CICLO FENOLOGICO DE CEBADA
									TOTAL DEL CICLO FENOLOGICO DE CEBADA
La emergencia se determinó con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo, a los 8 días después de la siembra.	La tercera hoja se determinó a los 20 días después de la germinación.	El macollaje se determinó el día 29, después de la siembra, con incremento de hojas y macollos.	Se determinó el encañado con aparición del primer nudo en el tallo principal a los 44 días después de la siembra.	La aparición de la espiga se determinó el día 69 después de la siembra.	La floración se determinó el día 76 después de la siembra.	Se determinó la maduración lechosa el día 96 después de la siembra.	La maduración pastosa se determinó el día 114 después de la siembra.	Se determinó la maduración cornea a los 147 días después de la siembra.	Total duración de la fase fenológicas es de 147 días.

**Análisis:** En la tabla se puede observar las fases fenológicas de la cebada que son las siguientes la germinación se dio a los 8 días, la tercera hoja se determinó a los 20 días, el macollaje se determinó a los 29 días, el encañado se determinó a los 44 días, el espigamiento se determinó a los 69 días, la floración se determinó a los 76 días, la maduración lechosa a los 96 días, la maduración pastosa 114 días, la maduración cornea se determinó a los 147 días. (Nájera *et al.*, 2016) dice que. En la fase grano lechoso fue a los 92 días, en la fase grano pastoso los fue a los 106 días, en la etapa grano maduro 118, respectivamente.

**Tabla 24:** Comparación de diferencias en días, precoces o tardías de fase final de cereales

<b>CICLOS FENOLÓGICAS DE CEREALES</b>			
<b>CULTIVO</b>	<b>AVENA</b>	<b>TRIGO</b>	<b>CEBADA</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Ciclo fenológico de cereales obtenido del trabajo de investigación	44 días hasta a la fase de encañado.	171 días fase final de maduración cornea.	147 días a la fase final de maduración cornea.
Ciclo fenológico de cereales obtenido de Fundamentación científica teórica.	48 días hasta la fase de encañado.	165 días fase final de maduración cornea.	118 días fase final de maduración cornea.
Diferencia en días	Menos 4 días, es decir las líneas diferenciales de avena son más precoces que las variedades productivas	Las líneas diferenciales de trigo presentaron un ciclo mayor en 6 días	Las líneas diferenciales de cebada se alargó el ciclo en 29 días comparado a la literatura

### 13 PRESUPUESTO

Materiales e Insumo		Presupuesto	
Cantidad	Descripción	Precio Unitario USD	Precio total USD
4	Canecas	1,15	4,6
1	Rollo de alambre de 100 m	60	5,45
25	Refrigerio	33	3
1	Balde de jugo	5,00	0,45
1	Piola	2	2
106	Estacas	0,10	10,60
3	Tiras	0,50	1,50
1	Tabla de apoyo para apuntes	2	2
3	Tablas triplex	0,50	1,50
3	Impresiones de hojas para el rotulado	0,34	1,02
3	Cubre hoja grueso	0,50	1,50
3	Metros de papel contac	0,67	2,01
11	Hojas cortadas con los números, código y gen	0,05	0,55
11	Hojas impresas con los números, código y gen	0,05	0,55
14	Hojas impresas con los números, código y gen	0,05	0,70
1	Galón de gaseosa	2,5	2,50
2	Mano de obra	10	20
2	Tijera	0,50	1,00
2	Cintas métricas	1,25	2,50
3	Paquetes fundas de papel numero 3	0,6	1,8
1	Paquete fundas de papel kraft	2,25	2,25
1	Regla	0,75	0,75
1	Sacapuntas de metal	0,30	0,30
1	Borrador suave 3201_A (4B)	0,45	0,45
4	Cinta scotch	0,25	1
1	Balanza digital gramera	10	10
2	Pilas	0,55	1,10
2	Palos de escoba	1	2
1	Lápiz hb	0,75	0,75
2	Marcador	0,80	1,6
1	Borrador	0,30	0,30
3	Papelote blanco	0,25	0,75

**Continuación...**

3	Cintas masking	1	3
4	Hojas impresas con los números, código y gen	0,05	0,2
21	Costales	0,25	5,25
1	Cesta de plástico Rixim	3	3
2	refrigerios	1,4	2,8
100g	ligas blancas master	1,25	1,25
1	Trilladora	2,5	50
	Insumo de laboratorio	70	70
	<b>TOTAL (USD)</b>	<b>217,86</b>	<b>100,74</b>

## 14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.29 Conclusiones

- ✓ Se concluye que las 52 líneas diferenciales de avena, en las condiciones ambientales de Salache, hasta la fase fenológica de encañado no presento incidencia al ataque de roya de la hoja (*Puccinia coronata*) y no se evaluó el ciclo completo porque ninguna línea diferenciales sobre vivió en estas condiciones.
- ✓ Se concluye en las líneas diferenciales analizadas de trigo que no presentan roya amarilla en las siguientes líneas: YR10/6\*AOC, YR15/6\*AOC, YRSP/6\*AOC, CDCTeal, Lillian, AC Interpid, Yr43, YR5/6\*AOC, porque hay presencia de genes resistentes al ataque de roya amarilla, tales como: Yr10, Yr15, Yrsp, Yr18 (APR), Yr18, Yr36, Yr30?, Yr43, Yr5. Las líneas diferenciales de cebada con ausencia de enfermedad son: Mazurka, Bigo, I5 Bancroft, ya que se mantienen el gen de resistencia son: rps1.c, rps1.b, Rps3.rpsI5 a roya amarilla en las condiciones ambientales del Campus Salache UTC.
- ✓ El ciclo fenológico de los cereales bajos las condiciones ambientales del campus Salache, son para avena 44 días hasta la fase de encañado, trigo a la fase final de maduración cornea con 171 días y la cebada alcanzo a su etapa final de maduración cornea con 147 días después de la germinación.

### 14.30 Recomendaciones

- ✓ Evaluar en distintos sectores de Cotopaxi y épocas del año, las 52 líneas diferenciales de avena ya que no se adaptaron a las condiciones ambientales del campus Salache.
- ✓ Se recomienda que sigan haciendo más evaluaciones con estas líneas a ver si se mantiene o se rompe los genes de resistencia de las siguientes líneas diferenciales de trigo que presentaron resistencia a roya amarilla (YR10/6\*AOC, YR15/6\*AOC, YRSP/6\*AOC, CDCTeal, Lillian, AC Interpid, Yr43, YR5/6\*AOC) y líneas diferenciales de cebada (Mazurka, Bigo, I5 Bancroft) respectivamente.

## 15 BIBLIOGRAFÍA

Andrade Recalde, D. E. (2020). “*CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICAS DE NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA MALTERA (Hordeum vulgare L.) APLICANDO MÉTODOS TRADICIONALES.*”  
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/13053/4/UDLA-EC-TIAG-2020-33.pdf>

Antonio Mejía, A. J., & Iturralde Cadena, N. (2020). *ELABORACIÓN DE UNA GALLETA A PARTIR DE HARINA DE HABA (Vicia faba), TRIGO (Triticum) Y ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza).*  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MEJÍA ALEJANDRO JOEL ANTONIO.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MEJÍA_ALEJANDRO_JOEL_ANTONIO.pdf)

Aroni Quintanilla, Y. R. (2016). *·EFECTO DE TRES VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA ASOCIADAS CON Vicia sativa SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y QUÍMICOS EN DOS TIPOS DE SIEMBRA*". <https://1library.co/document/q0514ely-efecto-variedades-forrajera-asociadas-parametros-productivos-quimicos-siembra.html>

Ayo Simbaña, M. R. (2015). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA AMARILLA (Puccinia striiformis f. sp. hordei) Y ROYA DE LA HOJA (Puccinia hordei) EN EL GERMOPLASMA PROMISORIO DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) DEL INIAP EN DOS LOCALIDADES. PICHINCHA.* <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4539/1/T-UCE-0004-5.pdf>

Benalcazar Teran, D. I. (2010). *INTRODUCCION Y EVALUACION AGRONOMICA DE 7 CULTIVARES Y 2 LIENAS PROMISORIAS DE*

*TRIGO (Triticum Vulgare L.) EN 3 LOCALIDADE DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.*

[http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/664/1/13T0687 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/664/1/13T0687.pdf)

Brown Jr, W. M., Hill, J. P., & Velasco, V. R. (2001). la ROYA amarilla DE la cebada EN AMÉRICA del N ORTE. *ANNUAL REVIEWS*, 39(Annu. Rev.), 367–384.

<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.phyto.39.1.367?download=true>

Burbano Figueroa, Ó. (2020). Resistencia de plantas a patógenos: una revisión sobre los conceptos de resistencia vertical y horizontal. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(3), 245–255.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754120300328>

Chen, H., Nguyen, K., Iqbal, M., Beres, B., Hucl, P., & Spaner, D. (2020). El desempeño de las mezclas de cultivares de trigo de primavera bajo manejo convencional y orgánico en el oeste de Canadá. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1), e20003.

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agg2.20003>

Chen, X., & Line, R. F. (1999). Genes recesivos de resistencia a *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* en cebada. *Fitopatologia*, 89(3), 226–232.

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PHYTO.1999.89.3.226>

Danna, C. H. (2002). *Caracterización molecular y fisiológica de una mutante por delección de la región distal del cromosoma 6BL de Triticum aestivum.*

<http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/tesis/archivos/CristianDanna.pdf>

Díaz Villamil, P. (2018). *EVALUACION DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y VALOR NUTRICIONAL DE LA AVENA FORRAJERA (avena sativa) EN DOS ESTADOS DE MADURACIÓN DIFERENTES, EN LA VEREDA EL GAITAL DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.*  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25588/mpsedanoq.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Explorer, E. (2018). *El mal de alturas o soroche, cómo reconocerlo y tratarlo – Otras enfermedades de las que hay que cuidarse en Ecuador.* Mal de Altura y Otras Enfermedades En Ecuador.  
<https://www.ecuadorexplorer.com/es/html/mal-de-altura-y-otras-enfermedades.html>

Falconí-Castillo, E., Monar B., C., Rivadeneira, M., Ponce, L., Garófalo, J., & Abad G., S. (2010). *INIAP-Guaranga 2010: Nueva variedad de cebada para la provincia de Bolívar.* Plegable N°.330.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2636/1/iniapscpl330.pdf>

Formento, A. N., & Kuttel, W. D. (2021). Comportamiento de cultivares comerciales de avena a la roya de la hoja (*Puccinia coronata*) en el año 2021 en INTA EEA Paraná. *Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Departamento Producción, INTA,* 64–68.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/11520/INTA\\_CREntreRios\\_EEAParana\\_Formento\\_AN\\_Comportamiento\\_cultivares\\_comerciales\\_avena\\_roya\\_hoja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/11520/INTA_CREntreRios_EEAParana_Formento_AN_Comportamiento_cultivares_comerciales_avena_roya_hoja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Fuentes Blanco, R., Diaz Cuello, J. L., Arrieta Abad, C., & Araque, B. (2017). *GENETICA DE LA RESISTENCIA DE LAS PLANTAS A FACTORES BIOTICOS: BACTERIAS, HONGOS, NEMATODOS, VIRUS, INSECTOS*

Y PLAGAS. [UNIVERSIDAD DE CORDOBA].

[https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Blanco-](https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Blanco-Fuentes/publication/321475433_Genetica_de_la_resistencia_de_las_plantas_a_factores_bioticos_un_informe/links/5a33246d0f7e9b2a287570a1/Genetica-de-la-resistencia-de-las-plantas-a-factores-bioticos-un-inform)

[Fuentes/publication/321475433\\_Genetica\\_de\\_la\\_resistencia\\_de\\_las\\_plantas\\_a\\_factores\\_bioticos\\_un\\_informe/links/5a33246d0f7e9b2a287570a1/Genetica-de-la-resistencia-de-las-plantas-a-factores-bioticos-un-inform](https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Blanco-Fuentes/publication/321475433_Genetica_de_la_resistencia_de_las_plantas_a_factores_bioticos_un_informe/links/5a33246d0f7e9b2a287570a1/Genetica-de-la-resistencia-de-las-plantas-a-factores-bioticos-un-inform)

Gamiño Ramos, F. (2013). Maíz, trigo y arroz. In *Los cereales que alimentan al mundo* (pp. 49–62). <http://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>

García Zeas, D. L., & Maguana Zhindón, J. V. (2015). “OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AVENA (*Avena sativa* L. VARIEDAD INIAP82) BAJO TRES NIVELES DE ENCALADO EN LA GRANJA IRQUIS”. <https://core.ac.uk/download/pdf/38669453.pdf>

Garófalo, J., Molina Ponce, L., & Abad, S. (2011). Guía del Cultivo de Trigo. In *Estacion Experimental Santa Catalina- INIAP* (p. 7). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/381/4/iniapscbd411.pdf>

Garrido Paredes, B. A. (2017). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CEBADA MALTERA (*Hordeum vulgare* L.) EN TUNSHI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8177/1/13T0856.pdf>

Goñi, J., & Iturri, A. C. (2020). Nuevas variedades de cereal. *Navarra Agraria*, 242(0), 10–28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7653449>

González Canencia, E. D. (2021). *Determinación de los parámetros productivos, valor nutricional y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación Avena sativa L. - Brassica napus var Napus L. en*

*tres etapas fenologica de corte.*

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26763/1/T-IASA-I-004371.pdf>

González González, M., Zamora Díaz, M., Huerta Zurita, R., & Solano Hernández, S. (2013). Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1237–1250. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i8.1136>

Google Earth. (2016). *Google Earth*. Google Earth.

[https://earth.google.com/web/search/UTC+Caren,+Salache,+Latacunga/@-0.9995452,-](https://earth.google.com/web/search/UTC+Caren,+Salache,+Latacunga/@-0.9995452,-78.6233779,2728.83221725a,1056.36238658d,35y,173.63039388h,45t,0r/data=CogBG14SWAolMHg5MWQ0NjMwZmQ2MjJkNzc3OjB4Yzc3ODM1YzVkNjY0ZjViNBn_9Rs3RvzvvyElY2ts5adTwCodVVRDIENhcmVuLCBTY)

[78.6233779,2728.83221725a,1056.36238658d,35y,173.63039388h,45t,0r/data=CogBG14SWAolMHg5MWQ0NjMwZmQ2MjJkNzc3OjB4Yzc3ODM1YzVkNjY0ZjViNBn\\_9Rs3RvzvvyElY2ts5adTwCodVVRDIENhcmVuLCBTY](https://earth.google.com/web/search/UTC+Caren,+Salache,+Latacunga/@-0.9995452,-78.6233779,2728.83221725a,1056.36238658d,35y,173.63039388h,45t,0r/data=CogBG14SWAolMHg5MWQ0NjMwZmQ2MjJkNzc3OjB4Yzc3ODM1YzVkNjY0ZjViNBn_9Rs3RvzvvyElY2ts5adTwCodVVRDIENhcmVuLCBTY)

Infante Martínez, K. (2016). “EVALUACION AGRONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 64 LÍNEAS DOBLE HAPLOIDES DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) A 2750 msnm. AYACUCHO.” In *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA*.

[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3243/1/TESIS-AG1230\\_Mar.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3243/1/TESIS-AG1230_Mar.pdf)

INIAP. (2014). *Cebada*. Desarrollado Por INIAP.

<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rcebada>

Kumar, K., Holtz, M. D., Xi, K., Turkington, & T, K. (2012). Virulencia de

*Puccinia striiformis* en trigo y cebada en el centro de Alberta. *Canadiense de Patología Vegetal*, 34(4), 551–561.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07060661.2012.722130>

Layme Escobar, B. (2013). “*EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO DE CULTIVARES Y LÍNEAS DE CEBADA (Hordeum vulgare L) EN PAUCARÁ - ACOBAMBA - HUANCAMELICA*”.  
[http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/141/TP - UNH AGRON.0025.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/141/TP_UNH_AGRON.0025.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Marquez Carrillo, M. E. (2014). *CARACTERIZACIÓN MOLEVULAR DE 297 GENOTIPOS DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.) PROVENIENTE DEL CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO E INFERENCIA DE SU ESTRUCTURA GENÉTICA*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7989/1/T-ESPE-047648.pdf>

Mejía Cevallos, E. H. (2021). “*EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BACTERIAS DIAZÓTROFAS EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO (Triticum aestivum L.) CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA*.”  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10952/2/03 AGP 283 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10952/2/03_AGP_283_TRABAJO_GRADO.pdf)

Mellado, M., Matus, I., & Madariaga, R. (1994). EVOLUCION E IMPORTANCIA DE LA ROYA AMARILLA Y COLORADA DE LA HOJA EN LA VARIEDAD DE TRIGO NOBO-INIA. *AGRICULTURA TECNICA (CHILE)*, 54(3), 2–5.  
[https://oes.chileanjar.cl/files/V54I3A02\\_es.pdf](https://oes.chileanjar.cl/files/V54I3A02_es.pdf)

Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R., & Iglesias, L. (2001). EL CULTIVO DEL TRIGO. ALGUNOS RESULTADOS DE SU PRODUCCIÓN EN CUBA. *Cultivo Tropicales*, 22(Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba), 57–58.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>

Morocho Morocho, J. B. (2021). “*EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA VICIA (Vicia sativa L.) Y AVENA (Avena sativa L.) EN EL SUELO EROSIONADO, CON BASE DE TRES ABONOS ORGÁNICOS A DIFERENTES DOSIS EN EL SECTOR SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.*”  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8010/1/PC-002121.pdf>

Nájera, M. de J. F., Gutiérrez, R. A. S., Echavarría, F. G., Cháirez, Ramón Gutiérrez Luna, C. A. R. N., & González, H. S. (2016). Producción y calidad de forraje en mezclas de veza común con cebada, avena y triticale en cuatro etapas fenológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 275–291. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v7n3/2448-6698-rmcp-7-03-00275.pdf>

Nazareno, E. S., Li, F., Smith, M., F, parque robert, Kianian, S. F., & Figueroa, M. (2017). Puccinia coronata f. sp. avenae: una amenaza para la producción mundial de avena. *Patología Molecular de Plantas*, 19(5), 1047–1060.  
<https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mpp.12608>

Noroña, P., Ponce Molina, L., Campaña, D., & Garófalo, J. (2019). Actividades de Investigación en Cereales. In *Programa de Cereales Estación Experimental Santa Catalina Instituto Nacional de Investigaciones*

*Agropecuarias* (p. 51). file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Boletin No 175 Avances Investigación Cebada Año 2019 (2).pdf

Pilataxi Quinga, M. C. (2013a). *EVALUACIÓN DE SIETE VARIEDADES DE TRIGO (Triticum aestivum L.) CON TRES TIPO DE MANEJO NUTRICIONAL, A 2789 m.s.n.m CONOCOTO-QUITO*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6051/1/UPS-YT00267.pdf>

Pilataxi Quinga, M. C. (2013b). *EVALUCACION DE IETE VARIEDADES DE TRIGO (Trtucum aestivum L.) CON TRES TIPOS DE MANEJO NUTRICIONAL, A 2789 msnm CONOCOTO-QUITO 2012*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6051/1/UPS-YT00267.pdf>

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*.  
 file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Manual Parámetros de Evaluación Cereales DIGITAL.pdf

Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz, E. (2019). La cebada (*Hordeum vulgare L.*): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. In *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (Issue 116).  
[https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual\\_116\\_La\\_cebada.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual_116_La_cebada.pdf)

Prescott, J. M., Burnett, P. A., Saari, E. E., Ransom, J., Bowman, J., Milliano, W. de, & Singh, R. P. (1986). Enfermedades y plagas del trigo, Guía para su identificación en el campo. In *CIMMYT* (p. 5).  
<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1110/13397>.

pdf

Quino Vargas, R. (2016). *EFEECTO DE DOS CONCENTRACIONES DE BIOL EN CUATRO FASES FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) EN EL ALTIPLANO NORTE.*  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9253/T-2273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quispe Medina, E. R. (2014). EVALUACIÓN DE SECUENCIAS DEL GEN ITS DE ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f. sp. hordei) MONOPUSTULAR EN CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata*). In *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL. DE HUAMANGA.*  
[http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP\\_AGRO\\_00662\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivadeneira, M., Chicaiza, O., Coronel, J., Ponce, L., Paredes, F., & Abad, S. (2002). *INFORMACION TECNICA DE LAS VARIETADES DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) INIAP-CAÑARI 2003 E INIAP-QUILOTOA 2003, PARA LA SIERRA CENTRO-NORTE.* INIAP -Estación Experimental Santa Catalina.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2814/1/iniapsc298cdi.pdf>

Roelfs, A. P. (1992). *Las royas del trigo: Conceptos y metodos para el manejo de esas enfermedades.*  
[https://books.google.com.ec/books?id=1Nw6TIE0sHwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=1Nw6TIE0sHwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Rojas Guimac, W. (2019). *“ADAPTABILIDAD DE TRES VARIETADES DE*

*AVENA FORRAJERA (Avena sativa L.), EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA, PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, EN EL DISTRITO SONCHE, AMAZONAS.*

[https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1699/Gui mac Rojas Wilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1699/Gui_mac_Rojas_Wilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rosero Merchancano, J. D., Castro Rincón, E., Hernández Oviedo, F., Portillo López, P. A., & Cadena Pastrana, Á. M. (2022). Cultivo y ensilaje de avena (*Avena sativa* L.) en el trópico alto del departamento de Nariño. In *Colección Transformación del Agro* (pp. 11–90). [https://www.mapimap.com/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37107/Ver\\_Documento\\_37107.pdf?sequence=5](https://www.mapimap.com/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37107/Ver_Documento_37107.pdf?sequence=5)

Salvador, C. (2015). Cuéntame cebada. In *Fundación Empresas Polar*. <https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1280184/cebada.pdf>

Sandoval-Islas, J., M.-Broers, L. H., & Osada-Kawasoe, S. (2002). EFECTO DE LA TEMPERATURA DE POSTINFECCIÓN EN EL PERIODO LATENTE Y SEVERIDAD DE *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* EN CEBADA. *Agrociencia*, 36(2), 223–231. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/176-Texto del artículo-176-1-10-20180808.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/176-Texto%20del%20articulo-176-1-10-20180808.pdf)

Sierra Cuba, N. (2021). *DESCRIPCION FENOTIPICA DE 100 LINEAS DE TRIGO HARINERO (Triticum aestivum L.) Y LA RESPUESTA A CUATRO RAZAS DE ROYA AMARILLA (Puccinia striiformis west f.sp. tritici) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL AFRARIA ANDENES-CUSCO.* [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5915/253 T20210200\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5915/253_T20210200_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *AGRONOMÍA COSTARRICENSE*, 34(0), 1. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242010000100003](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100003)
- Villarreal Ruiz, M. (2000). *Efecto de la Producción del Trigo (*Triticum aestivum* L) en el Mundo, México y en la Región 5 Manantiales*. [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1183/EFFECTOS DE LA PRODUCCION DEL TRIGO %28Triticum aestivum L.%29 EN EL MUNDO%2C MEXICO Y EN LA REGION 5 MANANTIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1183/EFFECTOS%20DE%20LA%20PRODUCCION%20DEL%20TRIGO%20Triticum%20aestivum%20L.%29%20EN%20EL%20MUNDO%2C%20MEXICO%20Y%20EN%20LA%20REGION%205%20MANANTIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zillinsky, F. J. (1984). Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Royas*, 11–18. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1105/13166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

16 ANEXOS

Anexo I: Análisis de suelo



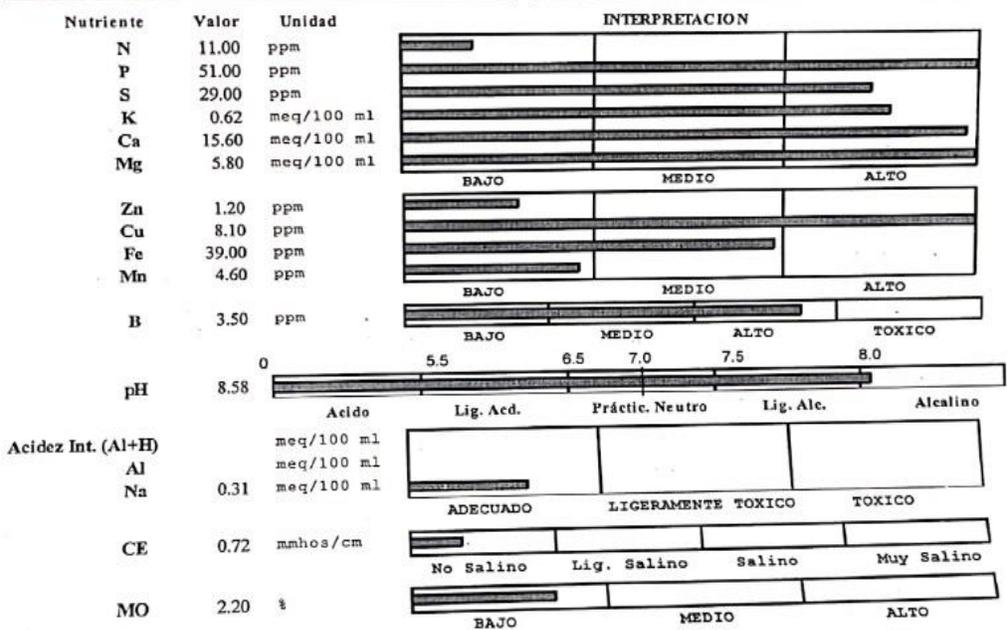
**INIAP**  
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-698



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : ADALIZ CACHAGO Dirección : LATACUNGA Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : HCDA. SALACHE Provincia : COTOPAXI Cantón : LATACUNGA Parroquia : Ubicación :</p>
<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL LOTE</b></p> <p>Cultivo Actual : KIKUYO Cultivo Anterior : KIKUYO Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : PARTE BAJA</p>	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>N° Reporte : 31.263 N° Muestra Lab. : 93523 Fecha de Muestreo : 09/07/2013 Fecha de Ingreso : 10/07/2013 Fecha de Salida : 22/07/2013</p>



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	%			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2,7	9,4	34,5	22,3						

*[Signature]*  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

*[Signature]*  
**LABORATORISTA**

*Anexo 2: Preparación del terreno, maquinaria y manual*

N° Surc	Línea	Nombre de la línea o cultivar	gen (s) conocidos o sospechos	Emerg (%)	P.striiformis (Sev%) E	P.striiformis (TR) E
1	Wheat 1	Avocet-YRA	Null	97	90	MS
2	Wheat 2	Avocet+YRA	YrA	96	80	MS
3	Wheat 3	YR/6*AOC	Yr1	99	90	S
4	Wheat 4	Sietre Cerros T66 (Yr2)	Yr2	94	80	MS
5	Wheat 5	YR5/6*AOC	Yr5	95	0	0
6	Wheat 6	YR6/6*AOC	Yr6	98	90	MS
7	Wheat 7	YR7/6*AOC	Yr7	92	90	MS
8	Wheat 8	YR8/6*AOC	Yr8	95	15	MR
9	Wheat 9	YR9/6*AOC	Yr9	95	90	MR
10	Wheat 10	YR10/6*AOC	Yr10	98	0	0
11	Wheat 11	YR15/6*AOC	Yr15	99	0	0
12	Wheat 12	YR17/6*AOC	Yr17	98	30	MS
13	Wheat 13	YR18/3*AOC		99	50	MR
14	Wheat 14	YR24/3*AOC		98	70	MR
15	Wheat 15	YR26/3*AOC		96	70	R
16	Wheat 16	YR27/6*AOC	Yr27	96	90	MR
17	Wheat 17	YRSP/6*AOC	YrSP	97	0	0
18	Wheat 18	YRCV/6*AOC	Yr32	99	90	MR
19	Wheat 19	Yr28	Yr28	96	70	R
20	Wheat 20	Yr29	Yr29(APR)	98	60	MR
21	Wheat 21	Yr31	Yr31	97	70	0
22	Wheat 22	ACBarrie	Desconocido	94	50	MR
23	Wheat 23	CDCTeal	Yr18(APR)	97	0	0
24	Wheat 24	Lillian	Yr18, Yr36, Yr30?	99	0	0
25	Wheat 25	AC Avonlea	Desconocido	97	10	0

**Continuación...**

26	Wheat 26	CDC Alsask	Yr18(APR)	96	15	R
27	Wheat 27	CDC GO	Yr29(APR)	99	90	MS
28	Wheat 28	AC Interpid	Desconocido	97	0	0
29	Wheat 29	Carberry	Yr18+ others?	99	5	R
30	Wheat 30	Produra	YrPr1, YrPr2	98	5	R
31	Wheat 31	Yr26/6*Avocet S	Yr26/YrUnk	95	40	R
32	Wheat 41	AC Certa		95	90	S
33	Wheat 42	Ultima		95	90	S
34	Wheat 43	Pronghorn		94	90	MS
35	Wheat 44	Bunker		94	80	MS
36	Wheat 45	Brevis		93	30	MS
37	Wheat 46	Zak		98	20	0
38	Wheat 47	Yr43		98	0	0
39	Wheat 48	Yr44		98	5	0

*Anexo 3: Libro de campo Cebada*

Nº Surco	Línea	Nombre de Línea o Cultivar	R gen(S) conocidos o sospechosos	Emerg (%)	Espig (Días)	P.striiformis	P. hordei
1	Barley 1	HB522	Desconocido	97	66	15	70
2	Barley 2	Mahigan	Desconocido	96	66	0	40
3	Barley 3	Topper	Nula	96	66	0	30
4	Barley 4	KAO-32-12	Desconocido	90	84	0	90
5	Barley 5	Heils Franken	Rps4, rpsHF	90	66	30	40
6	Barley 6	Emir	rpsEm1, rpsEm2	93	66	0	60
7	Barley 7	Astrix	Rps4, rpsAst	91	71	30	30
8	Barley 8	Hiproly	rpsHi1, rpsHi2	94	62	30	30
9	Barley 9	Varundha	rpsVa1, rpsVa2	97	71	30	20
10	Barley 10	Abed Binder 12	rps2	86	84	30	10
11	Barley 11	Trumpf	rpsTr1, rpsTr2	92	62	15	80
12	Barley 12	Mazurka	rps1.c	96	66	0	0
13	Barley 13	Bigo	rps1.b	95	80	40	0
14	Barley 14	I5	Rps3.rpsI5	98	80	40	0
15	Barley 15	Bancroft		95	56	30	0

*Anexo 4: Preparación de terreno*



*Anexo 5: Señalización de la investigación*



*Anexo 6: Sembradora estacionaria*



*Anexo 7: Siembra manual*



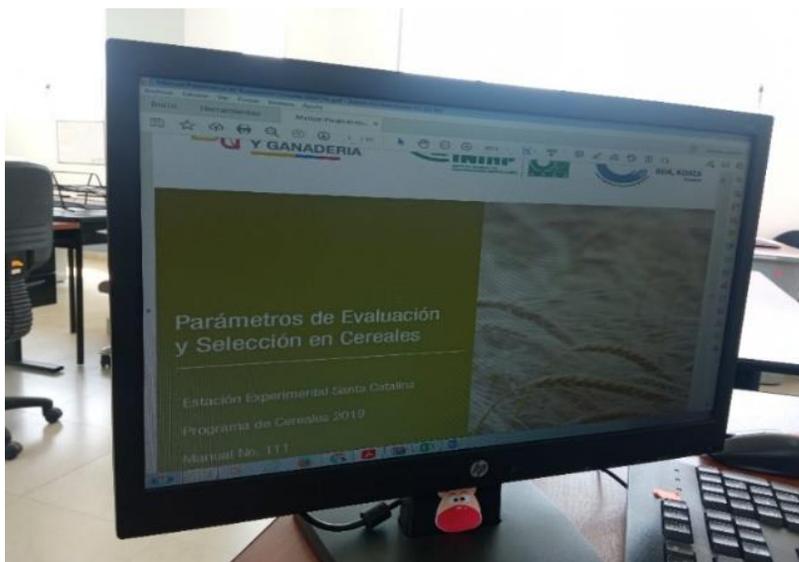
*Anexo 8: Cercado del terreno de la investigación*



*Anexo 9: Germinación de los cultivos*



*Anexo 10: Indicaciones de parámetros de evaluación y selección de cereales*



*Anexo 11: Visita al campo*



*Anexo 12: Control de malezas*



*Anexo 13: Riego de cereales*



*Anexo 14: Señalización de la investigación*



**Anexo 15:** *Enfermedades roya de cereales*



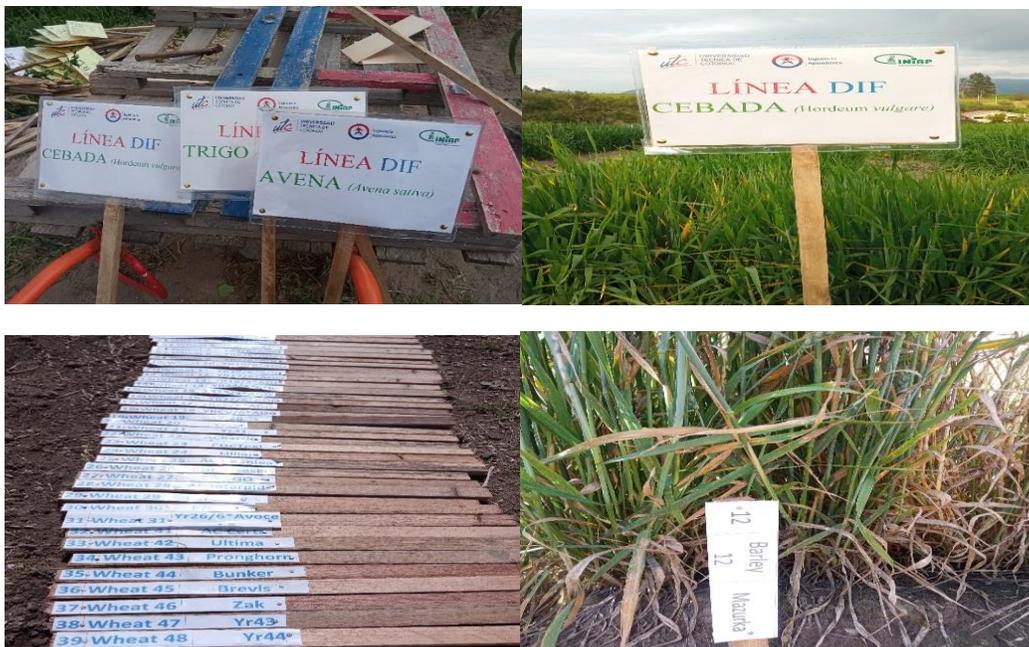
**Anexo 16:** *Conferencia "parámetros de evaluación y selección de cereales con los técnicos del INIAP"*



**Anexo 17:** Evaluación de vigor, habito, días al espigamiento de los cultivos de acuerdo a la escala de Zadoks



**Anexo 18:** Colocación de etiquetas en las líneas diferenciales de, avena, trigo y cebada



**Anexo 19:** Colocación de UREA, en las líneas diferenciales de los cultivos



**Anexo 20:** Colocación de cartel



**Anexo 21:** Días al espigamiento, floración de trigo y cebada



**Anexo 22:** *Evaluación participativa, de agricultores de la Asociación de Mujeres Emprendedoras Locoá Santa Marianita, docentes y estudiantes de la universidad*



**Anexo 23:** *Evaluación de royas en cereales por los técnicos del INIAP*



**Anexo 24: Cosecha de las 15 líneas de cebada**



**Anexo 25: Toma de datos como: altura total, tamaño de espiga, número de granos, peso por espiga, de las líneas de cebada de las 10 espigas al azar**



Altura

Tamaño espiga



Numero de granos



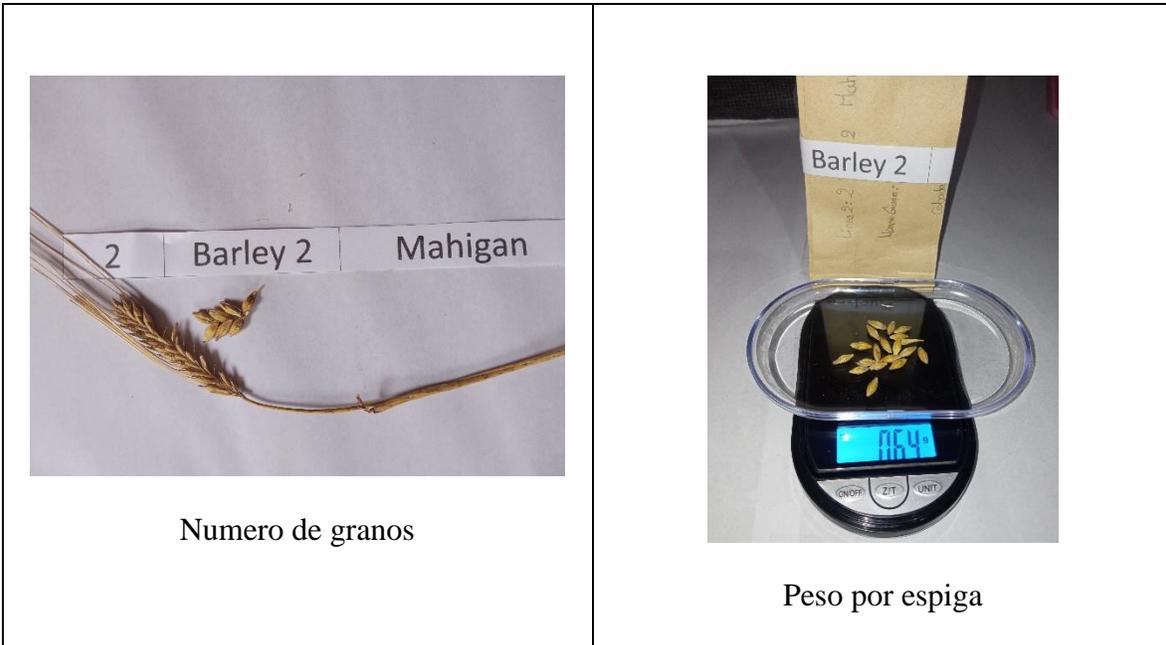
Peso por espiga



Altura



Tamaño espiga



**Anexo 26:** *Trilla en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), de las 15 líneas diferenciales de cebada*





*Anexo 27: Se dejó secar bajo el invernadero de Programa de Cereales*



*Anexo 28: Rendimiento de la cebada de cada línea*



*Anexo 29: Peso hectolítrico*



*Anexo 30: Las 10 espigas al azar de trigo para su respectivo etiquetado y datos*



*Anexo 31: Cosecha de las 39 líneas de trigo*



*Anexo 32: Secado en el domo*



*Anexo 33: Trilla en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP) de las 39 líneas de trigo*



*Anexo 34: Aval de traducción*



**Anexo 36: Hoja de vida de la autora****HOJA DE VIDA****DATOS PERSONALES**

<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>	Jessica Fernanda Unda Palma
<b>LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:</b>	05 de Enero de 1998
<b>CÉDULA DE CIUDADANÍA:</b>	0504127184
<b>SEXO:</b>	Femenino
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltera
<b>DIRECCIÓN:</b>	Calle OE9B LT4 Barrio José Peralta
<b>TELÉFONO:</b>	0983711734
<b>E-MAIL:</b>	jessicaunda1998@gmail.com

**FORMACIÓN ACADÉMICA**

**PRIMARIA | UNIDAD EDUCATIVA ANGAMARCA ESCUELA “PEDRO MONCAYO”**

**COLEGIO DE FORMACIÓN ARTESANAL BÁSICO | MATILDE ALVAREZ  
TÍTULO DE “MAESTRA DE CORTE CONFECCIÓN Y BORDADO”**

**COLEGIO DE BACHILLERATO | JOSÉ RICARDO CHIRIBOGA VILLAGÓMEZ  
TÍTULO DE “INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN”**



