

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

“EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DIFERENCIALES DE *Avena Sativa L.* FRENTE A *Puccinia Graminis f. sp.* Y *Puccinia Coronata f. sp.* EN EL SECTOR DE QUEROCHACA”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

JONATHAN FABRICIO VILLALBA MEDINA

TUTOR:

ING. MANOLO SEBASTIÁN MUÑOZ ESPINOZA

Cevallos – Ecuador

2023

**“EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DIFERENCIALES DE *Avena Sativa L.*
FRENTE A *Puccinia Graminis f. sp.* Y *Puccinia Coronata f. sp.* EN EL SECTOR
DE QUEROCHACA”**

REVISADO POR:

.....

**ING. MANOLO SEBASTIÁN MUÑOZ ESPINOZA
TUTOR**

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

FECHA:

.....

14/03/2023

**Ing. PATRICIO NÚÑEZ TORRES, PhD.
PRESIDENTE TRIBUNAL**

.....

14/03/2023

**Ing. PALLO PAREDES EDWIN LEONARDO
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

.....

14/03/2023

**Dr. LEIVA MORA MICHEL
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, JONATHAN FABRICIO VILLALBA MEDINA, portador de cédula de ciudadanía número 1804777280, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DIFERENCIALES DE *Avena Sativa L.* FRENTE A *Puccinia Graminis f. sp.* Y *Puccinia Coronata f. sp.* EN EL SECTOR DE QUEROCHACA”, es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



.....

JONATHAN FABRICIO VILLALBA MEDINA

DERECHO DE AUTOR

El presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DIFERENCIALES DE *Avena Sativa L.* FRENTE A *Puccinia Graminis f. sp.* Y *Puccinia Coronata f. sp.* EN EL SECTOR DE QUEROCHACA” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mí derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final o de parte de él.



.....

JONATHAN FABRICIO VILLALBA MEDINA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre quien fue la persona que siempre creyó en mí, la que nunca me abandono y siempre me dio fuerzas para seguir, la que me inculco a nunca rendirme, gracias a ella pude cumplir con mis metas, mamita este triunfo es más tuyo que mío, te amo mamita. A mi padre que nunca me abandono y me dio todo lo que estaba a su alcance hasta el último momento, te amo papi y gracias por todo, Y por último a mi abuelito allá en el cielo Cesar Medina que sé que desde ahí me cuida y puso en mi camino personas que me ayuden a lograr mi objetivo, sé que estarías orgulloso de mí, te amo y te extraño.

Jonathan Fabricio Villalba

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la salud y la sabiduría para terminar mi carrera universitaria, a mi madre Jenny Medina, a mi Padre Daniel Villalba, a mis hermanos Alex, Evelyn, Ricardo y a mi sobrina Yuliana por estar siempre en este largo y difícil camino a mis tíos Roberto, Cecilia, Marco, Marcelo a mi abuelita Haydee que de una manera u otra estuvieron siempre apoyándome y a mi amigo Diego Naranjo por ser más que un compañero, un hermano y ayudarme en todo lo que estaba a su alcance y por último un agradecimiento especial a todas las personas que me brindaron su ayuda a lo largo de todo este tiempo, cada una de ellas tienen un espacio en mi corazón. Gracias a cada uno de ustedes.

Jonathan Fabricio Villalba

ÍNDICE GENERAL

ABSTRACT	2
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes investigativos:	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Marco referencial.....	5
1.3.1. Origen y dispersión	5
1.3.2. Morfología y taxonomía:.....	5
1.3.3. Requerimientos climáticos.	6
1.3.4. Adaptación del clima.....	6
1.3.5. Requerimiento nutricional.....	6
1.3.6. Suelo.....	7
1.3.7. Estrés climático	8
1.3.8. Crecimiento, desarrollo fenológico de la <i>avena sativa</i> L.	8
1.3.9. Ecofisiología de la de <i>Avena sativa</i> L.....	11
1.3.11. Interacciones bióticas.....	12
1.3.12. Control de plagas y enfermedades del cultivo.	12

1.3.12.1. Plagas.....	12
1.3.12.2. Enfermedades	13
Signos y síntomas / Daños	16
Condiciones predisponentes.....	16
1.3.13. Evaluación de Roya mediante el parámetro de severidad	17
1.3.14. Genes de resistencia.	17
1.3.15. La resistencia parcial, o de infección lenta	19
1.3.16. Línea diferencial y su utilidad.....	19
1.3.17. Cultivar	21
1.3.18. Época y método de cosecha.....	22
1.3.19. Requerimientos de fertilización del cultivo de avena	23
CAPÍTULO II	24
2. METODOLOGÍA	24
2.1. Características del lugar:	24
2.3. Materiales y equipo.....	25
2.3.1. Material vegetal.....	25
2.3.2. Equipos.....	26
2.3.3. Materiales de campo	26
2.3.4. Materiales de oficina.....	26
2.4. Tratamiento en estudio.....	32
2.5. Determinación del diseño experimental.....	32

CAPÍTULO III	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1. Cosecha:	35
3.2. Diseño experimental.....	44
3.3. Severidad de <i>Puccinia Graminis f. sp</i> en las líneas diferenciales de avena... 	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
4.1 Conclusiones	53
4.2 Recomendaciones.....	53
CAPITULO V	55
5. BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto desarrollado.	13
Figura 2. Escala modificada de Cobb.	19
Figura 3: Parcelas 0.30m ² de avena.	23
Figura 4. Almacenamiento de la Cosecha de avena	24
Figura 5. Almacenamiento de la Cosecha de avena.	25
Figura 6: Porcentaje de Severidad en la Avena a causa de la <i>Puccinia Graminis f. sp</i>	34
Figura 7: Aumento de Severidad en la Avena a causa de la <i>Puccinia Graminis f.</i> en las 4 tomas de datos.	35
Figura 8: % de Severidad en la avena a causa de la <i>Puccinia Coronata f. sp.</i> en las 4 tomas de datos.	37
Figura 9: Aumento de Severidad en la Avena a causa de la <i>Puccinia Coronata f. sp.</i> en las 4 tomas de datos.	38
Figura 10: Rendimiento de avena en kg/ha por línea diferencial.	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de emergencia	16
Tabla 2: Escala para determinar el vigor de la planta en cereales	17
Tabla 3: Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en los cereales.....	17
Tabla 4: parámetros de escala para determinar el tipo de reacción en royas.....	19
Tabla 5: Tabla de tratamientos aplicados en el proyecto	20
Tabla 6: Fechas de evaluación de la <i>Puccinia Graminis f. sp.</i> en avena.....	23
Tabla 7: Fechas de muestreo de <i>Puccinia Coronata f. sp</i> en avena.....	24
Tabla 8: 52 líneas diferenciales de la avena.....	25
Tabla 9: Épocas o etapas de desarrollo del cultivo en las que se realizó la evaluación de enfermedades en las líneas de diferenciales de avena.....	28
Tabla 10. Datos de severidad, tipo de reacción y rendimiento de las líneas diferenciales de avena evaluadas durante el ciclo 2022-2023 en Querochaca.....	30

RESUMEN

En el Ecuador la producción de *Avena Sativa* L. es de suma importancia, para la industria alimentaria y forraje en el sector ganadero, sin embargo, la rentabilidad del cultivo se ve afectado por las enfermedades conocidas como roya. En la presente investigación se evaluó la resistencia de las líneas diferenciadas de avena frente a las enfermedades producidas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H. Y *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P.Syd.&Syd. Se analizaron 52 líneas diferenciales las cuales fueron evaluadas desde el día 104 al día 174 del cultivo en etapa de espigamiento, en cuatro momentos cuyas fechas fueron 1 noviembre, 24 de noviembre, 1 de diciembre del 2022 finalmente el 8 de enero del presente año. Como conclusión del presente proyecto de investigación, se determinó que las líneas diferenciales con los genes: Pc94, MN841801, CDC Orrin, CDC, Sol-fi, HiFi, OT3039, Souris, Stainless, Summit, fueron las más resistentes frente a las dos enfermedades con bajos niveles de severidad y alto rendimiento. Por su parte, la línea Oat 24 con el gen Harmon alcanzó una productividad estimada de 12,733 tn/ha, siendo la línea con mayor rendimiento de grano.

PALABRAS CLAVES: AVENA, ROYA, RENDIMIENTO, RESISTENCIA, SEVERIDAD.

ABSTRACT

In Ecuador, the production of *Avena Sativa* L. is extremely important for the food and fodder industry in the livestock sector, however, the profitability of the crop is affected by diseases known as rust. In the present investigation, the resistance of the differentiated lines of oats against the diseases produced by *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H. and *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P.Syd.&Syd. Fifty-two differential lines were analyzed, which were evaluated from day 104 to day 174 of the crop in the heading stage, in four moments whose dates were November 1, November 24, December 1, 2022, and finally January 8 of this year. As a conclusion of this research project, it was determined that the differential lines with the genes: Pc94, MN841801, CDC Orrin, CDC, Sol-fi, HiFi, OT3039, Souris, Stainless, Summit, were the most resistant against the two diseases. with low levels of severity and high performance. For its part, the Oat 24 line with the Harmon gene reached an estimated productivity of 12,733 tons/ha, being the line with the highest grain yield.

KEY WORDS: Oats, Rust, Yield, Resistance, Severity .

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos:

En 1996 se da inicio a estudios relacionados a la resistencia genética presente en las líneas y cultivares; es decir, conocer la resistencia genética frente a enfermedades, esto se realizó en países como Canadá y México (Salmerón et al. 1996, pág. 4). Sin duda, la pausa investigativa no ha ayudado con el avance científico convirtiéndolo en carencia investigativa, esto puede deberse a la dificultad para hacer los cruzamientos en tipo de cultivos como los cereales y a la minoritaria importancia que se le da al cultivo de la avena como a los patógenos causante de las enfermedades denominadas Royas con nombre científico *Puccinia graminis* f. sp. y *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* (Mariscal et. Al., 2011).

Cuando se habla de royas se refiere a las enfermedades más destructivas en el cultivo de avena, debido a que afecta desde la etapa de plántula hasta el llenado de grano (Leyva et al. 2004); en lugares de mayor altitud (1500m.s.n.m. aproximadamente) este tipo de enfermedades se convierten en factor limitante para la producción o cultivo de la avena (Villaseñor et al. 2001, pág. 3).

En el año 2001 se supo que la roya del tallo tiende a reducir el rendimiento hasta el 75 % y disminuye el peso del grano hasta el 60% mientras que la pérdida en la producción de materia seca en variedades susceptibles fluctúa de 32 a 42 % (Villaseñor et al. 2001, pág. 1). Entre tanto que la roya de la hoja puede reducir el rendimiento hasta en un 50% en variedades susceptibles (Cruz A., et al 2010).

Para el (2008), Zuluanga y Butiritica se refirieron a las royas como el conjunto de hongos causantes de enfermedades causadas por hongos, las mismas que contienen diversos y extensos mundos en el área fitosanitaria. Estas enfermedades se caracterizan por parasitar hospederos que tienden a estar sanos afectando a los tejidos de las hojas o ramas. Sus síntomas inician con la aparición de pústulas, la mayoría de veces de

color naranja con un aspecto oxidado, también ocasionan algunas malformaciones en la planta de avena (Zuluanga & Butiritica. 2008, pág. 1).

Una forma de conocer la composición de royas en la población de una especie de roya se puede lograr mediante el uso de variedades diferenciales, las cuales permiten distinguir biotipos o tipos de royas, por sus diferencias cualitativas (genes) en reacciones a diferentes cepas de patógenos. Las líneas diferenciales son germoplasma de cereales que poseen diferentes genes específicos, se conoce al gen “R” o proteínas R que permiten a las plantas reconocer razas específicas del patógeno y desarrollar una respuesta localizada y efectiva de defensa (Lozada, A. 2011), 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. (Ponce-Molina et al. 2020, pág. 63). Por tal motivo es importante tener en cuenta que cada línea es afectada de diferente manera, se debe a que existen líneas que muestran resistencias específicas, mientras que existen líneas que se ven infectadas con mayor frecuencia esto se debe a que la resistencia de la planta frente a las royas es menor; ocasionando que la vulnerabilidad de cada línea también se ve afectada por la exposición a diferentes especies de royas (Villalba J. 2023, pág. 2). Esta diferenciación en su respuesta permitirá identificar si existen líneas resistentes y cuáles son los genes presentes en estas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta de las líneas diferenciales de *Avena sativa* L. frente a *Puccinia graminis* f. sp. Y *Puccinia coronata* f. sp. en el sector de Querochaca.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la severidad de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H. en las líneas diferenciales de *Avena sativa* L.
- Evaluar la severidad de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P.Syd.&Syd, en las líneas

diferenciales de *Avena sativa* L .

- Determinar el tipo de reacción de cada línea de *Avena sativa* L frente a *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H. Y *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P.Syd.&Syd.
- Determinar los genes de resistencia a *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H. Y *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P.Syd.&Syd, que son efectivos bajo las condiciones del sector de Querochaca.

1.3. Marco referencial.

1.3.1. Origen y dispersión

La avena (*Avena* sp.) tiene un origen en Asia Central, donde se cultivaba en grandes cantidades, debido a que se convirtió en un alimento básico en Irlanda, Escocia e Inglaterra (Lozada A. 2011). La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, es una planta autógama y el grado de alogamia rara vez excede el 0.5%. La mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides, siendo la especie *Avena sativa* la más cultivada, seguida de *Avena byzantina*. También se cultiva la especie *Avena nuda*, conocida como avena de grano desnudo, al desprenderse las glumillas en la trilla. Las características botánicas del grupo de avenas hexaploides son principalmente: la articulación de la primera y segunda flor de la espiguilla, el carácter desnudo o vestido del grano y la morfología de las aristas. (Robbins, 2014)

1.3.2. Morfología y taxonomía:

Al referirse a la Avena, se habla de un cereal con un sistema radicular pseudofascicular, más desarrollado que el trigo y la cebada. El tronco o tallo es grueso, sin embargo, presenta poca resistencia a volcarse. Este cultivo presenta un elevado valor de nutritivo.

Presenta características especiales como son las hojas que tienden a ser planas y alargadas, presenta una unión que cuenta con limbo y el tallo tiene una lígula, pero no presenta estípulas. Tiene una apariencia de color verde azulado. La inflorescencia es una panícula. La inflorescencia tiene forma de un racimo de espigas. (Forjan & Manso. 2015, pág . 10).

Los granos de avena son un excelente forraje para caballos, mulos, vacas y ovejas. Por su alto contenido en vitamina E, es apta para animales de trabajo y crianza y también se utiliza en alimentos para consumo humano y en la producción de alcohol y bebidas (Álvarez et al. 2017, pág. 14).

1.3.3. Requerimientos climáticos.

La avena se ajusta a climas fríos y húmedos, suele ser sensible a altas temperaturas, especialmente en la etapa de floración y formación de granos. Es una planta que necesita de abundante humedad más que otros cereales, aunque hay menos tolerancia cuando este excede DEL 80 % aproximadamente, la avena se considera un cultivo adaptable y mestizo que prefiere suelos de profundidad media, aunque no es exigente con las condiciones del suelo, pero se desarrolla mejor en suelos ligeramente ácidos a neutros (SAGARPA. 2018, pág. 60).

La avena crece por encima de los 1500 m sobre el nivel del mar en zonas tropicales y de 1000 a 3000 m.s.n.m., en regiones templadas. La precipitación requiere el ciclo 1 de 250 a 800 mm. El valor óptimo es de 500 mm y el rango de temperatura en el que se puede desarrollar es de 5 a 30°C. La temperatura óptima es de 17.5 °C. (FAO. 2018, pág. 2).

1.3.4. Adaptación del clima

La avena es muy sensible al calor durante la floración y el llenado de grano. Menos resistente que el trigo y la cebada. Le gustan los climas templados y fríos. La temperatura óptima es 8°C y 16°C (Procel et al. 2017, pág. 5).

1.3.5. Requerimiento nutricional

La avena responde muy bien al abonado nitrogenado, aunque es sensible al encamado cuando se aplica a altas dosis. La extracción media de avena por hectárea y tonelada es de 27,5 kg de N, 12,5 kg de P₂O₅ y 30 kg de K₂O. Estas cantidades responden más

o menos a un abonado de restitución. En caso de conocerse el análisis del terreno se podrán modificar estas cantidades de acuerdo con la riqueza en el suelo de los tres elementos principales. Lo mismo habría que decir para el caso de que se hubiera estercolado el terreno en años anteriores.(Bobadilla Meléndez et al., 2013 pág. 4)

En terrenos pobres en cal, ligeras, con humedad suficiente, la cianamida cálcica es el abono nitrogenado más apropiado. En cambio, en suelos fuertes es preferible abonarlos con nitrato, y en terrenos con exceso de cal se recomiendan las sales amónicas. La distribución del abonado se puede realizar en la siembra o durante la fase de crecimiento vegetativo, según el cultivo precedente y la resistencia al encamado de la variedad utilizada.(Hilegario, A. n.d. pág. 3)

1.3.6. Suelo.

La avena es planta muy exigente en cuanto a las condiciones del suelo su diversidad tiende ser adaptable. Sin embargo, para obtener los mejores rendimientos se requiere de suelos arcillosos y bien fertilizados decir con un buen contenido de materia orgánica. El pH del suelo debe ser entre 6 y 7, el suelo debe retener humedad, pero con un correcto (INAMHI. 2014, pág. 3).

La avena prefiere suelos arcillo-limosos y franco-arcillosos, no calcáreos, con una textura limosa como la óptima para su crecimiento y desarrollo. Se adapta mejor a suelos profundos de entre 40 y 60 cm y con pH de 4.5 a 7.5, con un óptimo entre 5 y 6. Además, se desarrolla en suelos planos con baja pendiente hasta un máximo de 8 % (FAO. 2018, pág. 2).

El uso de carbonato de calcio (CaCO_3) es importante para este cultivo, debido a que el calcio tiene una función estructural esencial como componente de la capa intermedia de las células vecinas, esta acción incluyendo el uso de calcio debido a que precipita de aluminio. Aumentar la disponibilidad de nutrientes para el pasto, también ayuda a mejorar la estructura, aireación y drenaje de suelos (INIAP. 2016, pág. 1).

Casanova y Guevara (2013) expusieron que la aplicación de cal sobre el suelo, es decir Ca^{2+} presenta efecto sobre el suelo cuando se lo aplica, debido a que crea y mantiene

la estructura de los suelos agrícolas. Con una correcta agrupación de partículas, el aire y el agua pueden entrar a través de los poros y favorecer el crecimiento y desarrollo de las raíces. Los efectos son complejos porque hay muchas interacciones. El Ca dispersa los coloides de la arcilla y hace que se forme una costra en la superficie del suelo y son importantes para la agricultura sostenible (pág. 11)

1.3.7. Estrés climático

La avena es un importante cultivo de grano y forraje con un área cultivada de más de 9 millones de hectáreas en el mundo. Sin embargo, la sequía y enfermedades causadas por hongos biotrófos, tales como la roya de la hoja *Puccinia Graminis f. sp. avenae* E.&H. y *Puccinia Coronata f. sp. avenae* P.Syd.&Syd, mitigan fuertemente su producción. Para combatirlo, los mejoradores deben adquirir una comprensión completa de los mecanismos mediante los que las plantas pueden tolerar/resistir el estrés y emplearla en los programas de mejora. Para ello, usando una colección de germoplasma o genes R de 141 genotipos silvestres recolectados a lo largo del sur de España y 36 variedades comerciales, nos propusimos encontrar nuevas fuentes de resistencia al oídio y a la roya, así como tolerancia a la sequía para más tarde profundizar en las respuestas de resistencia generando herramientas que puedan ser empleadas en los programas de mejora. (Sánchez, J. 2012, pág. 1)

1.3.8. Crecimiento, desarrollo fenológico de la *avena sativa* L.

La planta al ser una planta herbácea anual, perteneciente a la familia Poaceae, la especie *sativa* es la más cultivada, de acuerdo a Gutiérrez, 1999 menciona las diferentes etapas en su desarrollo descritas a continuación:

Etapa de macollo: A partir del estado de segunda hoja, comienza el crecimiento de macollos desde yemas ubicadas en los subnodos del eje principal. Los macollos corresponden a brotes laterales y su desarrollo sigue el mismo modelo del tallo principal; así, un macollo va emitiendo hojas y produciendo raíces adventicias durante su desarrollo vegetativo. Las plantas pueden llegar a producir entre dos y cuatro macollos, siendo común que uno o dos de los macollos de forma más tardía no logran aportar al rendimiento (Amado y Ortíz, 2001).

Etapa de encañado: La planta, además de producir en promedio tres internudos subterráneos que no se elongan, produce seis a siete internudos aéreos que si los hacen; el nudo apical del primer internudo que se elonga es el que porta la panícula, siendo ese mismo nudo el que se detecta subterráneamente al comenzar la etapa de encañado.

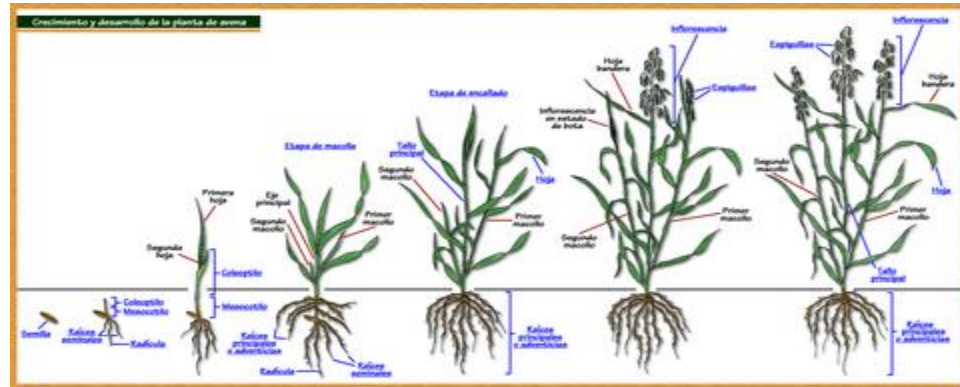
Luego de comenzar la etapa de encañado, las raíces principales y los internudos de la parte aérea se van desarrollando en forma relativamente rápida; estos internudos que varían en longitud y diámetro, presentan nudos prominentes, los cuales alcanzan un número promedio de seis en los cultivares más precoces y siete en los cultivares más tardíos (Ball et al., 2001, pág. 12) (Amado y Ortíz, 2001 pág. 3).

Inflorescencias: Las inflorescencias de la planta de avena es una panícula o panoja más bien abierta, suelta y de tipo compuesta; presenta un eje principal o raquis central frágil, y ejes o raquis secundarios que corresponden a ramas provenientes del eje principal. Los ejes o raquis secundarios, por su parte, que son largos y delgados, pueden tener una disposición unilateral, es decir, todos a un solo lado del eje principal o equilateral; en este último caso, que es el más común, los ejes secundarios aparecen distribuidos en un número similar a cada lado del eje principal de la panícula.

Espiguilla: Las espiguillas, que son colgantes, se producen en los ejes secundarios, presentándose unidas a éstos por medio de un pedicelo. El número de espiguillas por panícula es muy variable y depende principalmente del cultivar, pudiendo encontrar entre 20 y 150 espiguillas por panícula. Cada espiguilla está formada por dos glumas y dos a cuatro antecios. Los antecios, a su vez, están constituidos por una lemma o glumela inferior, una palea o glumela superior y una flor. Las glumas, en tanto, una de posición inferior y otra de posición superior, miden aproximadamente 2.5 cm de largo (Ball et al., 2001, pág. 12) (Amado y Ortíz, 2001 pág. 3).

Figura 1.

Ciclo vegetativo de la avena



Fuente: PROAIN, 2008

La avena se utiliza en cualquier etapa de crecimiento para el consumo animal; desde germinados en la alimentación de especies menores, hasta en estado lechoso-masoso de grano. En relación con el momento óptimo de corte, algunas investigaciones indican que grano masoso es la mejor época para lograr mayor producción; sin embargo, es el momento menos oportuno para lograr mayor calidad, ya que es durante el encañe cuando se alcanza el mayor contenido de proteína (Gutiérrez, 1999, pág. 5)

✓ Fenología del cultivo de avena

El estado fenológico de las plantas es un buen indicador de su calidad nutricional, ya que existe una relación de este parámetro con los contenidos de proteína, energía, fibra y minerales. Así, un forraje en estado de hojas, tiene normalmente un alto porcentaje de proteína y alta concentración de energía. En la medida que aparecen los tallos, la planta se hace más fibrosa y lignificada y pierde calidad. Por esta razón, para conseguir un ensilaje de alta calidad, es fundamental que la planta se encuentre con la mayor proporción de hojas posible. Sin embargo, el rendimiento en estados vegetativos tempranos es inferior que, en estados más tardíos, por lo que se tiende a atrasar la cosecha para obtener mayor cantidad de forraje con el consiguiente sacrificio de la calidad (Dumont et al., 2005)

1.3.9. Ecofisiología de la de *Avena sativa* L.

La avena es un género de la familia Poaceae. *A. sativa*, es de alto interés agrícola. Es una hierba anual, aunque bajo ciertas condiciones climáticas y/o de manejo puede comportarse como bienal. Es una gramínea con alta rusticidad resistente a la sequía y a las bajas temperaturas (Agroverdad. 2014. Pág. 7).

La densidad de siembra utilizada para proteger el suelo varía mucho y depende de diferentes factores de manejo, condiciones edafoclimáticas y factores relacionados con la calidad de la semilla (pureza, germinación, entre otros), por lo que la densidad puede variar entre 30 y 100 kg/ha, según el método de plantación, donde la distancia entre hileras es de 19-21 cm (Álvarez et al. 2017 pág. 13) o al voleo.

✓ Interés forrajero

Es un cereal forrajero que ofrece un mejor rendimiento en buenas condiciones de agua 11 t/ha de forraje. La Avena es muy sabrosa y tiene un alto valor nutritivo, aunque con poca proteína. La producción de cereales está entre 1-3 t/ha. El valor nutricional del grano de avena es más alto que el de otros granos, porque es rica en aminoácidos esenciales como la lisina. (Cotriza. 2017, pág. 20).

1.3.10. Formas de aprovechamiento:

Tradicionalmente, la avena se cosecha y se utiliza como alimento para el ganado, este es dado en el establo o pastando la cama en el campo. Ahora, toda la planta se utiliza como forraje. (INFOAGRO. 2007, pág. 3)

✓ Varios beneficios utilizables:

- Implementación de uno o dos potreros (según la capacidad de crecimiento y soporte del pisoteo por parte del ganado);
- Cortar el follaje cuando alcanza 10 o el 20% del panojamiento como forraje para alimentación.

- Cosechar el grano y usar el tamo para convertirlo en heno o ensilaje;

1.3.11. Interacciones bióticas

El cultivo asociado de avena con vicia (*Vicia sativa*), favorece el rendimiento de forraje verde comparado con el rendimiento de forraje verde del monocultivo de avena, en las tres proporciones de semilla y en los tres momentos de cosecha. (Cotriza. 2017, pág. 17).

De manera similar Ansar et al. (2010) refieren que el rendimiento del cultivo asociado es menor al del monocultivo de avena (31.58 t/ha) pero mayor al del monocultivo de vicia (13.76 t/ha); sin embargo, en el caso de Tuna y Orak (2007), el rendimiento del cultivo asociado fue mayor, tanto en el monocultivo de avena (24.2 t/ha) como en el monocultivo de vicia (19.6 t/ha). Los rendimientos de FV del monocultivo de avena varían entre 24.3 y 46.8 t/ha (Espitia et al., 2012) y el rendimiento de FV del monocultivo de vicia entre 5.0 t/ha (Aguilar et al., 2013) y 14.83 t/ha (Desalegn y Hassen, 2015).

1.3.12. Control de plagas y enfermedades del cultivo.

Los problemas que a veces causan las condiciones climáticas pueden evitarse sembrando las variedades mejoradas con resistencia a roya. Sin embargo, es propensa a:

1.3.12.1. Plagas

✓ Pulgones

Lavandero et al. (2018) consideró que las gramíneas son atacadas por diferentes plagas durante su desarrollo fenológico. Los pulgones son uno de los 17 problemas principales. Entre las especies más comunes, se encuentra el "pulgón verde de los cereales" (*Schizaphis graminum*), "pulgón amarillo de los cereales" (*Metopolophium dirhodum*), "el pulgón de espiga" (*Sitobium avenae*) y "pulgón de avena" (*Rhopalosiphum padi*) (pág. 7).

Para Norambuena (2017) & Navarro (2017) los daños causados por estos pulgones provocan el rizado de las hojas nuevas y el amarillamiento de todas las hojas y retraso del crecimiento. Debido a esto Imwinkelried et al. (2004) consideraron que el control biológico es el enfoque más eficiente para controlar estas plagas. Se utilizaron hongos entomopatógenos (*Entomophthora* spp., *Pandora* spp.) depredadores (mariquitas) y avispas parásitas, evitando así el uso de pesticidas (pág 6).

Por lo general, la aparición de estos insectos ocurre durante sequías prolongadas durante el crecimiento de los cultivos. Su principal afectación a este cultivo son la transmisión de enfermedades virales, como el virus del enanismo amarillo de la cebada (sus siglas en inglés, BYDV) que ataca a todos los cereales incluida la avena.

1.3.12.2. Enfermedades

- ✓ Halo Bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. coronafaciens)

Mathias & Fernández (2019) y Andrade & Beratto (2017) demostraron que las enfermedades causadas por la bacteria (*Pseudomonas syringae* pv. coronafaciens) se presentan en el centro y márgenes de las hojas, lo que produce un daño temprano con pequeñas manchas de forma oval, de color verdoso a amarillento a medida que avanza la enfermedad. El centro de la mancha es necrótico, se vuelve marrón y se extiende con la lesión.

En el AGRO del Sur (2017) indicó el uso de variedades resistente a corona bacteriana. La rotación de cultivos ayuda de manera efectiva a reducir las poblaciones de bacterias en el suelo y los rastrojos. Tratamiento de semillas con desinfectantes a base de cobre y fungicidas foliares a base de cobre; es un preventivo para el control bacteriano.

- ✓ Roya de la hoja (*Puccinia coronata* f. sp. avenae)

Nombre vulgar: Roya de la Hoja, Roya de la Corona

Tipo de plaga: Hongos y/o Pseudohongos

Taxonomía: Hongos y Pseudohongos

Basidiomycota > Pucciniomycetes > Pucciniales > Pucciniaceae

Cultivos / Órgano afectado: Avena sativa: Hojas

Acuña (2018) y AGRO del Sur (2017) confirmaron la presencia de signos caracterizados por pústulas de color amarillo anaranjado aislado y brillante, característico de los brotes causados por hongos (*Puccinia coronata* f. sp. avena) a través de la epidermis de la hoja rompiendo la cutícula lo que libera a las seudoesporas a través del viento infectando otras hojas y plantas.

Como avanza la enfermedad, se desarrolla la etapa de esporas negras (teleutosporas). Aparece como pústulas negras con bordes amarillos, en hojas maduras. Es por eso que se debe utilizar variedades resistentes o tolerantes, se debe aplicar un fungicida foliar después de que aparezca la primera pústula para mejorar y prevenir (Mathias & Fernández. 2019 ft AGRO del Sur. 2017, pág. 18).

- ✓ Roya en tallo- *Puccinia graminis* f. sp. avenae.

Nombre vulgar:

- Roya negra
- Roya del trigo
- Roya del tallo
- Polvillo de la caña

Sinonimia / Otros nombres científicos / Acrónimos:

- *Puccinia graminis subsp. graminis*
- *Puccinia graminis subsp. graminicola*
- *Puccinia graminis var. stakmanii*
- *Puccinia graminis var. tritici*
- *Puccinia graminis f. macrospora*
- *Puccinia graminis subsp. major*
- *Puccinia linearis*
- *Puccinia cerealis*
- *Puccinia anthistiriae*

- *Puccinia jubata*
- *Puccinia megalopotamica*
- *Puccinia vilis*
- *Puccinia elymina*
- *Puccinia brizae-maximi*
- *Puccinia favargerii*
- *Puccinia albigensis*
- *Puccinia graminis* var. *graminis*
- *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*
- *Puccinia graminis* f.sp. *avenae*
- *Puccinia graminis* f.sp. *secalis*
- *Puccinia graminis* var. *phlei-pratensis*
- *Puccinia anthoxanthi*
- *Puccinia subandina*
- *Puccinia sesleriae-coerulae*
- *Puccinia culmicola*
- *Puccinia avenae-pubescentis*
- *Puccinia heimerliana*
- *Puccinia dactylidis*
- *Uredo deschampsiae-caespitosae*
- *Puccinia graminis* subsp. *minor*
- *Puccinia graminis* subsp. *lolii*
- *Puccinia graminis* subsp. *media*
- *Puccinia graminis* var. *erikssonii*
- *Puccinia graminis* var. *calamagrostidi*
- *Puccinia graminis* var. *lolii*
- *Puccinia graminis* var. *vulpiae*
- *Puccinia graminis* f. *agropyri*
- *Puccinia phlei-pratensis*

Tipo de plaga: Hongos y/o Pseudohongos

Taxonomía: Basidiomycota > Pucciniomycetes > Pucciniales > Pucciniaceae

Cultivos / Órgano afectado:

Dactylis glomerata, *Festuca arundinacea*: Hojas

Hordeum vulgare var. *vulgare*, *Triticum aestivum*: Hojas

Phalaris canariensis: Frutos, Hojas, Semilla botánica, Tallo

Es una especie heteróica, es decir que para realizar su ciclo de vida completo requiere de dos hospedantes: un hospedante principal (generalmente un cereal) y otro secundario (que en otras regiones del mundo es el agracejo o *Berberis vulgaris*). (Alberione E, et al. 2017, pág 415)

Signos y síntomas / Daños

Se manifiesta preferentemente sobre los tallos y la vaina foliar, aunque puede extenderse a la hoja y bajo condiciones favorables a toda la parte aérea de la planta. Se presenta en forma de pústulas herrumbrosas, alargadas (aproximadamente 3 mm de largo por 10 mm de largo), de forma oblonga, aisladas o confluentes y con cierta disposición lineal (Alberione E, et al. 2017, pág 415). Al principio estas pústulas quedan cubiertas por la epidermis y luego ésta se rompe dejando escapar un polvillo de color rojo anaranjado o pardo castaño. Estas pústulas reciben el nombre de uredosporos. Más tarde sobre las mismas pústulas o mezcladas con ellas, aparecen otras de forma y tamaño similar, pero de color negro que terminan por romper la epidermis, aunque sin desprender ese polvillo y reciben el nombre de teleutosporos. Los tejidos están invadidos por un micelio hialino, tabicado, intercelular, que desprende pequeños haustorios que penetran en las células. (Campos, P., et al. 2008)

Condiciones predisponentes

Como factores edáficos, aparecen los suelos arcillosos y los muy ricos en nitrógeno. Este último factor no es tan típico en nuestra zona cerealera, la cual viene mostrando déficit de este nutriente. Es una enfermedad que aparece en la etapa reproductiva con temperaturas entre los 20 y 25 °C y presencia de agua libre sobre las hojas durante 6 a 8 horas; necesita además de la existencia de diferencias marcadas entre las temperaturas diurnas y nocturnas durante la primavera y el abundante rocío favorecen la infección. Además, las siembras densas y tardías contribuyen a la aparición de las

epifitias (Campos, P., et al. 2008).

1.3.13. Evaluación de Roya mediante el parámetro de severidad

Se realiza en un método para evaluar la severidad de roya, es el uso de escalas o claves pictográficas que muestran un aumento progresivo de la enfermedad (James, 1971); estas escalas diagramáticas muestran series de plantas o partes de plantas con diferentes niveles de gravedad de los síntomas.

Para estimar el porcentaje del tejido afectado por la roya, se usa la escala de Cobb modificada por Peterson et al. (1948), la cual relaciona el porcentaje real ocupado por uredinios de la roya con el grado de severidad (Roelfs et al., 1992). Navarro y Arauz (1999) mencionan que el método de evaluación visual de la severidad se utiliza debido a su sencillez, rapidez y bajo costo, pero el error en el cálculo puede ser alto (Bock et al., 2008a). Según Bade y Carmona (2011), el problema con los métodos visuales es la baja repetitividad, imprecisión y, por tanto, menor confiabilidad.

La cuantificación confiable y exacta de la superficie de un órgano vegetal dañado por una enfermedad es fundamental en la prevención y control oportuno de las enfermedades, así como en la selección de nuevos cultivares tolerantes, en la modelación dinámica de epidemias (Robert et al., 2002), en el análisis de los factores que afectan el desarrollo de una enfermedad, en los estudios de efectividad de fungicidas, y al definir el umbral en el cual, se deba ejercer un método para combatir una enfermedad y reducir las pérdidas económicas (Kranz, 1988)(Cui et al., 2010; Patil y Kumar, 2011; Chaudhary et al., 2012; Barbedo, 2013; Dhaygude y Kumbhar, 2013; Zhang, 2013).

1.3.14. Genes de resistencia.

Los conceptos de resistencia a patógenos involucran términos con diferencias idiomáticas que merecen ser mencionadas. Una de ellas es el valor semántico (significado) de la palabra huésped. En el español ~ coloquial, la palabra huésped tiene

2 significados: el más frecuente hace referencia a la «persona alojada en casa ajena» y el segundo, escasamente usado en la actualidad, alude a la «persona que hospeda en su casa a otra». En concordancia con el primer uso, en la actualidad más extendido, la palabra «huésped» equivale semánticamente al término parásito o patógeno, y consideramos que así debe ser usada en el contexto científico. Su contraparte es el hospedero o anfitrión: el organismo donde se aloja el parásito o patógeno. En consecuencia, la relación objeto de la fitopatología estaría adecuadamente descrita en español ~ como el estudio de la interacción hospedero-patógeno.

Activación de las respuestas de defensa.

Se propone que los productos de los genes R poseen dos funciones: a) reconocer la señal correspondiente derivada de los genes Avr de los patógenos, y b) activar las rutas de señalización de las respuestas de defensa.

Este modelo sugiere lo siguiente:

- Es probable que las proteínas R sean parte de un complejo multiprotéico que incluiría a proteínas que son blanco para los factores de avirulencia del patógeno,
- Las proteínas AVR, actuando como factores de avirulencia, interaccionarían con una o más proteínas del complejo, estas proteínas probablemente estarían asociadas con las proteínas R,
- La interacción AVRproteínas del complejo conduciría a la activación de las proteínas R (Belkhadir et al., 2004).

Uso potencial de genes R en agricultura.

Debido a su selección, las especies cultivadas con frecuencia carecen de una resistencia genética efectiva para algunos de sus patógenos importantes. Si bien la resistencia a estos patógenos puede encontrarse en otras especies vegetales, las barreras para permitir las cruza interespecíficas hacen imposible que estas características de resistencia sean introducidas por selección convencional. A través

de cruza, los fitomejoradores han utilizado por muchos años las especies silvestres de las plantas cultivadas como fuentes de nuevos genes R, lo cual requiere de varios años para su establecimiento. La disponibilidad de genes R clonados ofrece la posibilidad de adicionar nuevos genes R en un período de tiempo reducido a una variedad vegetal por medio de la transformación genética (McDowell y Woffenden, 2003). Actualmente, la transformación genética está siendo incorporada en los programas de generación de resistencia en plantas para introducirles nuevas características de resistencia, porque representa una poderosa herramienta para transferir genes R a diferentes especies vegetales, lo cual no es posible con el método tradicional. La adición de nuevas resistencias a una misma especie ya fue demostrada exitosamente en varios casos (Bent, 1996).

1.3.15. La resistencia parcial, o de infección lenta

Se conoce como resistencia de raza no específica y generalmente es asociada con la resistencia durable y referida comúnmente como resistencia de planta adulta porque se expresa como un desarrollo lento de la enfermedad en el campo, comparativamente con un testigo susceptible (Herrera-Foessel et al., 2014). La acumulación de genes que confieren resistencia parcial explota los efectos aditivos de este tipo de genes (ZárateCastrejón et al., 2018). Diversos estudios han revelado que las combinaciones de tres a cinco genes de resistencia resultan en niveles de infección cercana a la inmunidad y en resistencia estable a través de diferentes ambientes (Rodríguez-García et al., 2019; Singh et al., 2000; Singh et al., 2011b); así mismo, se pueden lograr niveles altos de resistencia a roya cuando un gen de raza específica efectivo se combina con genes de planta adulta (Basnet et al., 2015)

1.3.16. Línea diferencial y su utilidad.

Las líneas diferenciales o denominadas razas fisiológicas se conocen en los programas de mejoramiento de avena o se denominan linajes. De esta forma se obtienen genotipos resistentes a la roya y se revela la progresión y dispersión regional del patógeno (Mariscal A. et al. 2011, pág. 2).

Estos linajes son más útiles porque los genes de resiliencia y resistencia a

enfermedades son evaluados por el germoplasma (Mariscal A. et al. 2010, pág.3).

Las líneas diferenciales son germoplasma o materiales que poseen diferentes genes específicos conocidos, lo que nos permite conocer en forma rápida si se ha roto o se mantiene la resistencia de un gen conocido al ser evaluado bajo condiciones favorables para el desarrollo y presencia de una enfermedad, en una región o área específica.

La descripción morfológica de líneas, híbridos y variedades cultivadas benefician tanto al mejorador de plantas y productor de semillas como al agricultor y al comerciante del producto final. Una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de semilla genere un producto que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza (Smith y Smith, 1989). Bogenschutz y Russell (1986) destacan que es necesario reproducir las líneas de maíz preservando su integridad original y características deseables a través de generaciones. Por otro lado, la descripción de líneas y variedades es requerida para el registro de la propiedad intelectual.

En la práctica, la caracterización de los híbridos y sus líneas parentales es el resultado de llevar a cabo una serie de experimentos bajo diferentes ambientes de evaluación y prácticas de manejo. Diferencias en el ciclo de madurez de las líneas puede requerir de diferentes fechas de siembra entre las mismas, para que los estigmas del progenitor hembra puedan emerger al mismo tiempo que el polen del progenitor macho es esparcido y garantizar así la producción de semilla híbrida. Kgasago (2006) señala que los genotipos sembrados en diferentes fechas de siembra pasan a través de cada estado de desarrollo en tiempos diferentes y, por lo tanto, bajo condiciones ambientales diferentes, especialmente de temperatura y fotoperíodo.

Las líneas casi isogénicas (NILs) son líneas homocigotas cuyo genoma presenta una introgresión procedente de un genoma donante (Eshed and Zamir, 1995). Las poblaciones de NILs, son una herramienta que permite el estudio de caracteres cuantitativos como caracteres mendelianos de herencia simple (Sargent, D. et al, 2011)

1.3.17. Cultivar

Un conjunto de plantas de un solo taxón botánico del rango más bajo conocido que, con independencia de si responde o no plenamente a las condiciones para la concesión de un derecho de obtentor, pueda (UPOV) UNC, 2014, pág. 1):

- definirse por la expresión de los caracteres resultantes de un cierto genotipo o de una cierta combinación de genotipos,
- distinguirse de cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de uno de dichos caracteres por lo menos,
- considerarse como una unidad, habida cuenta de su aptitud a propagarse sin alteración

Los Cultivares se clasifican en:

Líneas Puras

Se caracteriza de los cultivos autógamos, contienen el concepto de línea implica alta homocigosis: 90% o más. Estos obtienen por endocria a partir de poblaciones F2. Cuando en F6 o F7 ya se consideran líneas puras.

Cultivares de polinización abierta

Se denomina poblaciones heterogéneas compuestas de plantas genéticamente diferentes con un alto porcentaje de heterocigosis, casi exclusivos de especies alógamas y se obtienen por diferentes esquemas de selección recurrente.

Cultivares Híbridos

Son considerados homogéneos y altamente heterocigotos, estos pueden ser simples, triples o dobles. Contiene dos etapas:

- Obtención y evaluación de líneas endocriadas parentales.
- Líneas superiores se cruzan para obtener los híbridos con alta heterosis.

Cultivares Sintéticos

Es el resultado del entrecruzamiento de un número determinado de líneas, clones o poblaciones. A estos parentales han sido seleccionados en base a su aptitud

combinatoria. Sin embargo, han sido particularmente exitosos en cultivos con cierto grado de autoincompatibilidad: alfalfa, centeno, mijo. (UNC, 2014, pág. 3)

1.3.18. Época y método de cosecha

Cuando se utiliza como forraje, el corte se realiza cuando se alcanzan de 10 a 20% la emergencia de las panojas y el tallo sigue verde. En este estado la planta tiene el mayor porcentaje nutritivo. Esto ocurre entre 80 y 90 días después de la siembra.

Si la cosecha se destina a la producción de cereales. La cosecha se realiza en madurez de campo o en madurez comercial (180-190 días). Cuando las plantas están completamente secas y el grano es difícil de romper. La recolección del grano puede ser mecanizada (corte y trilla) con una trilladora combinada; o en forma manual, los tallos maduros se cortan con una hoz y trillan en una trilladora estacionaria.

1.3.19. La avena en sudamérica

El género *Avena* se introdujo a América del Sur tras el descubrimiento de los españoles, los cuales según su ploidía existen especies: diploides, tetraploides y hexaploides, este cultivo es importante en Argentina, Brasil, Chile, Perú, Bolivia y Ecuador (Tabla 01), donde en los primeros tres países el uso que le dan es como grano para la industria transformadora, en la región andina el área cosechada es bastante pequeña y el uso principal es como forraje para ganado, sin embargo no se cuenta con mucha información estadística (FAO, 2004).

Tabla 1.

Principales países productores de avena en América del Sur entre los años 1998 – 2002.

País	Área cultivada (ha)	Rendimiento de grano (kg ha-1)
Argentina	327500	1742
Brasil	221600	1217
Chile	85200	3396
Perú	63600	134
Bolivia	4900	930
Ecuador	1100	726

Fuente: (FAOSTAT, sf)

1.3.20. Requerimientos de fertilización del cultivo de avena

Se puede fertilizar por adelantado, durante o después de la siembra. La fertilización es muy necesaria debido a que el grano tiene una gran capacidad de captar la aplicación del mismo, especialmente los fertilizantes nitrogenados en general. A comparación de otros forrajes la avena requiere más nitrógeno del que puede proporcionarle el suelo. En la mayoría de los casos es útil no abonar el suelo aplicando fertilizantes fosforados (Amado y Ortíz. 2016, pág. 30)

La fertilización media recomendada es 80 N, 60 P₂O₅, 40 K₂O. Este requerimiento se puede cubrir aplicando 200 kg/ha de fertilizante compuesto 15-15-15+ME a la siembra y con una fertilización complementaria al macollamiento de 100 kg/ha de Urea. (Ponce-Molina et al. 2020)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Características del Lugar:

El estudio se realizó en las instalaciones del campus de Querochaca de la Universidad Técnica de Ambato. Ubicada en Cevallos, se encuentra a 2865 m.s.n.m. con una Latitud -13671 y longitud -786055 (INAMHI, 2019).

Figura 2.

Ubicación del proyecto desarrollado.



Fuente: Google maps, 2023

2.2. Característica del lugar clima.

Con base a los datos proporcionados por el INAMHI, las condiciones climáticas en el cantón Cevallos son: evapotranspiración anual 2.6 mm, heliofanía 771, humedad de 75.8%, con una precipitación anual de 740.1 mm, una temperatura media diaria de 13.5 °C y una velocidad de viento de 1.6 m/s (INAMHI, 2020).

✓ **Lugar de muestreo:**

El cultivo de avena, se ubicó en las parcelas de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el sector de Querochaca, germoplasma que fue provisto por el INIAP. En la Figura 4, se observa la división de las parcelas de aproximadamente 0.3m²

Figura 3:

Parcelas 0.3m² de avena.



Fuente: Villalba J. 2023

El proyecto se realizó en el sector de Querochaca, para ello, se analizó tres variables: severidad, tipo de reacción y rendimiento. Cabe mencionar que para la determinación de estas variables se basan en índices establecidos de acuerdo al manual de Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. Permitiendo la identificación de las líneas e identificando los genes resistentes presentes frente a las royas en hoja (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae* P. Syd.&Syd.) y en tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E.&H.).

2.3.Materiales y equipo.

2.3.1. Material vegetal

Como material vegetal se utilizó un set de diferenciales, compuesto por 52 líneas de avena las cuales, se encuentran descritas en la tabla 7 más adelante, de la cual su primera cosecha se realizó aproximadamente a los 104 días después de la siembra, el material genético fue provisto por el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

2.3.2. Equipos

Equipo	Marca
Balanza electrónica de precisión.	BDCOM ARTEMISA-2000.
Medidor de humedad.	Vivosun.
Balanza electrónica de bolsillo.	Fahrenheit.
Trilladora.	UGT-125.
Venteadora o limpiadora.	MOD V-1.
Balanza de peso hectolitrico.	HUMIDI.

2.3.3. Materiales de campo

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación, se utilizó los siguientes materiales descritos a continuación:

Material	Marca
Bomba a motor.	Century.
Bomba manual.	Bellota.
Cal agrícola.	Calco.
Flexómetro.	Stanley.
Piola.	Ponte selva.
Rastrillo.	Bellota.
Hoz.	Promart.
Azadón.	Bellota.
Carretilla.	Total.

2.3.4. Materiales de oficina

En el presente estudio, se utilizó los siguientes materiales descritos a continuación:

Materiales	Marca
Computadora.	Dell.

Impresora.	Epson.
Cámara fotográfica.	Canon.
Libreta de campo.	Norma.
Hojas de papel bon.	Hammer.
Esferos.	Bic.
Lápiz.	Mongol.
Borrador.	Pelican.

2.4. Métodos

2.4.1. Metodología

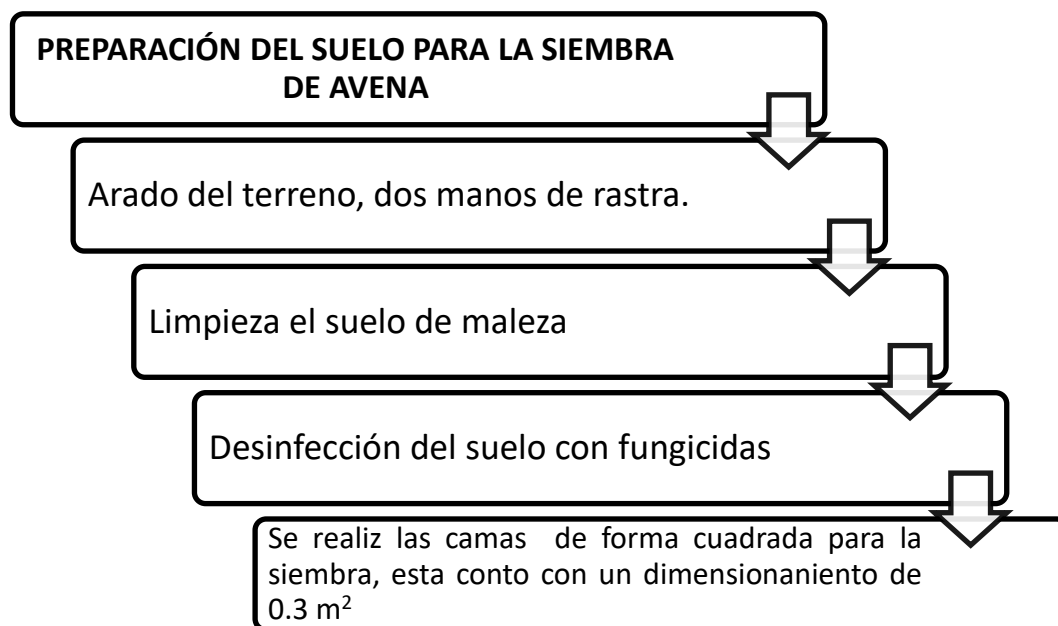
Para la evaluación de la respuesta de las 52 líneas diferenciales de avena, se realizó en tres etapas:

2.4.1.1. Etapa de campo

Se realizó dentro de los predios de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos, sector de Querochaca, donde se instalaron parcelas demostrativas con dimensiones de 0.3 m² para cada una de las líneas, distribuidas al azar.

✓ *Preparación del terreno*

El presente proyecto tubo una preparación con tractor, cabe recalcar que se inició con una preparación de terreno, para ello se procedió a arar con un arado, y se pasó dos manos de rastra, utilizando un tractor.



✓ *Siembra*

La siembra se realizó en forma manual, depositando la semilla en forma uniforme a chorro continuo en dos surcos de 1m distanciados a 15 cm ($1\text{ m} \times 0.30\text{ m} = 0.3\text{ m}^2$), a una profundidad no mayor a 5 cm. Una vez realizada la siembra, se procedió a tapar la semilla con la ayuda de un rastrillo.

✓ *Riego*

El riego se realizó dos veces por semana en las primeras etapas del cultivo hasta su establecimiento y en macollamiento, con un aproximado de 13 riegos en total, este fue mediante aspersión.

✓ *Control de maleza o limpieza.*

El control de malezas se realizó en dos formas:

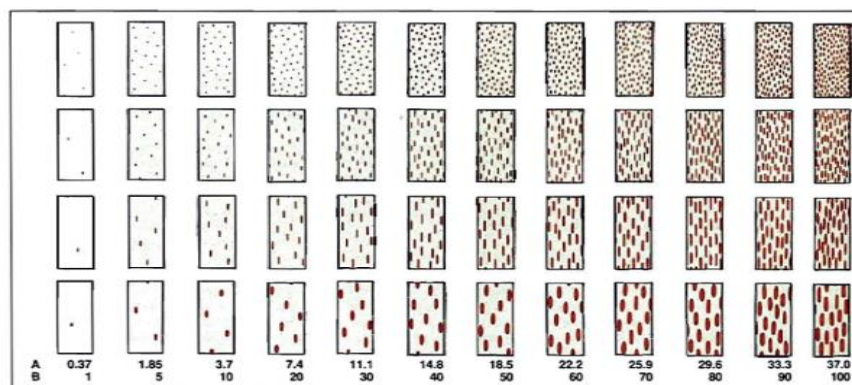
- 1) Control químico. - una vez establecido el cultivo, se realizó la aplicación del herbicida específico para hoja ancha Metsulfuron metil en una dosis de 30g/ha, utilizando la bomba de motor con boquilla estándar de derive.
- 2) Control manual. - las malezas que no se podían controlar con el químico se eliminaron manualmente de las parcelas establecidas.

✓ *Severidad.*

Para determinar la severidad, se evaluó mediante patrones representados en la Figura 4 de acuerdo a la escala de Cobb, determinando la cuantificación de la magnitud del daño y la presencia que se ha extendido la enfermedad en este caso la roya sobre el tejido de la planta.

Figura 4:

Escala modificada de Cobb 2019.



Fuente: Ponce et al 2019

Se evalúa en dos estados del desarrollo fenológico, es decir, la primera en la etapa Z37 y Z39 y en la 2da etapa Z55 y Z59.

✓ *Tipo de reacción*

Se observó la acumulación de pústulas de roya y se utilizó la escala de tipo de reacción, empleada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Tabla 5:

Parámetros de escala para determinar el tipo de reacción de la Avena Sativa frente a la Roya de hoja y roya de tallo.

Reacción	Descripción
0	No existe síntoma visible en la planta
M	Existe clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias
MR	Cuando existe pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
M	Presencia de uredias de diferentes tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos
MS	Presencia de uredias de tamaño medio podrían estar rodeadas de clorosis.
S	Presencia de grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni de necrosis.

Fuente: CIMMYT

✓ *Altura de la planta.*

Antes de realizar la cosecha de la avena, se procedió a tomar la altura de la misma, tomando como margen 10 plantas de forma de azar, en donde tomo la medida desde la superficie del suelo hasta el extremo o borde de la avena, esto se mide en cm.

✓ *Cosecha:*

Para determinar la severidad, rendimiento, se debió realizar la cosecha correspondiente para que estas muestras puedan ser analizadas en el laboratorio. Para ello, se realizó en madurez de campo o en madurez comercial (180-190 días). Cuando las plantas estaban completamente secas y el grano es difícil de romper. La cosecha se realizó en forma manual, los tallos maduros se cortaron con una hoz y se trillaron en una trilladora estacionaria.

✓ *Rendimiento*

El rendimiento de grano es un parámetro de gran relevancia, puesto que se evaluó la producción que cada material puede alcanzar. Su evaluación se realizó en g/parcela, pero fue necesario que los resultados se transformen a kg/ha, para estimar su rendimiento potencial. Es importante que la humedad del grano se encuentre en un 13% de humedad y limpio. El rendimiento de grano puede verse afectado por ciertos factores como son plagas y enfermedades o por el tipo de clima, suelo, nutrientes.

- Cálculo del rendimiento en kg/ha

Debido a que los resultados obtenidos del rendimiento nos arrojan en kg/m². Para la determinación de rendimiento en unidades de kg/ha se utilizó el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} 0.146 &\rightarrow 0.3 \text{ m}^2 \\ x &\rightarrow 10000 \text{ m}^2 \\ \frac{(0.146 * 10000)}{0.30} \\ &= 4867 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

2.4.1.2. Recolección de datos

La evaluación de severidad a royas, se realizó a partir de los 109 días después de la siembra. Para la recolección de datos de severidad y tipo de reacción a las royas, se cuantificó el porcentaje de daño (Fórmula), en cada línea para posteriormente determinar su susceptibilidad o resistencia.

Fórmula de cálculo para el índice de severidad medio de la enfermedad (ISE), de acuerdo a la fórmula:

$$ISE = \Sigma (n_i * s_i) / N,$$

Donde:

n_i el número de hojas en cada clase,

s_i el valor de severidad de la clase y

N el número total de hojas evaluadas

2.5. Tratamiento en estudio

Se considera los siguientes enunciados:

Tabla 6:

Ubicación de cada línea diferencial de Avena Sativa L.

N° SURCO	Línea	N° SURCO	Línea
1	Oat1	27	Oat50
2	Oat2	28	Oat51
3	Oat3	29	Oat52
4	Oat4	30	Oat53
5	Oat5	31	Oat54
6	Oat6	32	Oat55
7	Oat7	33	Oat56
8	Oat8	34	Oat57
9	Oat9	35	Oat58
10	Oat10	36	Oat59
11	Oat11	37	Oat60
12	Oat12	38	Oat61
13	Oat13	39	Oat62
14	Oat14	40	Oat63
15	Oat15	41	Oat64
16	Oat16	42	Oat65
17	Oat17	43	Oat66
18	Oat18	44	Oat67
19	Oat19	45	Oat68
20	Oat20	46	Oat69
21	Oat23	47	Oat70
22	Oat24	48	Oat71
23	Oat25	49	Oat72
24	Oat26	50	Oat73
25	Oat27	51	Oat74
26	Oat28	52	Oat75

Elaborado por: Villalba J. 2023

2.6. Tipo de diseño

2.6.1. Determinación del diseño experimental.

El diseño estuvo constituido por 52 líneas diferenciales de avena distribuidas

completamente al azar (DCA), sin repeticiones. El cultivo se encontró establecido en parcelas de 1m². El análisis y los gráficos de la información recolectada en campo se realizó empleando Excel. Los resultados encontrados se presentan a continuación.

2.6.2. Características del diseño

La investigación experimental fue de tipo de cuantitativo, siendo un método estructurado de recopilación y análisis de información que se alcanzó a través de diversas fuentes. Este proceso se llevó a cabo con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar las variables respuestas del problema investigación (Sampieri C. & Baptista, 2006).

2.6.3. Investigación de Campo

Se recolectó la cosecha de avena del terreno y a su vez, se visualizó el tipo de reacción en campo con base a los parámetros a considerar en la tabla 5, de acuerdo a las variables que se plantea en este proyecto.

2.7. Hipótesis

2.7.1. Hipótesis Alternativa

Las líneas diferenciales de avena del INIAP, tienen diferentes niveles de resistencia al ataque de la roya de la hoja y roya del tallo, en las condiciones ambientales del campus de Querochaca, cantón Cevallos.

2.7.2. Hipótesis Nula

Las líneas diferenciales de avena del INIAP, presentaron niveles de resistencia al ataque de la roya de la hoja y roya del tallo, en las condiciones ambientales del campus de Querochaca, cantón Cevallos.

2.7.3. Variables

a) Variable independiente

- ✓ Severidad.
- ✓ Tipo de Reacción.
- ✓ Rendimiento.

b) Variable dependiente

- ✓ Líneas de avena

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cosecha:

La evaluación de enfermedades se realizó en cuatro momentos o fechas, durante el desarrollo del cultivo, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 7:

Fechas de evaluación de *Puccinia graminis f.sp* en las líneas diferenciales de avena

<i>Puccinia graminis f.sp</i> (Roya amarilla)		Datos recolectados
Primera evaluación	1 noviembre 2022	52 fundas
Segunda evaluación	24 noviembre 2022	52 fundas
Tercera evaluación	1 diciembre 2022	52 fundas
Cuarta evaluación	8 enero 2023	52 fundas

Tabla 8

Fechas de evaluación de *Puccinia Coronata f.sp* en las líneas diferenciales de avena.

<i>Puccinia Coronata f.sp</i>		Datos recolectados
Primera evaluación	1 noviembre 2022	52 fundas
Segunda evaluación	24 noviembre 2022	52 fundas
Tercera evaluación	1 diciembre 2022	52 fundas
Cuarta evaluación	8 enero 2023	52 fundas

Se realizó la cosecha de la avena en la parcela correspondiente, la misma que fue almacenada en una bolsa de material textil (Figura 6). Esta cosecha fue trasladada a las instalaciones del Instituto (INIAP) para el análisis de las variables correspondiente

Figura 6.

Almacenamiento de la Cosecha de avena.



Fuente: Villalba J. 2023

Una vez terminada la cosecha, se trasladaron las muestras a las instalaciones del INIAP, para proceder con la trilla y beneficio de la semilla. Y determinar el grado de severidad y el rendimiento que este obtiene.

Figura 7.

Instalaciones de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en donde se realizaba la parte de laboratorio.



Fuente: Villalba J. 2023

3.3. Recolección de datos

Se tomó en consideración los datos muestreados, para ello, se especificó los códigos de característica genéticas presentes en cada línea diferencias correspondiente de avena (Tabla 9).

Tabla 9:

52 líneas diferenciales de avena

No	Línea	Gen de resistencia
1	Oat1	Pc38
2	Oat2	Pc39
3	Oat3	Pc40
4	Oat4	Pc45
5	Oat5	Pc46
6	Oat6	Pc48
7	Oat7	Pc50
8	Oat8	Pc51
9	Oat9	Pc52
10	Oat10	Pc54
11	Oat11	Pc56
12	Oat12	Pc58
13	Oat13	Pc59
14	Oat14	Pc62
15	Oat15	Pc64

16	Oat16	Pc68
17	Oat17	Pc91
18	Oat18	Pc94
19	Oat19	Pc96
20	Oat20	Pc97
21	Oat23	Ac Assiniboia
22	Oat24	Harmon
23	Oat25	Marion
24	Oat26	Ac Medallion
25	Oat27	Ac Morgan
26	Oat28	MN841801
27	Oat50	Ac Mustang
28	Oat51	Calibre
29	Oat52	CDC Boyer
30	Oat53	CDC Dancer
31	Oat54	CDC Minstrel
32	Oat55	CDC Orrin
33	Oat56	CDC Pro-fi
34	Oat57	CDC Seabiscuit
35	Oat58	CDC Sol-fi

36	Oat59	CDC Weaver
37	Oat60	Derby
38	Oat61	Furlong
39	Oat62	HiFi
40	Oat63	Jordan
41	Oat64	Leggett
42	Oat65	Lu
43	Oat66	OT3037
44	Oat67	OT3039
45	Oat68	OT3044
46	Oat69	Pinnacle
47	Oat70	Ronald
48	Oat71	Souris
49	Oat72	Stainless
50	Oat73	Summit
51	Oat74	SW Betania
52	Oat75	Triactor

Elaborado por: Villalba J. 2023

En el presente proyecto, se evaluó la respuesta de las líneas diferenciales de Avena sativa L. frente a *Puccinia graminis avenae* y *Puccinia coronata avenae* en diferentes días después de la siembra (Tabla 10).

La evaluación se realizó en 4 épocas o etapas de desarrollo del cultivo, con el fin de evaluar la severidad de la enfermedad en el cultivo durante los días 109, 133, 140,174, después de la siembra (Tabla 10). Como se indicó en la metodología, la evaluación de severidad de enfermedades se realizó empleando la escala modificada de Cobb y para el tipo de reacción se empleó la escala internacional que utiliza el CIMMYT.

Tabla 10.

Épocas o etapas de desarrollo del cultivo en las que se realizó la evaluación de enfermedades en las líneas de diferenciales de avena.

Evaluación	Fecha	Días después de la siembra	Etapas de desarrollo
1	1 noviembre 2022	109	Días de espigamiento
2	24 noviembre 2022	133	Días de espigamiento
3	1 diciembre 2022	140	Días de espigamiento
4	8 enero 2023	174	Días de espigamiento

Elaborado por: Villalba J. 2023

En la tabla 6, se reflejan los datos recolectados el muestreo obtenido una vez analizados, mediante promedios y un análisis estadístico simple.

Tabla 11:

Datos de grado de una escala severidad, tipo de reacción, rendimiento por parcela y rendimiento potencial de las líneas diferenciales de avena evaluadas durante el ciclo 2022-2023 en Querochaca.

N° Surco	Línea	Gen	<i>P. graminis</i>								<i>P. coronata</i>								Rend tn/ha
			1er Evaluación		2da Evaluación		3era Evaluación		4ta Evaluación		1er Evaluación		2da Evaluación		3era Evaluación		4ta Evaluación		
			Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	Sev%	TR	
1	Oat1	Pc38	10	MR	15	MR	15	MR	15	MR	10	MR	20	MR	20	MR	30	MS	4,867
2	Oat2	Pc39	10	MR	15	MR	15	MR	20	MR	5	MR	20	MR	20	MR	25	MS	1,400
3	Oat3	Pc40	10	MR	15	MR	15	MR	20	MR	10	MR	40	MR	40	MR	50	MR	5,333
4	Oat4	Pc45	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	10	MR	20	MR	20	MR	25	MR	1,200
5	Oat5	Pc46	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	2,000
6	Oat6	Pc48	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	2,267
7	Oat7	Pc50	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	4,467
8	Oat8	Pc51	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	3,467
9	Oat9	Pc52	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	3,133
10	Oat10	Pc54	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,067
11	Oat11	Pc56	5	MR	15	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	3,000
12	Oat12	Pc58	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	3,000
13	Oat13	Pc59	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	7,133
14	Oat14	Pc62	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	9,533
15	Oat15	Pc64	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,667
16	Oat16	Pc68	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	10	MR	10	MR	15	MR	20	MR	2,533
17	Oat17	Pc91	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	10	MR	10	MR	15	MR	20	MR	3,200
18	Oat18	Pc94	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,067
19	Oat19	Pc96	15	MR	30	MS	30	MS	40	MR	15	MR	15	MR	15	MR	20	MR	7,867

20	Oat20	Pc97	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	15	MR	15	MR	20	MR	3,400
21	Oat23	Ac Assiniboia	10	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	4,467
22	Oat24	Harmon	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	12,733
23	Oat25	Marion	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	3,267
24	Oat26	Ac Medallion	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	2,667
25	Oat27	Ac Morgan	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	10	MR	15	MR	15	MR	20	MR	5,333
26	Oat28	MN841801	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	3,200
27	Oat50	Ac Mustang	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	10	MR	20	MR	3,933
28	Oat51	Calibre	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	1,800
29	Oat52	CDC Boyer	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	10	MR	10	MR	10	MR	15	MR	3,067
30	Oat53	CDC Dancer	5	MR	10	MR	10	MR	20	MR	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	2,000
31	Oat54	CDC Minstrel	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,200
32	Oat55	CDC Orrin	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	1,333
33	Oat56	CDC Pro-fi	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	10	MR	10	MR	10	MR	15	MR	2,667
34	Oat57	CDC Seabiscuit	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	5,467
35	Oat58	CDC Sol-fi	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,533
36	Oat59	CDC Weaver	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	10	MR	10	MR	15	MR	2,067
37	Oat60	Derby	5	MS	10	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	1,067
38	Oat61	Furlong	5	MR	15	MR	20	MR	30	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	1,333
39	Oat62	HiFi	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	6,400
40	Oat63	Jordan	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,733
41	Oat64	Leggett	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	10	MR	10	MR	15	MR	20	MR	3,533
42	Oat65	Lu	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	10	MR	10	MR	15	MR	20	MR	3,800
43	Oat66	OT3037	5	MR	10	MR	15	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	4,600
44	Oat67	OT3039	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	2,267
45	Oat68	OT3044	5	MR	20	MR	20	MR	20	MR	10	MR	20	MR	20	MR	20	MR	2,400

46	Oat69	Pinnacle	5	MR	20	MR	20	MR	20	MR	10	MR	10	MR	10	MR	15	MR	10,400
47	Oat70	Ronald	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	10	MR	10	MR	10	MR	15	MR	3,467
48	Oat71	Souris	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	4,400
49	Oat72	Stainless	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	9,600
50	Oat73	Summit	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	5	MR	5	MR	10	MR	15	MR	6,333
51	Oat74	SW Betania	5	MR	10	MR	10	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	3,200
52	Oat75	Triactor	5	MR	10	MR	10	MR	20	MR	5	MR	5	MR	10	MR	20	MR	1,867
			5,58		9,13		12,21		18,08		6,44		8,94		12,5		18,37	4,379	3,860

3.4. Diseño experimental.

El diseño experimental estuvo constituido por 52 líneas diferenciales de avena distribuidas completamente al azar (DCA), sin repeticiones, considerándose un diseño de cribado descriptivo, ya que, se pretende identificar las líneas que presentan resistencia frente a los dos tipos de roya, así se confirmó o se anuló nuestras hipótesis. En la tabla 11, se observaron los datos analizados con respecto a la severidad. En donde se determinó que la línea con características genéticas Pc96 y el Pc40 fueron afectadas mayormente con un aproximado del 35%, es decir, el porcentaje de la superficie del órgano enfermó, ya sea en hojas o tallos.

Ambas variedades de roya se presentaron a inicios de noviembre del 2022, cuando el cultivo presentaba 109 días de siembra, se observaron las primeras pústulas en hojas y tallos en todas las líneas variedades susceptibles. En la primera fecha se observaron los primeros síntomas y de esta se diseminó a las otras fechas. Los genes viables y a su vez los más afectados fueron determinados empleando Excel a través de un análisis estadístico descriptivo, calculando promedios, máximos y mínimos de los valores correspondiente.

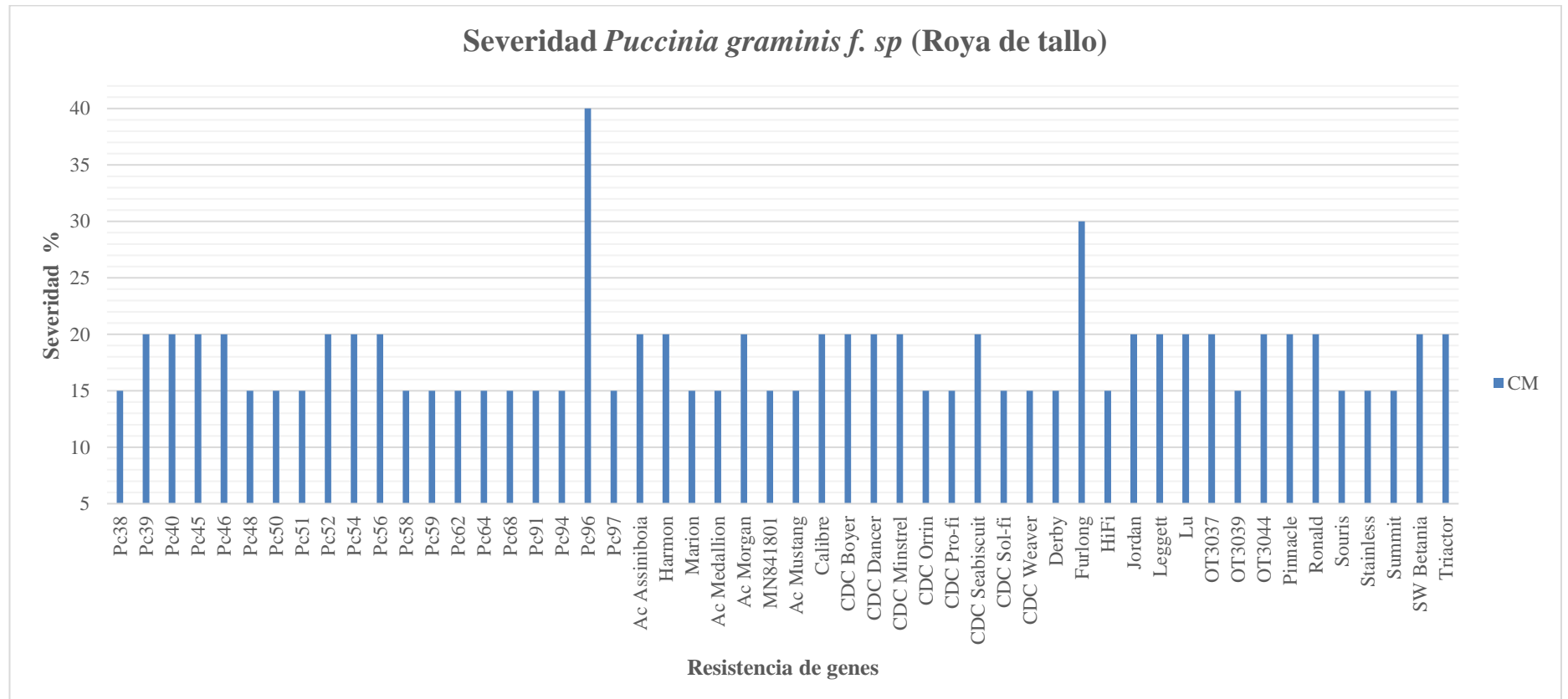
3.5. Severidad de *Puccinia Graminis f. sp* en las líneas diferenciales de avena

En la Figura 8 y figura 9, se puede observar la severidad final alcanzada por *Puccinia Graminis f. sp* en las líneas diferenciales de avena según los datos representados en la figura 8, se puede observar que 26 líneas son las más resistentes alcanzando una severidad del 15%, seguidas de 24 líneas con 20% de severidad, las líneas más susceptibles a *P. graminis* fueron las portadoras de los genes Furlong y Pc96 con 30 y 40% de severidad respectivamente.

Es importante mencionar que en la figura 8 se representa el avance de la roya de acuerdo al tiempo descrito en la tabla 11, es decir las barras se encuentran por niveles visualizados mediante colores, cada uno representa las fechas nuestreadas.

Figura 8.

Porcentaje de severidad final a *P. graminis* en las líneas de diferenciales de avena.

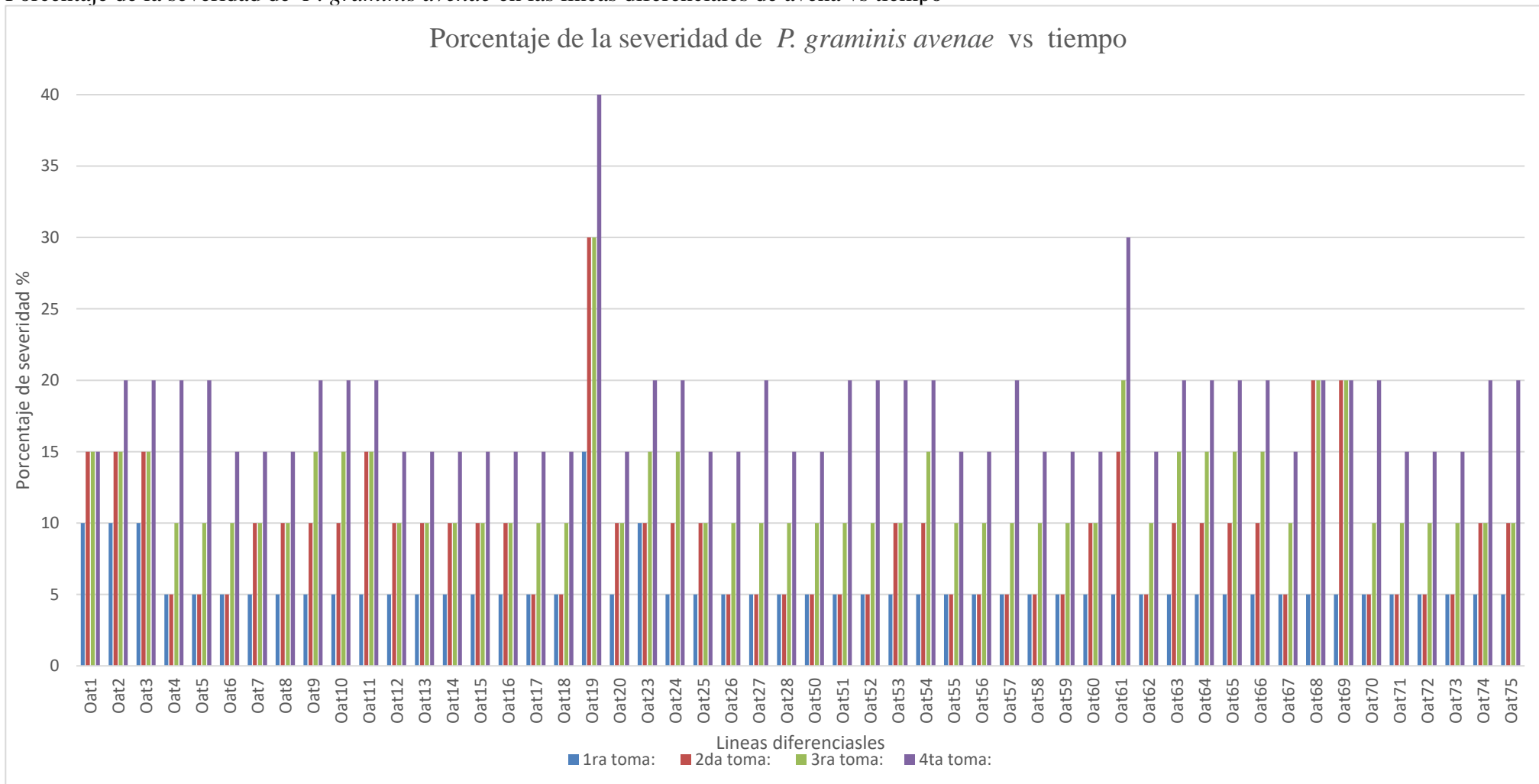


Nota:*CM= Cuarta toma de datos

Elaborado por: Villalba J. 2023

Figura 9.

Porcentaje de la severidad de *P. graminis avenae* en las líneas diferenciales de avena vs tiempo



Así también, cuando se habla del avance de la enfermedad a través de las 4 evaluaciones realizadas, siendo en la primera evaluación 47 líneas presentaron un bajo nivel de severidad del 5%, seguido para la segunda evaluación solo 22 líneas permanecieron con el mismo nivel de severidad del 5%, entretanto que los 25 restantes alcanzaron valores de severidad de entre el 10 al 30%.

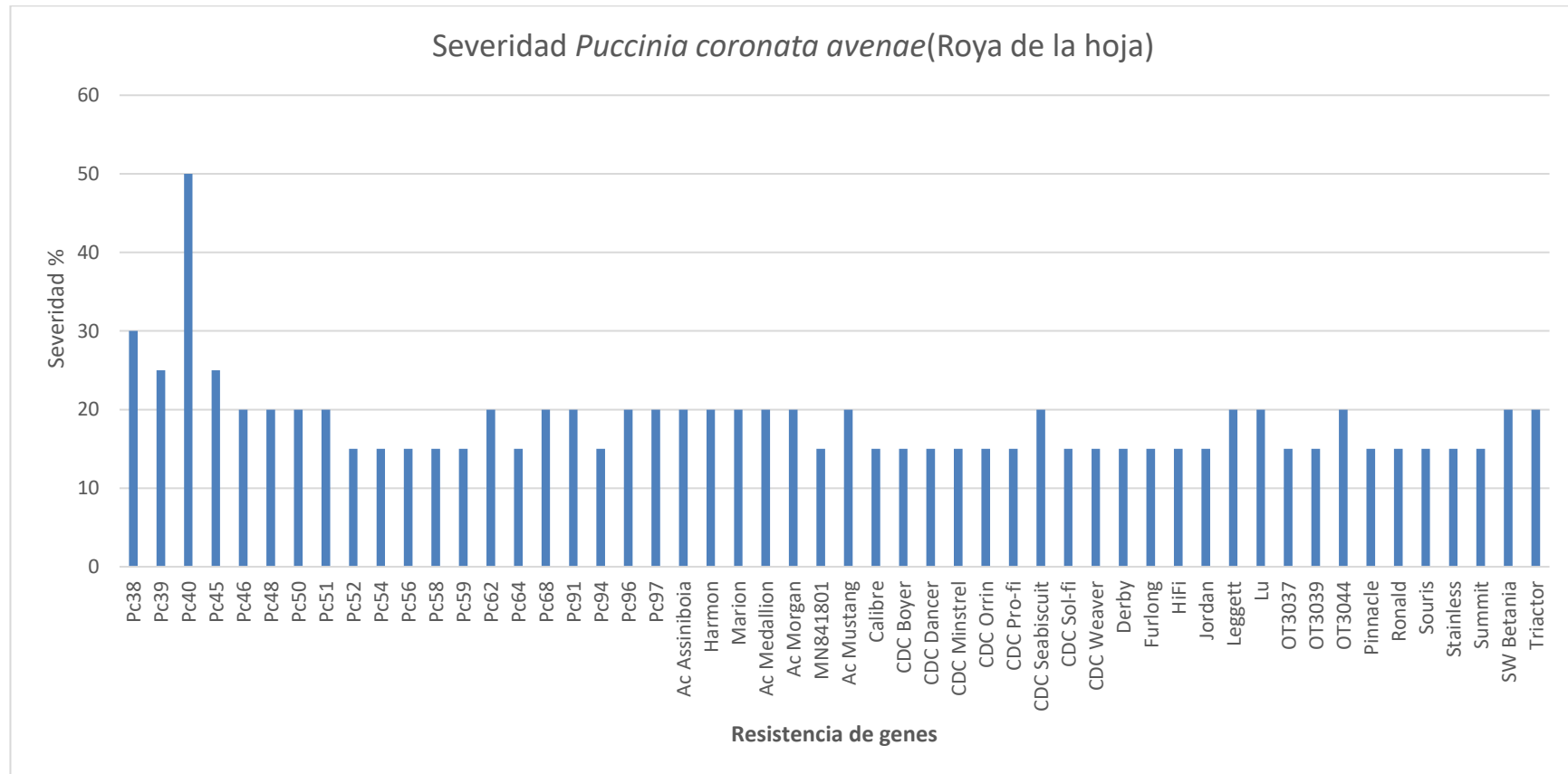
Durante la tercera evaluación ninguna de las 22 líneas mantuvo el nivel del 5% y todas subieron al 10%. Finalmente 15 líneas alcanzaron en la cuarta evaluación 15% de severidad. El rango final de severidad del ensayo fue entre 15 y 40% a roya del tallo.

3.5.1. Severidad de *Puccinia coronata avenae* en las líneas diferenciales de avena

En la Figura 10, se puede observar la severidad final alcanzada con relación a la *Puccinia graminis* f. sp en las líneas diferenciales de avena, según los datos representados, se puede observar que 28 líneas son las más resistentes alcanzando una severidad del 15%, seguidas de 22 líneas con 20% de severidad y dos líneas con 25%, entre tanto que las líneas más susceptibles a *P. graminis* fueron las portadoras de los genes Pc38 y Pc40 con 30 y 50% de severidad respectivamente.

Figura 10.

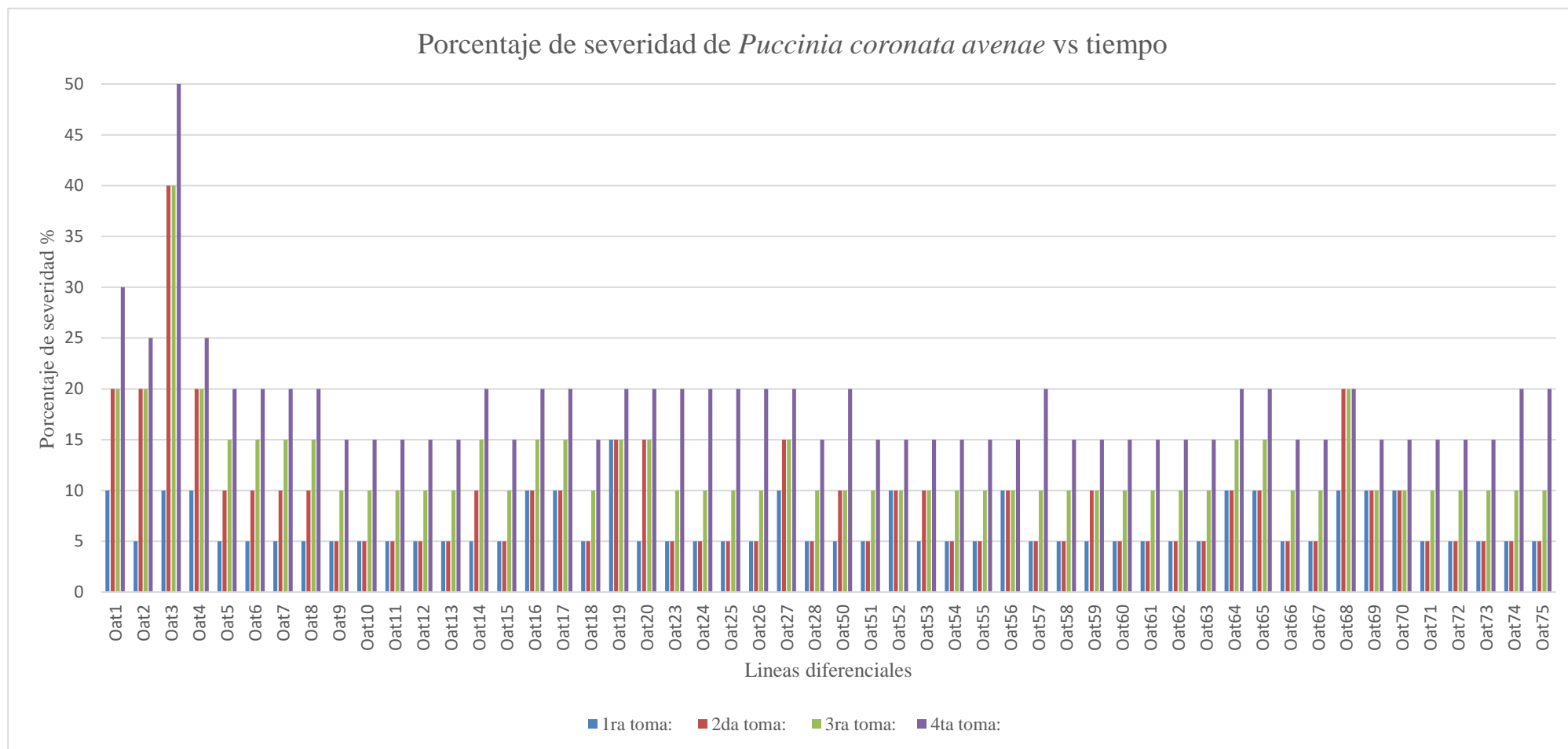
Porcentaje de severidad final a *Puccinia coronata avenae* en las líneas diferenciales



Elaborado por: Villalba J. 2023

Figura 11

Porcentaje de la severidad a *Puccinia coronata avenae* en las líneas de diferenciales de avena vs el tiempo.



En la Figura 11, podemos ver el progreso de la enfermedad a través de las 4 evaluaciones realizadas donde se puede observar que en la primera evaluación 38 líneas presentaron un bajo nivel de severidad (5%), para la segunda evaluación solo 29 líneas permanecieron con el mismo nivel de severidad del 5%, entretanto que los 9 restantes incrementaron a una severidad de entre el 10 al 40%.

Durante la tercera evaluación ninguna de las 29 líneas mantuvo el nivel del 5% y todas subieron al 10%, finalmente 21 líneas alcanzaron en la cuarta evaluación 15% de severidad. El rango final de severidad del ensayo fue entre 15 y 50% a roya de la hoja.

Finalmente, la severidad media a *P. graminis* fue de 18.08%, mientras que para *P. coronata* de 18.36%, tomando en cuenta la severidad final alcanzada en la cuarta evaluación, denotando que la roya de hoja (*P. coronata*) tuvo una mayor incidencia o presencia en el Sector de Querochaca. De las 52 líneas evaluadas, para el caso de *P. graminis* la línea denominada Oat19 con rasgos genéticos Pc96 fue la más susceptible alcanzando un grado de severidad del 40% con un tipo de reacción S (susceptible); mientras tanto que la *P. coronata* en la línea Oat3 con características genéticas Pc40 alcanzo un 50% de severidad con un tipo de reacción S (susceptible).

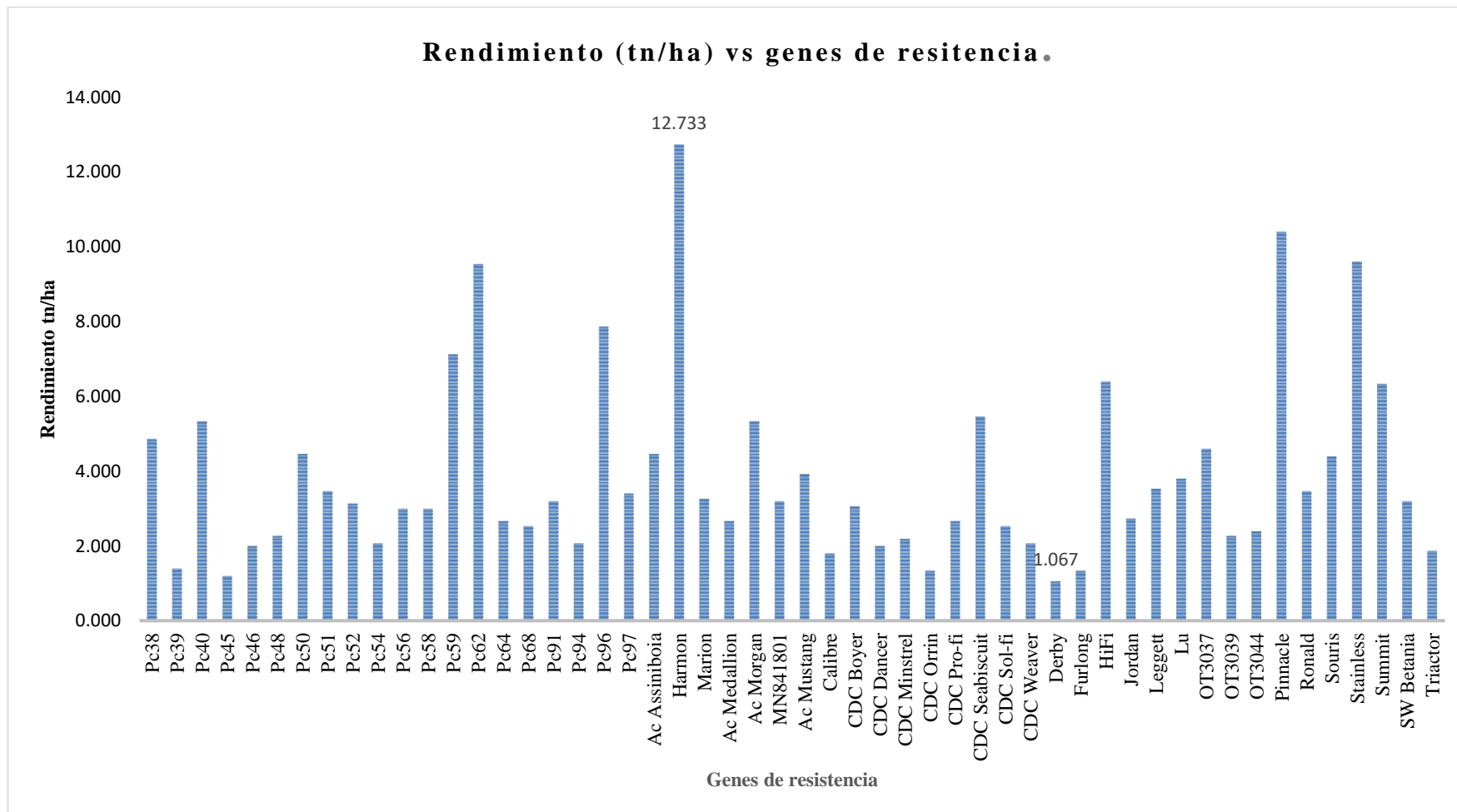
3.5.2. Rendimiento de las líneas diferenciales

En la Figura 12, se puede observar que el mayor rendimiento fue alcanzado por la línea Oat24 con características genéticas llamada Harmon cuyo rendimiento potencial fue de 12,733 tn/ha, por otra parte, la media del ensayo fue de 3.860 tn/ha, finalmente el rendimiento más bajo se presentó en la línea Oat60 cuyas características genéticas era Derby, con un valor de 1.067 tn/ha.

Sin duda el rendimiento obtenido en avena en el año 2013 en la localidad del Valle de Cayambe provincia de Pichincha, se determinó que el rendimiento base es de 300 kg/ha (Loaiza C. 2016, pág. 2).

Figura 12:

Rendimiento de avena en tn/ha por línea diferencial.



3.5.3. Discusión De Resultados

Los resultados obtenidos en este trabajo con relación al análisis en el factor respectivo como es severidad coinciden con aquellos publicados por diferentes autores para royas Hambleton et al., 2012; Abbasi et al., 2005; Liu et al., 2010, donde se menciona que *P. coronata f.sp.* es una especie que parasita al cultivo de avena y disminuye el rendimiento con relación a la producción, debido al aumento del porcentaje de severidad o afectación de la enfermedad, como es el caso de la línea diferencial denominada Oat 4 con características genéticas PC45, cuya resistencia frente a la enfermedad roya (*P. coronata f. sp.*) no fue mayor al 50%. Resultados similares se observaron por Galarza A. et al. (2005), quienes determinaron que ciertas variedades genéticas como CDC Orrin, Sol-fi entre otras, se consideran moderadamente resistente a la mancha foliar causada por Roya de hoja (*P. coronata f. sp.*)

Por otra parte, en las variedades que presentaron susceptibilidad y precoces, los rendimientos van a disminuir a menos que se siembren en épocas donde logren escapar al ataque de la roya, las cuales serán los periodos cuando esta enfermedad no tenga las condiciones adecuadas para desarrollarse y por consiguiente dañar severamente al cultivo.

Por otra parte, la especie de *P. graminis*, o también conocida como roya del tallo, tiene un amplio rango de hospederos y más aún cuando está se encuentra con los factores climáticos a su favor.

Se aconseja realizar más análisis con las líneas diferenciales Oat18, Oat62, Oat55, Oat 28 ya que la información obtenida podría aportar con el entendimiento de resistencia frente a estos organismos.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó que 25 de las líneas fueron afectadas con un 15 % de severidad siendo este el valor mínimo del total, sin embargo, en la línea Oat23 cuyas características genéticas contiene Ac Assiniboia presentó mayor resistencia frente *Puccinia graminis avenae*, ya que inició con un 10% y finalizó 20% de afectación en la textura.
- Se establece que 28 líneas mostraron una afectación del 15% y 20 líneas se veían afectadas con el 20%, es decir que *Puccinia Coronata avenae* tuvo mayor incidencia o presencia en las líneas diferenciales, así mismo se dedujo que la severidad media de 18.36% y un valor máximo de 50 %.
- Se estableció que el tipo de reacción tiene relación directa con el porcentaje de severidad pudiéndose observar que en las 52 líneas evaluadas presentaron uredias rodeadas por áreas clóricas o necróticas (MR).
- Con base a los resultados presentados se puede determinar que los genes: Pc94, MN841801, CDC Orrin, CDC, Sol-fi, HiFi, OT3039, Souris, Stainless y Summit; son efectivos para las dos enfermedades evaluadas (*Puccinia Coronata avenae* y *Puccinia graminis avenae*) bajo las condiciones del sector de Querochaca.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar los genes con mayor resistencia MN841801, CDC Orrin, CDC, Sol-fi, HiFi, OT3039, Souris, Stainless y Summit, en los programas de mejoramiento para generar nuevo germoplasma resistente a royas para el sector de Querochaca.
- Continuar con la evaluación de estas líneas diferenciales de avena MN841801, CDC Orrin, CDC, Sol-fi, HiFi, OT3039, Souris, Stainless y Summit para

monitorear la presencia de *Puccinia Coronata avenae* y *Puccinia graminis avenae*, y su posible evolución a través del tiempo.

- Es importante realizar una evaluación del *Puccinia Coronata avenae* y *Puccinia graminis avenae* en cultivos asociados con avena y vicia.

CAPITULO V

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alfen, N. 2002. Fungal pathogens of plants. University of California. California-United States of America.
- Alberione E.; Donaire G.; Salines N.; Conde B.; Ghida Daza C.; Cossavella F.; Miloc P.; 2017. Impacto productivo y económico de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y roya del tallo(*Puccinia graminis*) sobre cultivares de trigo - En: 4to Congreso Argentino de Fitopatología. - Páginas/s: 415
- Anderson, F., Gallego, L., Sáñez, R., Barton, J., McLaren D. 2012. Biological control of Chilean needle grass (*Nassella neeriana*, Poaceae) in Australasia. Eighteenth Australasian weeds Conference. Review.
- Australia. Benbouza, H., Jacquemin, J., Baudoin, J., Mergeai, G. 2006. Optimization of a reliable, fast, cheap and sensitive silver staining method to detect SSR markers in polyacrylamide gels. *Biotechnology, Agronomy Society and Environment* 10 (2): 77-81.
- Antonio Hilegario, L. (n.d.). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONÓMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN RESPUESTA DEL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA A LA APLICACIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOSTA TESIS.
- Bobadilla Meléndez, M., Vázquez, G., Perches, Á., Rodríguez, G., Rangel, E., Vázquez, M., & Prieto, C. (2013). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 973–985. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263128355001>
- Berndt, R. 2012. Species richness, taxonomy and peculiarities of the neotropical rust fungi: are they more diverse in the Neotropics. *Biodiversity and Conservation* 21: 2299-2322.
- Broad Institute. 2010. *Puccinia Group database*. [En línea]. <http://www.broadinstitute.org/annotation/genome/puccinia_group/MultiHome.html>. [Consultado: Octubre, 2012].
- Alexandra, V., Cruz, P., Alejandra, E., Moscoso, T., & Garrido, J. (n.d.). UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO Colegio de Ciencias e Ingeniería Avena (*Avena sativa*) instantánea con trozos de manzana (*Pyrus malus*) deshidratada.
- Antonio Hilegario, L. (n.d.). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONÓMA DE

MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
RESPUESTA DEL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA A LA
APLICACIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOSTA TESIS.

- Bobadilla Meléndez, M., Vázquez, G., Perches, Á., Rodríguez, G., Rangel, E., Vázquez, M., & Prieto, C. (2013). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4, 973–985. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263128355001> Dialnet-RespuestaDeGenotiposDeAvenaALaInfeccionPorPuccinia-6389300 (1). (n.d.).
- Guadalupe, P., Guanoluisa, C., Marco, I., & Rivera Moreno, A. (2015). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Gardes, M., Bruns, T. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes—application to the identification of mycorrhizae and rust. Molecular Ecology 2: 113-118.
- Hambleton, S., Liu, M. 2012. Laying the foundation for a taxonomic review of *Puccinia coronata* s.l. in a phylogenetic context. Mycol Progress 12: 63-86.
- Hovmøller, M., Justesen, A., Brown, J. 2002. Clonality and long-distance migration of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in north-west Europe. Plant Pathology 51: 24-32. Hovmøller, M., Sørensen, C., Walter, S., Justesen, A. 2011. Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. Phytopathology 49: 197-217
- INIAP-Estación Experimental Santa Catalina. (n.d.).
- Juan, I. A., & Dietz, I. (n.d.). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata.
- Leonardo, D., Zeas, G., Verónica, J., & Zhindón, M. (n.d.). UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE INGENIERO.
- Leyva, M. S. G.; Espitia, R. E.; Villaseñor, M. H. E. y Huerta, E. J. 2004. Pérdidas ocasionadas por (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*) causante de la roya del tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. Rev. Mex. Fitopatol. 22(2):166-171.
- Loaiza C. 2016, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS PRODUCCIÓN DE AVENA Y SU RENTABILIDAD EN ÁREAS EXTENSAS pág. 2

- Mariscal Amaro, M., Antonio, L., Espino, H., Mir, V., Eduardo, H., Mir, L., Gerardo, S., Islas, S., Sergio, J., & Riquelme, B. (2011). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2, 593–600. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263119723011>
- Mexicana de Fitopatología, S., México Leyva Mir, A., Gerardo, S., Rangel, E., Mir, V., Eduardo, H., & Espino, H. (2004). Revista Mexicana de Fitopatología. Revista Mexicana de Fitopatología, 22(2), 166–171. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222202>
- Miguel, J., Estrada, R., Segundo, I. A., Vásquez, R., & Ángel -Carchi -Ecuador, E. (n.d.). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2020.). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. www.iniap.gob.ec
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2021.). Actividades de Investigación en Cereales Año 2020. www.iniap.gob.ec
- Salmerón Priyamvada, Saharan, M., and Tiwari, R. 2011. Durable resistance in wheat. International Journal of Genetics and Molecular Biology 3(8): 108-114
- Zuluaga, M., Buriticá, P, 2008. Generalidades de los Uredinales (Fungi:Basidiomycota) y de sus relaciones filogenéticas. Laboratorio de Estudios Moleculares, Departamento de Ciencias Agronómicas, Universidad Nacional de Colombia. Medellin-ColombiaZuluanga & Butiritica. 2008, pág.1).