



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE CEBADA
FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* EN LA PARROQUIA
LICHTO DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: OSCAR EDUARDO MERCHAN VELEZ

DIRECTOR: Ing. FERNANDO JOSÉ RIVAS FIGUEROA Ph. D

Riobamba- Ecuador

2022

© 2022, Oscar Eduardo Merchán Vélez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Oscar Eduardo Merchán Vélez, declaro que el presente Trabajo de Integración Curriculares de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de mayo de 2022






Oscar Eduardo Merchán Vélez

060565819-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE 15 LÍNEAS DE CEBADA FRENTE A *Puccinia striiformis f. sp. hordei* EN LA PARROQUIA LICTO DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **OSCAR EDUARDO MERCHAN VELEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova Ph. D PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-05-10
Ing. Rivas Figueroa Fernando José Ph. D DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-05-10
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia Ph. D MIEMBRO DE TRIBUNAL		2022-05-10

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Merchán y Rocío Vélez por nunca desistir, apoyarme y confiar en mí.

A mis hermanos y mis pequeños sobrinos por el apoyo incondicional

A mi familia y amigos por estar siempre pendientes de mí.

Oscar

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres

A mi familia y amigos

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica.

Al Dr. Fernando Rivas por su apoyo en esta investigación

Oscar

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Eco fisiología de la cebada.....	4
1.2. Características agronómicas de la cebada.....	5
1.2.1. Origen.....	5
1.2.2. Clasificación taxonómica.....	5
1.2.3. Botánica.....	6
1.2.3.1. Sistema radicular.....	6
1.2.3.2. Tallo.....	6
1.2.3.3. Hojas.....	6
1.2.3.4. Inflorescencia.....	6
1.2.3.5. Fruto (semilla).....	7
1.3. Principales enfermedades a nivel mundial.....	7
1.3.1. Mancha negra (<i>Pyrenophora teres</i>).....	7
1.3.2. Tizón cubierto (<i>Ustilago hordei</i>).....	8
1.3.3. Mancha manchada / tizón foliar (<i>Bipolaris sorokiniana</i>).....	8
1.4. Principales enfermedades en Ecuador.....	9
1.4.1. Roya amarilla de la hoja.....	9
1.4.2. Virus del enanismo amarillo de los cereales.....	9
1.5. La roya en Ecuador.....	10
1.6. Morfología y epidemiología de la roya.....	10
1.6.1. Morfología.....	10
1.6.2. Epidemiología.....	11
1.7. Sintomatología y ciclo de la enfermedad.....	12
1.7.1. Sintomatología.....	12

1.7.2.	<i>Ciclo de la enfermedad</i>	13
1.8.	Patogenicidad y agresividad	15
1.8.1.	<i>Patogenicidad</i>	15
1.8.2.	<i>Agresividad</i>	15
1.9.	Genotipos resistentes a roya	16
1.9.1.	<i>Resistencia a roya</i>	16
1.9.2.	<i>Evaluación de la resistencia a roya</i>	17
1.9.3.	<i>Líneas isogénicas de cebada</i>	17
1.10.	Razas de (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>)	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Características del lugar	19
2.1.1.	<i>Localización</i>	19
2.1.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	19
2.1.3.	<i>Características Climatológicas</i>	19
2.2.	Materiales y equipos	19
2.2.1.	<i>Material Biológico</i>	19
2.2.2.	<i>Materiales de campo</i>	20
2.2.3.	<i>Materiales y equipos de oficina</i>	20
2.3.	Metodología	20
2.4.	Método de evaluación y datos registrados	20
2.4.1.	<i>Emergencia de la cebada</i>	20
2.4.2.	<i>Vigor de las plantas</i>	21
2.4.3.	<i>Días al espigamiento</i>	22
2.4.4.	<i>Altura de las plantas</i>	22
2.4.5.	<i>Evaluación de la severidad</i>	23
2.4.6.	<i>Determinación de la resistencia parcial</i>	23
2.4.7.	<i>Tamaño de la espiga</i>	24
2.4.8.	<i>Número de granos por espiga</i>	24
2.4.9.	<i>Peso de la cebada</i>	25
2.5.	Manejo del ensayo	25
2.5.1.	<i>Labores pre-culturales</i>	25
2.5.1.1.	<i>Manejo agronómico</i>	25
2.5.2.	<i>Labores culturales</i>	26
2.5.2.1.	<i>Siembra</i>	26

2.5.2.2.	<i>Riego</i>	27
2.5.2.3.	<i>Control fitosanitario</i>	27
2.5.2.4.	<i>Deshierbe</i>	28
2.5.2.5.	<i>Fertilización complementaria</i>	28
2.5.3.	<i>Caracterización de roya (Puccinia striiformis f. sp. hordei) en laboratorio</i>	29
2.5.4.	<i>Cosecha</i>	29
2.6.	Especificaciones del campo experimental	29
2.6.1.	<i>Especificaciones del ensayo experimental</i>	29
2.6.2.	<i>Módulo</i>	30
2.6.3.	<i>Tratamientos en estudio</i>	30
2.6.4.	<i>Características del diseño</i>	31
2.6.5.	<i>Análisis funcional</i>	32

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1.	Porcentaje de emergencia	33
3.2.	Vigor de la planta	34
3.3.	Caracterización de roya amarilla en laboratorio	35
3.4.	Severidad de la roya amarilla (Puccinia striiformis f. sp. hordei)	37
3.4.1.	<i>Análisis de varianza para la severidad</i>	37
3.4.2.	<i>Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la severidad</i>	43
3.5.	Incidencia de roya amarilla	45
3.6.	Días al espigamiento	47
3.7.	Altura de la planta	48
3.8.	Tamaño de las espigas	49
3.9.	Granos por espigas	50
3.10.	Análisis de correlación y regresión lineal	53
3.11.	Discusiones	54
3.11.1.	<i>Severidad e incidencia/Rendimiento Kg/Ha</i>	54
3.11.2.	<i>Incidencia y severidad</i>	55
3.11.3.	<i>Tamaño de la espiga y numero de granos por espiga</i>	55
3.11.4.	<i>Número de granos por espiga vs rendimiento kg/ha</i>	56
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación completa de la cebada, <i>Hordeum vulgare</i> L.....	5
Tabla 2-1:	Clasificación taxonómica de la roya amarilla de la cebada.	12
Tabla 1-2:	Coordenadas geográficas del lugar.	19
Tabla 2-2:	Condiciones climáticas del sitio experimental.	19
Tabla 3-2:	Escala para la evaluación de emergencia de los cereales.	20
Tabla 4-2:	Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.	21
Tabla 5-2:	Escala de Cobb modificada para la evaluación de severidad de roya en cebada. ..	23
Tabla 6-2:	Tratamientos de las líneas de cebada en estudio con su código.....	30
Tabla 7-2:	15 líneas de cebada con sus respectivos genes.	31
Tabla 8-2:	Esquema del análisis de varianza.	31
Tabla 1-3:	Análisis de varianza del porcentaje de emergencia por tratamiento de las plantas de cebada a los 15 DDS.	33
Tabla 2-3:	Análisis de varianza para el diámetro de las esporas.....	35
Tabla 3-3:	Análisis de varianza de la severidad entre líneas isogénicas de cebada para el análisis de resistencia y susceptibilidad.	37
Tabla 4-3:	Líneas de cebada en estudio con sus genes y el porcentaje de severidad causado por roya amarilla.	38
Tabla 5-3:	Análisis de varianza del Área bajo la curva del progreso de la enfermedad en el análisis de resistencia y susceptibilidad a roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>).....	43
Tabla 6-3:	Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la severidad en los tratamientos de cebada.	43
Tabla 7-3:	Análisis de varianza de la incidencia de roya amarilla en cebada.	45
Tabla 8-3:	Análisis de varianza de la altura de las plantas de cebada.	48
Tabla 9-3:	Análisis de varianza del tamaño de las espigas.	49
Tabla 10-3:	Análisis de varianza del número de granos por espiga.	50
Tabla 11-3:	Análisis de varianza del peso en kilogramos de los tratamientos de la cebada.	52
Tabla 12-3:	Análisis de correlación y regresión lineal para las variables independientes en relación con el rendimiento	53
Tabla 13-3:	Análisis de correlación y regresión lineal para las condiciones climáticas en relación a la severidad de (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp <i>hordei</i>).....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ciclo biológico típico de una roya de cereal heteroica y macrocíclica de (<i>Puccinia striiformis</i> f, sp. <i>hordei</i>).	14
Figura 2-1:	Ciclo vegetativo de (<i>Puccinia striiformis</i>)	15
Figura 1-2:	Emergencia de las 15 líneas de cebada.	21
Figura 2-2:	Estado fenológico ideal para la evaluación del vigor en la cebada.	21
Figura 3-2:	Más del 50% de plantas de cebada presentan espigas.	22
Figura 4-2:	Toma de datos de la altura	22
Figura 5-2:	Escala de Cobb, porcentaje de severidad de roya amarilla ocupada en la hoja.	23
Figura 6-2:	Toma del tamaño de las espigas de.....	24
Figura 7-2:	Evaluación del número de granos presentes en cada espiga de las 15 líneas de cebada.	25
Figura 8-2:	Peso de la cebada por tratamiento y repetición.	25
Figura 9-2:	Limpieza del terreno y diseño del experimento	26
Figura 10-2:	Siembra de las 15 líneas de cebada en cada repetición.	27
Figura 11-2:	Dotación de riego por aspersión en el ensayo.	27
Figura 12-2:	Control fitosanitario para corregir otras enfermedades en la cebada.	28
Figura 13-2:	Limpieza del terreno durante todo el ciclo fenológico de la cebada.	28
Figura 14-2:	Aplicación de urea al cultivo de cebada para corregir	29
Figura 1-3:	Emergencia de líneas de cebada en la Estación Experimental Tunshi.	34
Figura 2-3:	a) Reconocimiento de (<i>Puccinia striiformis</i>), b) uredios presentes en las hojas, c) urediospora de (<i>Puccinia striiformis</i> f sp. <i>hordei</i>) en cebada.	36
Figura 3-3:	a) inicio de la infección, b) pústulas de roya amarilla, c) incremento de la enfermedad, d) incremento de pústulas, e) daño en el tejido de la hoja.....	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Porcentaje de emergencia 15 DDS.....	33
Gráfico 2-3:	Vigor de las plantas de cebada obtenido por tratamiento.	35
Gráfico 3-3:	Tamaño de urediosporas (micras) de (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>) por tratamiento.	37
Gráfico 4-3:	Progreso de la enfermedad por tratamiento con relación a días de desarrollo.	39
Gráfico 5-3:	Porcentaje de severidad promedio de roya por tratamiento con sus genes Yr, en base a la escala modificada de Cobb.	40
Gráfico 6-3:	Condiciones climáticas para el desarrollo de (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>) en 15 líneas isogénicas de cebada.	42
Gráfico 7-3:	Área bajo la curva de la severidad de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i>) en 15 líneas de cebada.	44
Gráfico 8-3:	Incremento de la incidencia de roya amarilla por tratamiento en el cultivo de cebada.	46
Gráfico 9-3:	Días de desarrollo al espigamiento de las plantas de cebada obtenido por tratamiento.	47
Gráfico 10-3:	Altura promedio de las plantas de cebada obtenido por tratamiento.	48
Gráfico 11-3:	Tamaño promedio de las espigas de cebada obtenido por tratamiento.	49
Gráfico 12-3:	Número promedio de granos por espiga de cebada obtenido por tratamiento. ...	51
Gráfico 13-3:	Peso total de cebada en kg/ha obtenido por tratamiento.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DISEÑO DEL PROYECTO EN CAMPO
- ANEXO B:** DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA SEVERIDAD EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis f. sp hordei*).
- ANEXO C:** DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA LA INCIDENCIA EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis f. sp hordei*).
- ANEXO D:** DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA EL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis f. sp hordei*).
- ANEXO E:** DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE ESPORAS DE ROYA AMARILLA.
- ANEXO F:** DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE ALTURA DE LAS LÍNEAS DE CEBADA.
- ANEXO G:** DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE LAS ESPIGAS.
- ANEXO H:** DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA.
- ANEXO I:** DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE PESO DE LA CEBADA
- ANEXO J:** ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA (*Puccinia striiformis f. sp. hordei*) POR CADA LÍNEA ISOGÉNICA DE CEBADA

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la respuesta de 15 líneas de cebada frente a (*Puccinia striiformis* f sp. hordei), se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con 15 tratamientos de líneas isogénicas de cebada y 3 repeticiones provenientes de la Universidad de Saskatchewan (Canadá) y el INIAP, se desarrolló en parcelas de 1m²; para la severidad se utilizó la escala diagramática modificada de Cobb; donde presentó dos valores, el porcentaje real de uredinios de roya y el grado de severidad de la roya con valores desde el 1% hasta el 100%, de tal forma se evaluó las variables como porcentaje de emergencia a los 15 días, vigor de las plantas, días al espigamiento, altura de planta (cm), caracterización de la roya amarilla en laboratorio, incidencia y severidad ocasionada por roya amarilla, tamaño de la espiga, número de granos por espiga, peso y rendimiento. Los resultados sobresalientes presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en cuanto a la evaluación de la respuesta de líneas de cebada para las variables incidencia y severidad causada por roya amarilla, se obtuvo una resistencia vertical de las 15 líneas isogénicas de cebada. Se concluye que (Bancroft) presentó mayor susceptibilidad a roya amarilla y la mayor resistencia presentó (Heils Franken) Se recomienda repetir el experimento en otras zonas cebaderas para traer nuevas modificaciones genéticas.

Palabras clave: <UREDIOS>, <RESISTENCIA VERTICAL>, <ROYA>, <CEBADA>, <LINEAS ISOGENICAS>, <GENES YR>.

D.B.R.A.J.
Ing. Cristian Castillo




1108-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

This investigation aimed to evaluate the response of 15 barley lines against (*Puccinia striiformis* f sp. *hordei*). An experimental design of randomized complete blocks (RCBD) was used with 15 treatments of isogenic barley lines and three replications from the University of Saskatchewan (Canada) and National Institute of Agricultural Research (INIAP), it was developed in plots of 1m². For severity, the modified Cobb's diagrammatic scale was used, which presented two values, the actual percentage of rust urediniums and the degree of rust severity with values from 1% to 100%, and evaluated variables were percentage of emergence at 15 days, plant vigor, days to bolting, plant height (cm), characterization of yellow rust in the laboratory, incidence and severity caused by yellow rust, spike size, number of grains per spike, weight and yield. The outstanding results showed significant differences ($P < 0.05$) in the evaluation of the response of barley lines for the variables incidence and severity caused by yellow rust, vertical resistance was obtained for the 15 isogenic barley lines. It is concluded that (Bancroft) had the highest susceptibility to stripe rust and (Heils Franken) had the highest resistance. It is recommended to repeat the experiment in other barley growing areas to bring new genetic modifications.

Key words: <UREDIOS>, <VERTICAL RESISTANCE>, <RUST>, <BARLEY>, <ISOGENIC LINES>. <YRGENES>.



ESTHELA-ISABEL COLCHA GUASHPA
0603020678

INTRODUCCIÓN

Los cereales especialmente el trigo y la cebada son una de las principales fuentes de alimentación de los seres humanos. Según (Castañeda et al., 2004, p. 167). Se estima que los cereales aportan más de 50% de la energía total consumida por la población humana. Los países subdesarrollados o en vías de desarrollo dependen más aún de los nutrientes proporcionados por los cereales porque constituyen una excelente fuente de energía requerida para el crecimiento y el desarrollo.

La cebada (*Hordeum vulgare*) es el cereal considerado por el hombre como alimento básico, a nivel mundial ocupa el quinto lugar de mayor producción, a pesar de la demanda del arroz y maíz, la cebada se mantiene como un insumo importante para la industria alimentaria, en especial para la industria cervecera. En Ecuador, las condiciones agroclimáticas para la producción de cebada incluyen zonas de 2400 – 3300 msnm, suelos franco arenoso y profundos con buen drenaje, y con un pH de 6,5 - 7,5 además de precipitaciones de 400 - 600 mm durante el ciclo de cultivo (Lema, et al., 2017, p. 98).

El cultivo de cebada se ha vuelto de gran relevancia en el Ecuador, alcanzando una producción de 14.975 Tn, a nivel nacional (INEC-ESPAC, 2018, p. 10), mientras que a nivel mundial se producen 156.12 millones de toneladas métricas el principal destino de la producción son las comunidades debido a que en las mismas en primer lugar se lo consume de diferentes maneras especialmente como harina, y los excedentes son destinados a su comercialización. La producción de cebada ha ido tomando una gran relevancia debido a la demanda por parte de las necesidades alimenticias de la población y la industria cervecera nacional como prioridad.

Las principales provincias que se encargan de la producción de cebada son Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Bolívar, Cañar, Loja y Chimborazo por lo cual ningún otro cultivo supera la producción sobre los 3000 msnm. (Garofalo, 2012, p. 4). Alrededor del 70 % de los productores de cebada son minifundios ya que la superficie no supera 1 ha de terreno, esto es debido a que se trata de un alimento básico de subsistencia para las personas que viven en estas zonas interandinas tomando en cuenta que son sectores con los estratos más vulnerables. Los alimentos derivados de la cebada como la machica, arroz de cebada, entre otros constituyen la fuente principal de alimento de estos pueblos interandinos.

La producción y el rendimiento del grano de cebada son de gran importancia para el alimento de las personas así como de sus animales, los problemas que ocasionan el bajo desempeño de este cultivo se debe a características genéticas de las diferentes variedades de cebada presentes en el Ecuador y que los agricultores adquieren en los mercados locales, la resistencia y susceptibilidad

a plagas y enfermedades se debe a los distintos genes presentes en la variedad por lo que son de vital importancia para los productores el adquirir semillas con buen material genético, semilla certificada lo cual brinde un apoyo y estabilidad a los productores y agricultores para obtener los mejores rendimientos de este cereal. La integridad del cultivo se ve afectada por una serie de factores, pero en este caso las enfermedades demuestran ser una gran limitante en el ciclo de producción, los genotipos de las variedades que poseen los agricultores no resultan ser efectivos ante la amenaza de las enfermedades especialmente por la roya amarilla causada por (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) lo cual produce una gran baja en el rendimiento. Normalmente los agricultores recurren al uso de agroquímicos de manera constante e inadecuada agravando el problema realizando un mal manejo de los productos, obteniendo resultados totalmente contrarios a los esperados obligando a los productores a abandonar los cultivos. (Iniap, 2019, p. 52)

El manejo integrado de enfermedades (MIE) está conformado por una serie de estrategias para el control de enfermedades para los cultivos así por ejemplo el control genético, nos ofrece una menor tasa de impacto ambiental, además existe el desarrollo de genotipos resistentes o tolerantes a las enfermedades hace innecesario el uso de agroquímicos y potencia a gran escala el rendimiento de los cultivos. En numerosos países productores de cebada se encuentran amenazados por el ataque de la roya amarilla por lo que han optado por el desarrollo de variedades resistentes a través de procesos de determinación de genes de resistencia al ataque de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) debido a que el agente causal posee características policíclicas tiene la habilidad de desarrollar nuevas generaciones que inhabiliten los mecanismos de resistencia de la planta, haciendo que la planta una vez más sea susceptible al ataque del agente patógeno.

La cebada al desarrollarse con normalidad en condiciones adversas se reducen los costos de producción para el mantenimiento del mismo resulta ser un cultivo rentable para agricultores de escasos recursos pero alteraciones en el manejo del mismo como el monocultivo o el abuso de fungicidas han generado las condiciones óptimas para que la roya amarilla se desarrolle con mayor velocidad aumentando su nivel de daño al cultivo superando las pérdidas tolerables por los cultivadores llevándolos a optar por otros cultivos u otras fuentes de ingresos. (Rivadeneira, 2002, p. 50). Mediante la modificación genética, hoy en día es más fácil y efectivo conocer que variedades son resistentes y susceptibles a la enfermedad de roya amarilla es por ello que mediante la Universidad de Saskatchewan conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria se trata de dar soluciones a los agricultores, al momento de elegir y sembrar nuevas variedades de cebada que les permitan salir favorecidos en todo momento, de esta manera se trata de concientizar y ayudar al productor para que adopten nuevas técnicas, adquieran nuevas variedades de semillas que son resistentes a enfermedades por lo cual garantice su esfuerzo y su trabajo.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la respuesta de líneas de cebada frente a *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, agente causal de la roya amarilla de la cebada en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo

Objetivos Específicos:

- Evaluar la severidad e incidencia de *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* en cada línea.
- Determinar la resistencia parcial de las líneas mediante el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Eco fisiología de la cebada

En el Ecuador el cultivo de cebada es de mucha importancia debido a su gran adaptabilidad en una variedad de ambientes naturales lo que se diferencia a otros cereales, su mayor producción se basa principalmente en zonas altas con alturas superiores a los 2400 msnm en donde el clima se presenta desfavorable, aquí a esta altura el rendimiento de la cebada es más bajo en comparación con el trigo puesto que este se adapta distinto y domina las condiciones existentes en estos lugares (Chancasanampa, 2020, p, 3).

La productividad del cultivo de cebada necesita cumplir especialmente procesos fisiológicos y de crecimiento que se encuentran presentes en el medio ambiente naturalmente como son: temperatura, radiación solar, fotoperiodo y las precipitaciones, para obtener un alto rendimiento del grano se pueden modificar de manera limitada estos factores ambientales, así como también es indispensable mejorar y adquirir buenas técnicas de manejo como la densidad a la que se sembrara el cultivo, la fertilidad existente en el suelo, la calidad de agua para regadío y la forma de riego a aplica (Gonzales, 2001, p. 15).

Existen varios programas de mejora genética en el Ecuador proporcionados por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, el cual menciona que el rendimiento del cultivo de los cereales especialmente de la cebada se vincula con el número de granos que produzca la planta y mas no con el tamaño del mismo, por lo que particularmente este cultivo depende de la tasa de siembra y el suministro de asimilación al que la semilla se encuentre expuesta desde su siembra y su desarrollo (INIAP, 2010, p. 5).

El uso adecuado y dosificado de productos químicos garantizan un incremento en el rendimiento del cultivo de cebada así lo menciona (INIAP, 2010, p. 5), de la misma manera este cereal se ve necesitado de fuentes ricas en fosforo, potasio, y azufre como elementos principales para su desarrollo y optimo crecimiento; sin embargo, además de estos elementos la cebada requiere otras fuentes de nutrientes como son los reguladores de crecimiento los cuales se deben aplicar en su momento exacto del desarrollo del cultivo.

1.2. Características agronómicas de la cebada

1.2.1. Origen

La cebada fue domesticada por primera vez hace unos 10.000 años a partir de su pariente silvestre, *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* en el área del Medio Oriente conocida como Creciente fértil. La creciente fértil, también llamada "Cuna de la civilización", abarca las antiguas civilizaciones de Fenicia, Asiria y Mesopotamia, luego se expandió a Asia y la India (Simbaña, 2015, p. 20).

El cultivo de este cereal de gran importancia se siembra y se cosecha en diferentes zonas climáticas de todo el mundo ya que tiene gran tolerancia a la sequía y a las bajas temperaturas por las noches, cabe recalcar, que cuando se encuentran en suelos fértiles con buen drenaje, contenido de materia orgánica y buena aireación alcanza su mayor producción. (Quispe, 2014, p. 15). Así también de esta forma la cebada al momento de postcosecha no presenta una adecuada maduración del grano en climas húmedos y semihúmedos al contrario que pasa en climas fríos o de altura, este cereal por su buena adaptabilidad a un sin número de ambientes y condiciones desfavorables con el transcurrir del tiempo ha ido modificando cambios en sus estructuras reproductivas como los diferentes tipos y tamaños de espigas, a su vez la semilla ha sufrido varios cambios en su genética presentando mejores características y volviéndose más resistentes a enfermedades comunes que afectan a este cereal (Quispe, 2014, p. 15).

1.2.2. Clasificación taxonómica

Tabla 1-1: Clasificación completa de la cebada, *Hordeum vulgare* L

Clasificación	
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta – Plantas vasculares
Superdivisión:	Spermatophyta – Plantas con semilla
División:	Magnoliophyta – Plantas que florecen
Clase:	Liliopsida – Monocotiledóneas
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>vulgare</i> L.

Fuente: (Cotera, 2016, p. 8).

1.2.3. Botánica

1.2.3.1. Sistema radicular

Según (Aldaba, 2010, p. 6) manifiesta que las raíces de cebada son muy atractivas y muestran que allí se pueden identificar tanto raíces primarias como secundarias obteniendo una raíz fasciculada. Las raíces primarias se forman a partir del crecimiento de los cotiledones y desaparecen en las plantas adultas, momento en el que las raíces secundarias se desarrollan desde la base del tallo con muchas ramas diferentes.

1.2.3.2. Tallo

El tallo de la cebada es una cadena de nudos de macollamiento, y está claro que sus tallos principales y accesorios dependen de una variedad de factores, incluidos el medio ambiente y la genética de la cebada. En otras palabras, su diversidad. El tallo de este grano tiene una parte hueca llamados entrenudos.

El tallo principal se distingue en su etapa de floración porque presenta una mayor altura en comparación a los tallos secundarios que se producen en su etapa de macollamiento (León, 2010, p. 10).

1.2.3.3. Hojas

Presenta hojas simples y alargadas en la cual se diferencian sus 3 partes principales como son la vaina basal, la lámina y la lígula, además presentan prolongaciones denominadas aurículas que se encuentran en los nudos tallos, su función esencial es captar la luz solar y fabricar compuestos para la fotosíntesis, además protege a la inflorescencia cuando se encuentra en crecimiento.

1.2.3.4. Inflorescencia

De acuerdo con la (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008), citado en Quelal, 2014, p. 5) manifiesta que las inflorescencias vienen a ser las espigas, que se definen por ser compactas y habitualmente barbadas dependiendo de la variedad. La espiga como se la denomina se desarrolla en la parte superior del tallo, se forma de un eje llamado raquis, formada por nudos en zigzag, en los que se encuentra una espiguilla.

1.2.3.5. Fruto (semilla)

El fruto viene a ser el grano este es una cariósida con apariencia ovalada, no es más que pequeño ovulo que se encuentra unido a su inflorescencia con alto contenido en almidón, el tamaño del grano de cebada depende de la influencia de factores externos, del cuidado y manejo en el que se desarrolló el cultivo, así como de la variedad o herencia genética que presenta la semilla. Cada espiga dependiendo de la diversidad puede contener de 25 a 60 granos de cebada (Aldaba, 2010, p. 8).

1.3. Principales enfermedades a nivel mundial

1.3.1. Mancha negra (Pyrenophora teres)

Los síntomas son pequeñas manchas marrones circulares que se convierten en un patrón similar a una red marrón chocolate en las hojas, las vainas de las hojas y las glumas. Algo amarillento de las áreas que rodean el patrón de la red. Las hojas severamente afectadas mueren. Las prácticas de control son variedades resistentes a las plantas, aplicar fungicidas, rotar con cultivos de otros cultivos de cebada y destruir los residuos de cebada infectados (Gamba y Tekauz, 2011, p. 51).

La enfermedad producida por este patógeno puede producir una pérdida de rendimiento del 10 al 40%. Para su desarrollo e incremento de la enfermedad se originan en condiciones óptimas en temperaturas que oscilan entre los 15 y 23 ° C y una humedad relativa superior al 75% (Velasco et al., 2020, p. 105).

El mal manejo de postcosecha de la cebada hace que esta enfermedad se propague por medio de la semilla por lo que constituye uno de los medios más rápido de desarrollo de micelio. No obstante, la fuente principal del inóculo para las infecciones primarias son los restos de las cosechas que permanecen en el suelo, sobre los que se mantiene el micelio, que produce conidiósporas causantes de las infecciones primarias.

Durante el periodo vegetativo cuando las condiciones se presentan favorables, con una humedad relativa que va de 85-90% y temperaturas entre 18 a 20 C° la germinación de las esporas será inmediata penetrando en la dermis de las hojas lo que causa una multiplicación de la enfermedad (Havlová et al., 2006, p. 1354).

1.3.2. Tizón cubierto (Ustilago hordei)

Las manifestaciones que aparecen en los granos de cebada se encuentran rodeados de una membrana de color blanco, a percepción visual pueden parecer normales, aunque en su interior esta rellena de clamidosporas, por lo que no es posible una infección en la inflorescencia ya que la cutícula que envuelve las esporas permanece hasta después de la maduración de la cebada. La infección de este tizón se trata pues de una infección germinal y al no poder penetrar las clamidosporas en el interior de la cariósida quedan exteriormente entre las glumas que la envuelven (Vilema, 1965, p. 5).

Todas las variedades de cebada que se producen en el Ecuador y en algunas zonas de América son susceptibles a una o más razas. Las prácticas de control recomendadas son básicamente rotación de cultivos, quema de rastrojo y sembrar semillas libres de patógenos es decir semilla certificada, aunque se pueden aplicar fungicidas con un conocimiento previo para no sufrir una pérdida en el rendimiento. Los tratamientos con productos anticriptogámicos son eficaces, pero al tratarse de la cebada, un grano vestido, solamente los tratamientos líquidos deben emplearse ya que el polvo no llegaría a las esporas protegidas, como están por las envueltas (Velasco et al., 2020, p. 105).

1.3.3. Mancha manchada / tizón foliar (Bipolaris sorokiniana)

Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan en las plántulas claramente diferenciadas por su color café presentes en las lesiones, se originan a partir de semillas infectadas con el patógeno. El hongo crece a partir de la semilla y coloniza el coleóptilo. Si el micelio penetra y se desarrolla en el interior del coleóptilo, las manchas se podrán observar sobre la plúmula (Wiese, 1977, citado en Domínguez, 2014, p. 25-30).

Otro tipo de enfermedad causada por (*Bipolaris sorokiniana*) en cebada es la pudrición radicular, caracterizada por lesiones pequeñas, ovaladas y marrones sobre las raíces primarias y secundarias, en el mesocótilo y en la corona de la planta. Estas infecciones son originadas a partir de conidios presentes en el suelo o del micelio presente en semillas (Mathre, 1982 citado en Domínguez, 2014, p. 25-30).

Los síntomas secundarios de la pudrición en la raíz no se pueden visualizar claramente en partes aéreas de las plantas, ya que son un poco visibles. Estos se caracterizan principalmente por la reducción del vigor de las plantas y la consecuente reducción de su tamaño, menor tamaño de las espigas y por la muerte de macollos (Domínguez, 2014, p. 27).

Este patógeno puede causar la muerte de plántulas especialmente cuando su semilla está infectada lo que ocasiona una afectación a los órganos aéreos de la planta a lo largo del ciclo de cultivo.

1.4. Principales enfermedades en Ecuador

En nuestro país varias son las enfermedades que atraviesa y perjudica al cultivo de cebada, sin embargo, la principal y de mayor afectación hacia este cereal es la roya amarilla o lineal, la misma que se encuentra distribuida en toda la zona interandina del Ecuador afectando directamente a las hojas y tallos de la cebada formando unas pequeñas envolturas de color amarillento anaranjado, aunque también se han identificado otras enfermedades como son: el virus del enanismo amarillo que afecta a todos los cereales y la fusariosis afectando al grano.

1.4.1. Roya amarilla de la hoja

La roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) de la cebada es la enfermedad más peligrosa y perjudicial ya que si se presenta en variedades susceptibles pueden perder hasta un 90% la capacidad de su rendimiento (INIAP, 1994, p. 9). Se manifiesta a partir de 70 días después de la siembra, la roya de la hoja es producida por el hongo *Puccinia hordei* que aparece formando pústulas que se desarrollan en forma desordenada en la lámina de la hoja y tienen una coloración amarillo ladrillo ocasionando un impacto negativo en las hojas del cultivo por lo que limita su tasa fotosintética y de esta manera reduciendo su rendimiento.

Según (INIAP, 1994, p. 10) en el caso del Ecuador, esta enfermedad fungosa se presentó en la provincia del Carchi en 1976, expandiéndose rápidamente a todas las áreas cebaderas, disminuyendo su producción en un 50 %.

1.4.2. Virus del enanismo amarillo de los cereales

El virus del enanismo amarillo también es una enfermedad perjudicial además de considerarse como endémica de algunas zonas de la región sierra. Por la alta presencia de vectores de este virus como áfidos y del incremento paulatino de pastizales en las zonas cebaderas han ocasionado una importante infestación de esta enfermedad que se mantiene de forma permanente en este cultivo. Según la variedad de la cebada, algunas son muy susceptibles a la infección debido a que se origina en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo del cereal, lo que ocasiona pérdidas en la producción de hasta un 80% viéndose realmente perjudicado (INIAP, 1994, p. 9).

Cuando la infección se origina en la etapa inicial lo que origina este virus en las plantas es un achaparramiento y enanismo, además reducen el porcentaje de macollamiento y por ende un se

reduce de manera significativa el tamaño y aparición de las espigas; además de presentar varias coloraciones en el as y el en vez de la hoja que van desde un estriado clorótico mínimo a una clorosis foliar total (Stubbs, et al., 1986, p. 44).

1.5. La roya en Ecuador

La extensión de propagación de la roya amarilla de la cebada es elevada debido a que sus esporas se esparcen a distancias considerables causadas por las corrientes eólicas. Las plantas de cebada al verse infectadas por *Puccinia hordei* en su etapa inicial de su ciclo vegetativo o a su vez cuando la infección ocurre en la etapa de aparición de su inflorescencia y la hoja bandera se ve afectada las pérdidas en el rendimiento pueden ser muy cuantiosas.

Cuando las plantas presentan síntomas y signos de la enfermedad las hojas se tornan pequeñas y sus tallos se vuelven débiles lo que ocasiona un retardamiento en la maduración (González, et al., 2013 p.3).

Durante todo el ciclo del cultivo, las plantas de cebada se ven expuestas a muchos ataques de patógenos desde virus, bacterias y hongos por lo que ocasionan daños y reducción de la calidad del grano. (Jayesena & Loughman, 2005, citado en González, et al., 2013 p.3). menciona que en infecciones tempranas y severas el rendimiento del grano puede disminuir 30% pudiendo afectar la calidad y el tamaño de los granos de cebada.

Se espera que la reducción en el valor de la producción provoque un impacto social moderado con pérdidas significativas para los productores y procesadores locales de cebada (alimento para el ganado, productores de malta), así como efectos de flujo hacia la comunidad en general. La experiencia previa ha demostrado que los hongos de la roya de los cereales tienen un enorme potencial de propagación una vez que se introducen en una nueva región.

1.6. Morfología y epidemiología de la roya.

1.6.1. Morfología

El hongo causante de la roya amarilla en los diferentes cereales es un parásito biotrofo obligado. El cual posee un ciclo de vida heteroico, es decir que precisa disponer de 2 hospederos diferentes para completar su ciclo de vida (Chen et al. 2014, p. 437).

La prolongación de esta enfermedad es ocasionada por las esporas o llamadas también (urediosporas) las cuales son las encargadas de infectar, se localizan en el interior de las

envolturas o pústulas que inmediatamente son transportadas por acción del viento a grandes extensiones y varias direcciones. Para la germinación y desarrollo de estas esporas es necesario contar con un clima favorable en donde es de vital importancia la presencia de humedad en las hojas.

Estas urediosporas se extienden en series lineales y alargadas por el as y el envez de la superficie de la hoja las mismas que pueden ocasionar un colapso total de la hoja debido a que las esporas van incrementando su distribución en la superficie de la hoja cada día, presentan una coloración amarillentas por lo que se distingue de otras enfermedades además de que *puccinia hordei* solo se encarga de atacar a la epidermis de las hojas (Chen et al. 2014, p. 437).

Para el desarrollo óptimo del hongo cuando las condiciones son favorables este se reproduce casi exclusivamente de manera asexual por medio de las urediosporas producidas en el mismo cultivo o a sus alrededores. Una vez que transcurre la infección en las hojas el hongo produce telios que son estructuras de color negro que contienen teleosporas y son las encargadas de secar a la hoja (Chen, et al., 2014, p. 437).

1.6.2. Epidemiología

Durante el proceso de infección y para que el cultivo se vea afectado por este patógeno dependerá básicamente de la cantidad de inóculo presentes en las hojas y si las condiciones ambientales han sido favorables para que el patógeno sobreviva e infecte. El patógeno encargado de la roya amarilla permanece en plantas hospederas que se encuentran alrededor del cultivo lo que causa el primer inóculo, mientras que el inóculo secundario se genera después cuando empieza el ciclo vegetativo del cultivo, dándose de esta manera varios ciclos de infección debido a que se multiplica de forma asexual, esto ocurrirá entonces cuando las condiciones se presentan adecuadas lo que durara la incidencia entre 7 y 10 días (González, et al., 2013, p. 1239).

Las infecciones ocasionadas al inicio del ciclo del cultivo pueden volverse realmente agravantes porque pueden provocar una reducción en el rendimiento debido a que al verse afectada por este patógeno reduce considerablemente el número de granos cuajados por espiga, además del peso hectolítrico y la calidad del grano aproximándose a una pérdida del 50% (Chacalán, 2012, p. 17).

El incremento de la enfermedad se desarrolla muy rápido afectando completamente a la planta en aproximadamente 20 días, e incluso algunos cultivares muy susceptibles en menos días. La infección compromete directamente a la espiga en variedades susceptibles en el Ecuador puesto que afecta a las glumas y barbas. La hoja bandera la cual recubre a la espiga al verse afectada por

este hongo, los granos de la cebada se presentarán deformes, con menos peso y de mala calidad en comparación con plantas sanas, generando una recaída en el rendimiento por unidad de superficie (Andrade y Contreras, 2007, p. 20).

Por acción del viento las esporas que son llevadas hacia otros campos y hacia el resto de las plantas o a su vez otras esporas de otros sectores son trasladadas hacia el cultivo son las que causan la infección primaria y esto al juntarse principalmente en la noche con humedad del ambiente (lluvia o roció) la infección avanza con velocidad. Su alta agresividad se ve reflejada cuando las condiciones del medio ambiente oscilan entre 10-15 °C con una humedad relativa elevada pueden difundir su ciclo de 10-12 días provocando un umbral de daño elevado (Chacalán, 2012, p. 13).

Para que el ciclo epidemiológico se prolongue depende de muchos factores como; el mismo ser humano al estar en contacto directo con el cultivo, además de utilizar la misma maquinaria agrícola, que se ha utilizado, no optar por rotar cultivos y la presencia de plantas hospederas que se encuentran alrededor de los cultivos de cebada, así como también de vectores presentes en el medio.

1.7. Sintomatología y ciclo de la enfermedad

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la roya amarilla de la cebada.

Clasificación	
Dominio:	Eucariota
Reino:	Fungí
Filo:	Basidiomycota
Clase	Urediniomycetes
Orden:	Urediales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	<i>Puccinia</i>
Especie:	<i>striiformis</i>
Forma especial:	<i>hordei</i>

Fuente: (Cotera., 2016, p. 9).

1.7.1. Sintomatología

La "roya amarilla", es un hongo que ataca a cualquier parte aérea de la planta de cebada, principalmente a las hojas y espigas. Los síntomas provocados por roya amarilla se manifiestan en cualquier estado fenológico del cultivo mediante pústulas alargadas en el haz de la hoja, de 0,5 a 1 mm de longitud, que rompen la cutícula para desprender las esporas. Estas pústulas son los

llamados uredios que a su vez sus esporas las urediniósporas o uredósporas son las cuales presentan el color amarillo o anaranjado que son visibles al ojo humano.

Estas lesiones por lo general se ubican de manera lineal sobre la superficie de la hoja ya sea en el as o el en ves, confiriendo el aspecto característico de este patógeno. El tamaño y la longitud dependerán del tipo de infección y la variedad, y pueden producirse tanto en las hojas basales como en las superiores, las infecciones medias o graves, superiores al 50%, las hojas se secan de forma prematura y completa (Almacellas & Sánchez, 2015 p. 7).

La presencia de altas temperaturas hace que el desarrollo del hongo se paralice ocasionando otro aspecto en la superficie de la hoja presentando un color oscuro o negro, como una necrosis, a estos se les denomina teliosoros o teleutosoros que son estructuras que muestran la maduración de la roya y empieza la fase de supervivencia. Estas pústulas negras son también una herramienta de diagnóstico característico de la roya amarilla y constituyen la evolución del hongo hacia su fase sexual en que se producirá una recombinación de genes permitiendo su adaptación a la genética de las variedades cultivadas (Almacellas & Sánchez, 2015 p. 7).

Esta enfermedad también se presenta en las espigas y es claro apreciar en la parte externa de color amarillo, además se presenta en las glumas con partículas amarillas y alargadas que no son más que las esporas del hongo, igualmente en las aristas o barbas de la cebada se pueden ver punto diminutos amarillos que a su vez confunde con la madurez de las espigas y del grano (Vega, 1976 p. 3).

1.7.2. Ciclo de la enfermedad

En el Ecuador la infección primaria se produce en los meses de julio y octubre en donde las esporas son arrastradas por el viento, mientras que al inicio de invierno el patógeno se incrementa y multiplica su ciclo, las pústulas emergen en las hojas de las plantas con una rapidez alta dependiendo de las condiciones climáticas, contaminando a plantas vecinas y cultivo adyacentes, incluso se dispersan a grandes distancias.

La etapa más virulenta del patógeno se presenta con temperaturas que oscilan entre 10 y 15 °C además de contar con humedad en el ambiente que moje la hoja. Esta enfermedad al verse afectada por elevadas temperaturas llega a un punto en el que se paraliza su desarrollo sucediéndose unos ciclos infectivos a otros confiriendo una alta agresividad y daños potenciales a esta patología (Gutierrez, et al., 2014, p. 4).

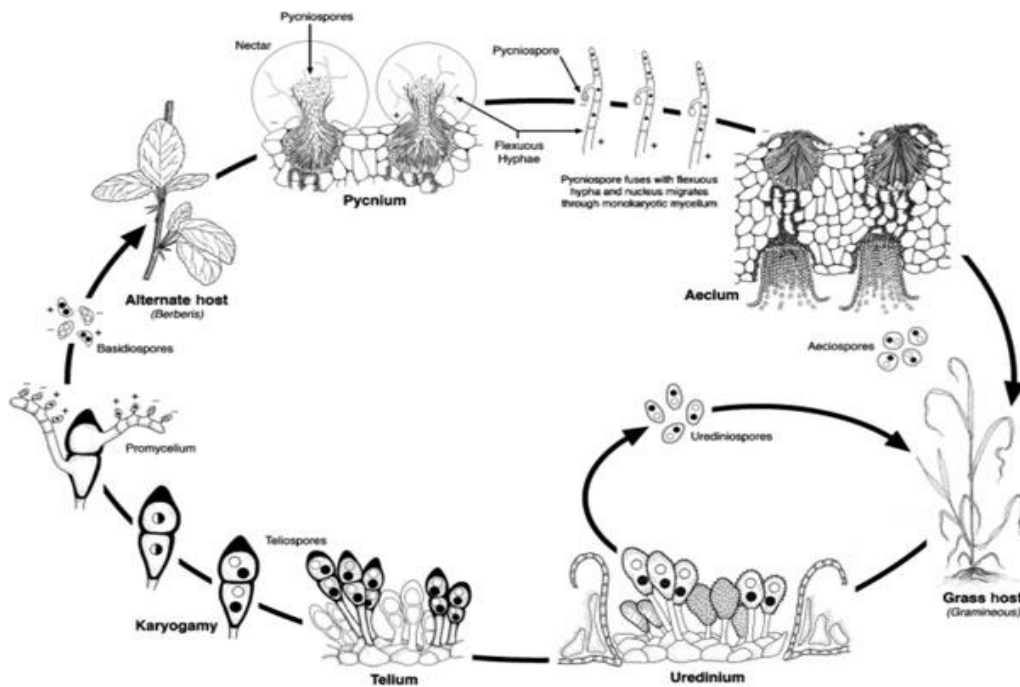


Figura 1-1. Ciclo biológico típico de una roya de cereal heteroica y macrocíclica de (*Puccinia striiformis* f, sp. *hordei*).

Fuente: (Kolmer, 2013).

Arbeláez & Esparza (1976); citado en Quispe (2014, p. 20), mencionan que *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, se reproduce mediante uredósporas, que son las encargadas de dispersar la enfermedad; las uredósporas son llevadas principalmente por el viento y en menor escala por el agua, partes del cuerpo humano como manos y en su vestimenta como también en las herramientas. Bajo condiciones favorables las uredósporas germinan sobre las plantas de cebada produciendo un tubo germinativo provisto de un apresorio, el cual penetra a través de las estomas, crece entre las células de la planta y es capaz de emitir haustorios. Después del desarrollo del hongo dentro de los tejidos de la planta, se producen nuevamente uredósporas.

Cuando la planta madura se inicia la formación de teliosporas, las cuales germinan produciendo basidiosporas que son diseminadas principalmente por el viento, pero que no producen infección directa en cebada (Arbeláez & Esparza, 1976; citado en Quispe, 2014, p. 20).

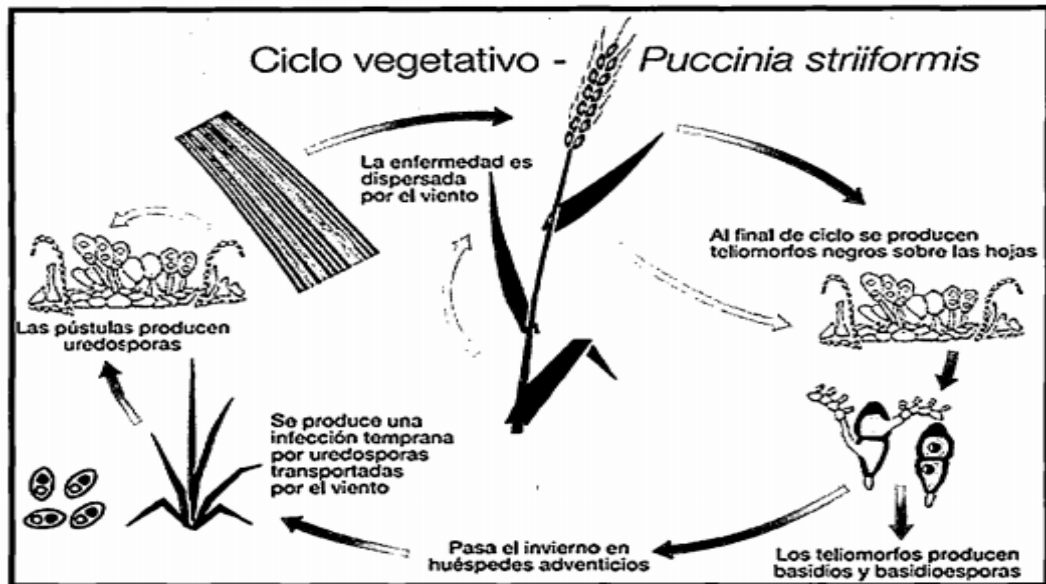


Figura 2-1. Ciclo vegetativo de (*Puccinia striiformis*)

Fuente: (Arbeláez & Esparza, 1976).

1.8. Patogenicidad y agresividad

1.8.1. Patogenicidad

Danna (2002) citado en Simbaña (2015, p. 9), indica que al germinar la urediospora forma un tubo germinativo que se introduce en las estomas alcanzando así la cámara subestomática. Desde ese momento el tubo germinativo del hongo se pone en contacto directo con las células vegetales de la hoja, pero sin ocasionar daño en estas, con el transcurso del tiempo el tubo germinativo se va insertando en los espacios intercelulares hasta formar un apresorio que originará a las urediosporas que son los cuerpos reproductivos del hongo. Los apresorios formados permiten que el patógeno se alimente de la célula vegetal viva por medio de la membrana plasmática. Es en este momento donde el apresorio empieza a conformar los cuerpos fructíferos permitiendo ver los signos visibles en el exterior de las hojas (Danna, 2002 citado en Simbaña, 2015, p.9).

En un lapso de 8 horas se realiza el periodo de incubación del hongo, aunque solamente si le acompañan las condiciones del medio. Para su incremento se necesita la presencia inminente de agua que este en la superficie de las hojas (González, et al., 2013, p.3).

1.8.2. Agresividad

La agresividad que presenta este patógeno es alta debido a que su capacidad relativa que tiene este patógeno para infectar, colonizar y causar daño a las plantas es inmediato. Un aislado o raza más virulenta puede causar una enfermedad y daño más severos que un aislado menos virulento.

Puede relacionarse con diferencias no estimadas en la producción de esporas, la idoneidad del medio ambiente, la capacidad de las esporas para sobrevivir o infectar, la duración de los períodos de latencia y de esporulación. En el caso de las royas de los cereales, es difícil determinar hasta qué punto las diferencias en el período de latencia obedecen a la agresividad del patógeno, las condiciones ambientales y sus interacciones, y en qué medida son resultado de la resistencia no específica (Roelfs, et al., 1992 p.14).

1.9. Genotipos resistentes a roya

Los genes que confieren resistencia a royas en trigo se clasifican en tres categorías: 1) los que confieren resistencia en todas las etapas de crecimiento, ésta se manifiesta desde plántula y se mantiene durante todo el ciclo de crecimiento en ausencia de virulencia; 2) los genes que sólo confieren resistencia en planta adulta (RPA), cuya resistencia se hace más efectiva en la hoja bandera, que son de raza-específica, y 3) los genes que confieren resistencia parcial, a menudo como resistencia de campo y son parciales; es decir, se expresan fenotipos con diferentes niveles de infección a la enfermedad; este tipo de resistencia es conocida como resistencia de raza no específica (Lagudah, 2011; citado en Rodríguez, et al., 2019).

1.9.1. Resistencia a roya

La resistencia es la capacidad de la planta para reducir el crecimiento, desarrollo y reproducción del patógeno o parásito después de que se ha iniciado o establecido el contacto entre el hospedante y el patógeno iniciando su desarrollo. La resistencia se mide comparando la cantidad de patógeno por planta o parte de una planta con la cantidad de patógeno en una planta o parte de la planta susceptible (Niks & Lindhout, 2003; citado en Simbaña, 2015, p. 12).

Los diferentes genotipos existentes con resistencia ya establecida por un solo gen, muchos o en su totalidad pierden su estabilidad debido a que van brotando nuevas razas más virulentas con la destreza de debilitar la resistencia establecida en los cultivares; por lo que al suceder esto cada respuesta que se origine por el patógeno se va a ser diferente, es por ello que se encuentran genotipos que al presentarse en las mismas condiciones y con la misma presión de inóculo se muestran más resistentes (Ponce, 2013, p. 5).

Junto con los términos “resistente” y “susceptible” se usa el término “tolerante” para describir la reacción de una planta frente al patógeno. Agrios (2005), define a una planta tolerante, como

aquella que ha sido susceptible y logra retardar la aparición de síntomas y el crecimiento del patógeno, para finalmente producir cosechas aceptables.

1.9.2. Evaluación de la resistencia a roya

En el caso de la roya amarilla se deben combinar de 4 a 5 genes de efecto aditivo o de raza no específica para reducir el progreso de la enfermedad a niveles bajos, donde sólo se puedan observar porcentajes mínimos de severidad (de 5 a 10 % de infección en hoja bandera) (Singh et al., 2011 citado en Rodríguez, et al., 2019, p. 32).

Existen diferentes tipos de resistencias de las plantas hacia los patógenos y plagas como son la resistencia no específica o llamada también horizontal, cuantitativa, de campo o poligénica y la resistencia específica o llamada también vertical, cualitativa.

La resistencia horizontal o cuantitativa no es específica a las razas del patógeno debido a que se encuentra controlada por varios genes (genes menores) que presentan una acción génica principal o parcialmente recesiva (Sandoval et al. 2002, p. 266).

Este tipo de resistencia no protege a la planta de ser infectada, pero retarda el desarrollo de la infección, la dispersión y la epidemia en el cultivo (Agrios, 1997; citado en Cardenas, 2012 p. 11). Las variedades que poseen este tipo de resistencia son más durables ya que el patógeno debe generar más mutaciones para romper la resistencia de la planta.

La resistencia vertical o cualitativa es específica a las razas del patógeno, es decir, que en algunos casos la planta puede ser resistente a la virulencia de una raza del patógeno y susceptible a otra (Agrios, 1997; citado en Cardenas, 2012, p. 11). Está controlada por uno o pocos genes (genes mayores) que actúan de manera más efectiva en el reconocimiento del patógeno generando inmunidad o una reproducción lenta del patógeno.

1.9.3. Líneas isogénicas de cebada

Las diferentes líneas isogénicas de cebada que se realizó en el ensayo son organismos que son casi idénticas genéticamente, excepto por lo que se refiere a los genes identificados. Se forman generalmente por retro cruzamientos repetidos o por transformación.

Estas líneas de un solo gen tienen ventajas como huéspedes diferenciales. Cuando se encuentra un gen de resistencia nuevo o único, generalmente no se dispone de semillas suficientes,

especialmente las líneas de un solo gen con el mismo origen, porque se necesita tiempo para desarrollar líneas de un solo gen con el mismo origen. Hay varios conjuntos de diferenciales que se han utilizado para identificar razas de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) (Kutcher; 2016, p. 1745).

1.10. Razas de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*)

Dado que la roya de la cebada se encuentra en muchos lugares, pocos países han estudiado las razas del patógeno de la roya de la cebada, (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*), especialmente en la última década. Cuando la roya rayada ocurre en una región o en una variedad, es importante saber qué raza o razas causan la enfermedad. Cuando se identifica una raza, es bueno saber cómo se distribuye y la frecuencia de la carrera en un área, país o el mundo.

Esta información se puede obtener recolectando un gran número de muestras e identificando razas de las muestras. Cuando se identifican dos o más razas, es importante conocer las relaciones entre razas. Esto se hace comparando sus virulencias y avirulencias comunes y diferentes. Más virulencias compartidas por dos razas que indican más parentesco entre las dos razas.

Es importante conocer las frecuencias de virulencias individuales, ya que el patógeno de la roya rayada tiene la alta capacidad de recopilar diferentes virulencias en una sola raza, las diferentes razas tienen diferentes combinaciones de virulencias y las razas varían mucho en distribuciones y frecuencias. Esta información es fundamental para la determinación de genes de resistencia eficaces en diferentes regiones o países (Kutcher; 2016, p. 1745).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Características del lugar

2.1.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación experimental Tunshi, de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicado en la Parroquia Licto del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.1.2. Ubicación Geográfica

Tabla 1-2: Coordenadas geográficas del lugar.

Descripción	Valor
Latitud:	9810831 UTM
Longitud:	763423 UTM
Altitud:	2740 m.s.n.m.

Fuente: ESPOCH, 2020.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.1.3. Características Climatológicas

Tabla 2-2: Condiciones climáticas del sitio experimental.

Descripción	Valor
Temperatura media:	13,5 °C
Humedad relativa:	80%
Precipitación media anual:	510 mm
Punto de rocío:	8%

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Material Biológico

Se utilizaron 15 líneas isogénicas de cebada provenientes de la Universidad de Saskatchewan (Canadá)

2.2.2. *Materiales de campo*

Azadón, rastrillo, hoyadora, martillo, clavos, alambre galvanizado, malla sarán al 35% de sombra, alicate, taladro, postes de madera.

2.2.3. *Materiales y equipos de oficina*

Computadora, escala modificada de Cobb, lápiz y libreta de apuntes, material bibliográfico, cámara profesional.

2.3. Metodología

La evaluación a la respuesta de las 15 líneas isogénicas de cebada se realizó en 2 etapas; la primera y la más importante se realizó en campo en la Parroquia Licto específicamente en la Estación Experimental Tunshi perteneciente a la ESPOCH en donde se instalaron parcelas demostrativas de dimensiones de 1m x 1m distribuidas en 3 repeticiones para cada línea.

La segunda etapa de recolección de datos se realizó con la caracterización de *Puccinia striiformis* a nivel de laboratorio además en campo con ayuda de la escala modificada de Cobb con la cual se cuantifico el porcentaje de daño o severidad real. Para la tabulación de datos se realizó con el programa R-studio, Infostat y Excel. Se evaluaron 12 plantas por tratamiento y por repetición para su seguimiento en los siguientes parámetros.

2.4. Método de evaluación y datos registrados

2.4.1. *Emergencia de la cebada*

Se evaluó el porcentaje de emergencia de las 15 líneas de cebada en las distintas repeticiones a los 15 días después de la siembra.

Tabla 3-2: Escala para la evaluación de emergencia de los cereales.

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

Fuente: (INIAP, 2019)

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Se consideró una planta emergida cuando esta vigorosa, con 2-3 hojas verdaderas sin presentar marchites.



Figura 1-2. Emergencia de las 15 líneas de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.2. Vigor de las plantas

La evaluación del vigor tuvo como objetivo evaluar la expresión genética propia de cada material se evaluaron 12 plantas por tratamiento y se evaluó visualmente, comparando el desarrollo general de las plantas.

Tabla 4-2: Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.

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

Fuente: (INIAP, 2019).

Realizado por: Merchán, O. 2022.



Figura 2-2. Estado fenológico ideal para la evaluación del vigor en la cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.3. Días al espigamiento

ESCALA: La estimación de este parámetro se realizó en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad.

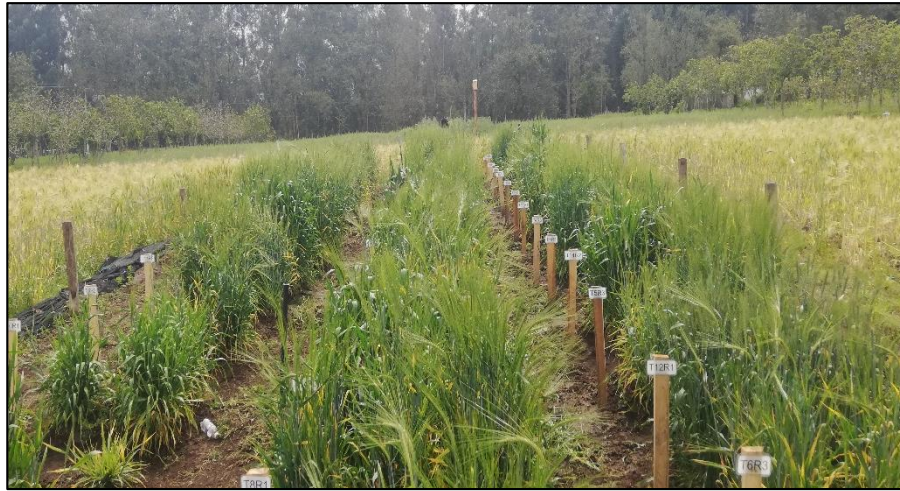


Figura 3-2. Más del 50% de plantas de cebada presentan espigas.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.4. Altura de las plantas

Se lo realizó en estado maduro donde las plantas alcanzan su tamaño máximo. Este parámetro se midió desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros.



Figura 4-2. Toma de datos de la altura de las plantas en estado maduro.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.5. Evaluación de la severidad

Se realizó con el material biológico infectado con roya amarilla, una vez aparecidos los signos en el follaje de las plantas aproximadamente en un mes, en base a escalas diagramáticas internacionales de incidencia y severidad se evaluó el progreso de la enfermedad de manera visual cada 4 días durante un mes, registrando las anotaciones en una base de datos para un posterior análisis estadístico acompañado de comprobaciones que determinará el número de líneas susceptibles y resistentes a la roya amarilla. Se evaluó la severidad mediante la escala modificada de Cobb.

Tabla 5-2: Escala de Cobb modificada para la evaluación de severidad de la roya en cebada.

A, PORCENTAJE REAL OCUPADOS POR UREDIOS DE ROYA AMARILLA; B, GRADO DE SEVERIDAD DE LA ROYA %												
A	0,37	1,85	3,7	7,4	11,1	14,8	18,5	22,2	25,9	29,6	33,3	37
B	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Fuente: (Roelfs, et al., 1992).

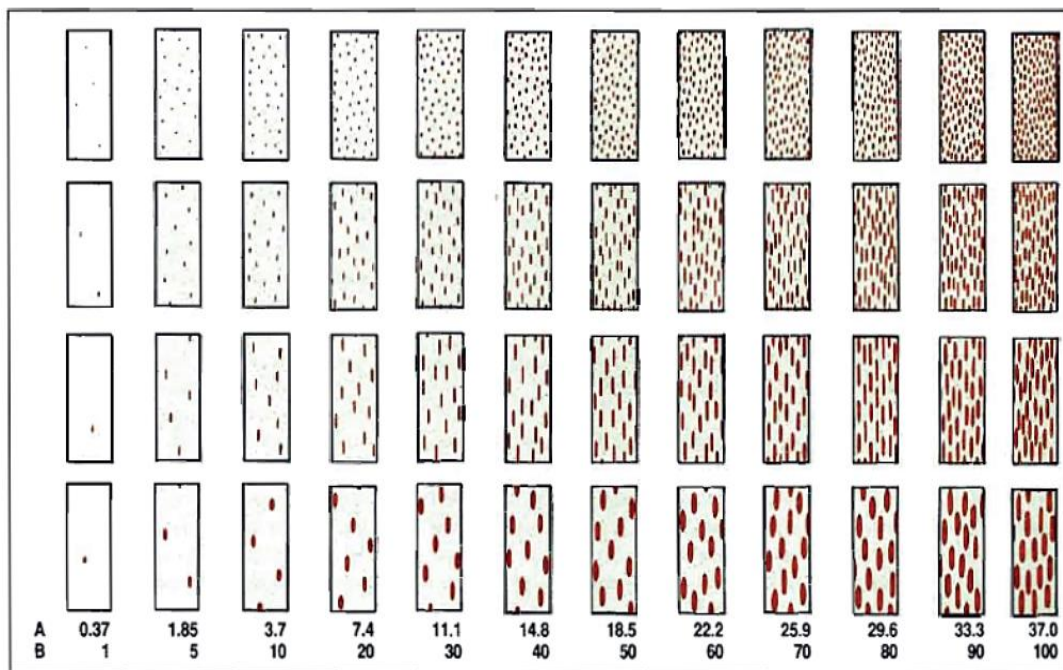


Figura 5-2. Escala de Cobb, porcentaje de severidad de roya amarilla ocupada en la hoja.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.6. Determinación de la resistencia parcial

Se realizó una base de datos para la determinación del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$ABCPE = \frac{[(Y_i + (Y_i + 1))]}{2} * (t_i + 1 - t_i)$$

Donde

Y_i = intensidad de la enfermedad (%), obtenida con base en la severidad observada

t_i = período de evaluación en días, por lo que las unidades son % día⁻¹.

2.4.7. Tamaño de la espiga

Se recolectó 10 espigas por tratamiento de las líneas de cebada y se obtuvo el tamaño alcanzado durante el desarrollo del cultivo en cm. Se midió desde la base de la espiga hasta el final de sus granos sin contar sus aristas.



Figura 6-2. Toma del tamaño de las espigas de las 15 líneas de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2021

2.4.8. Número de granos por espiga

Se tomó al azar 10 espigas por cada tratamiento y se determinó el número de granos que alcanzó la espiga durante su desarrollo completo para luego obtener una media correspondiente.



Figura 7-2. Evaluación del número de granos presentes en cada espiga de las 15 líneas de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.4.9. Peso de la cebada

Se pesó la producción de cebada de los diferentes tratamientos en kg, y de esta manera garantizar el cumplimiento de los objetivos.



Figura 8-2. Peso de la cebada por tratamiento y repetición.

Realizado por: Merchán, O. 2021

2.5. Manejo del ensayo

2.5.1. Labores pre-culturales

2.5.1.1. Manejo agronómico

- Realizamos la limpieza del terreno y se pasó la rastra para tener un suelo suelto y óptimo para la siembra.
- Se instaló el sistema de riego por aspersión con 3 aspersores para el ensayo.
- Para el ensayo se hizo 45 parcelas de 1m x 1m en un área experimental de 200 m².

- Alrededor del ensayo para garantizar un óptimo desarrollo de la enfermedad se colocó cebada común (Var. Santa Rita) la misma que minimizo el problema de daños por pájaros.
- Se colocó postes y se instaló malla tipo sarán para proteger la semilla.



Figura 9-2. Limpieza del terreno y diseño del experimento

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.5.2. *Labores culturales*

2.5.2.1. *Siembra*

- La semilla con las 15 líneas de cebada fue proveniente de la Universidad de Saskatchewan (Canadá) en convenio con el INIAP.
- Se utilizó abono químico (10-30-10) y abono orgánico (abonaza) antes de la siembra.
- Se realizó una mezcla con la cantidad de 3 porciones del abono químico por 1 de abono orgánico garantizando de esta manera el aporte de nutrientes al suelo, así como para las líneas de cebada.
- Aplicamos al suelo 200 gr del abono previamente combinado.
- Aplicamos el primer riego para tener humedad en el suelo, garantizando la embebida de las semillas.
- Para la siembra dentro de cada tratamiento y repetición se realizaron en 3 surcos.
- Se realizó la siembra por cada surco se sembró 12 semillas.



Figura 10-2. Siembra de las 15 líneas de cebada en cada repetición.

Realizado por: Merchán, O. 2021

2.5.2.2. Riego

Los riegos se aplicaron según los requerimientos del cultivo y dependiendo de la precipitación en el lugar.



Figura 11-2. Dotación de riego por aspersión en el ensayo.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.5.2.3. Control fitosanitario

Durante la emergencia de las líneas de cebada se aplicó un insecticida para garantizar el crecimiento óptimo de las plantas de cebada, el insecticida líquido que se aplicó fue Tiametoxam, el mismo que se preparó la cantidad de 20 litros para todo el ensayo. Se aplicó a 30 días después de la siembra.



Figura 12-2. Control fitosanitario para corregir otras enfermedades en la cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.5.2.4. *Deshierbe*

En todo el ensayo el control de malezas se realizó de forma manual durante el desarrollo del cultivo.



Figura 13-2. Limpieza del terreno durante todo el ciclo fenológico de la cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.5.2.5. *Fertilización complementaria*

Para el desarrollo óptimo de las líneas de cebada se aplicaron fertilizantes foliares ricos en fósforo, nitrógeno, potasio y microelementos. Se aplicó en la etapa de desarrollo del cultivo.



Figura 14-2. Aplicación de urea al cultivo de cebada para corregir deficiencias nutricionales.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.5.3. Caracterización de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en laboratorio

La caracterización se llevó a cabo en el departamento de fitopatología, se recolecto muestras de todas las líneas de cebada infectadas, se observó en el estereoscopio y microscopio los uredios presentes en las hojas en donde se midió algunos uredios, además se prepararon placas de tinción en las cuales se colocó gotas de azul para a continuación colocar las pústulas de los uredios otorgando a la placa portaobjetos las esporas. Se observó en el microscopio con un aumento de 40X en esta ocasión se procedió a medir las esporas obteniendo el diámetro polar y el diámetro ecuatorial.

2.5.4. Cosecha

Se realizó cuando todo el ensayo alcanzo la madurez comercial.

2.6. Especificaciones del campo experimental

2.6.1. Especificaciones del ensayo experimental

Número de tratamientos: 15

Número de repeticiones 3

Número de unidades experimentales: 45 1m x 1m

2.6.2. Módulo

Forma del módulo Rectangular

Ancho del módulo 10 m

Largo de módulo 20 m

Distancia de plantación

Se sembró en forma de chorro continuo

Número total de plantas a evaluarse: 540

Número de plantas a evaluarse por repetición: 12

Área total del ensayo 200 m²

2.6.3. Tratamientos en estudio

Tabla 6-2: Tratamientos de las líneas de cebada en estudio con su código.

Tratamiento	Plot		Código
T1	240	X12001895	15/3T0197
T2	379	J08041197	15/2T0104
T3	118	T07108083	15/3H0066
T4	228	J07051007	15/3T0140
T5	134	H07055001	15/3S0006
T6	407	SUNDRE	
T7	388	J08044010	15/2T0114
T8	227	J07050005	15/3T0139
T9	410	CDC MCGWIRE	
T10	385	J08044005	15/2T0111
T11	201	GADSBY	
T12	200	J07047085	15/3T0130
T13	257	M08103004	15/3G0018
T14	258	G07082012	15/3G0020
T15	259	M08378001	15/3G0021

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.6.4. Características del diseño

Se utilizó un diseño de bloques completos alzar con 15 tratamientos y 3 repeticiones.

Factor 1: Tratamiento de 15 líneas de cebada

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 15 tratamientos y tres repeticiones.

Tabla 7-2: 15 líneas de cebada con sus respectivos genes.

Tratamiento	Pedigree	Yr Genes
T1	HB522	No determinado
T2	Mahigan	No determinado
T3	Topper
T4	KAO-32-12	No determinado
T5	Heils Franken	Rps4, RpsHF
T6	Emir	RpsEm1, RpsEm2
T7	Astrix	Rps4, RpsAst
T8	Hiproly	RpsHi1, RpsHi2
T9	Varundha	RpsVa1, RpsVa2
T10	Abed Binder 12	Rps2
T11	Trumpf	RpsTr1, RpsTr2
T12	Mazurka	Rps1.c
T13	Bigo	Rps1.b
T14	I5	Rps3.RpsI5
T15	Bancroft	No determinado

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Esquema de análisis de varianza

Análisis de varianza

Tabla 8-2: Esquema del análisis de varianza.

Fuente de Variación	Fórmula	G1
Total	$(rt-1)$	44
Tratamiento	$(t-1)$	14
Bloques	$(r-1)$	2
Error	$(rt-1) - (t-1) - (r-1)$	28

Realizado por: Merchán, O. 2022.

2.6.5. Análisis funcional

- Se efectuó pruebas de Shapiro wilk para la comprobación de los supuestos
- Se determinó la separación de medias mediante la prueba TUKEY para un nivel de confianza del 0.05, si los datos presentan distribución normal
- Se usó cuadros, gráficos, textos, para presentar los resultados y la interpretación se la realizó en coordinación con los resultados obtenidos.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Porcentaje de emergencia

Tabla 1-3: Análisis de varianza del porcentaje de emergencia por tratamiento de las plantas de cebada a los 15 DDS.

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor	
Bloques	10,14	2	5,07	0,70	0,5000	ns
Tratamientos	190,58	14	13,61	3,36	0,0026	**
Error	121,70	28	4,06			
Total	312,2864	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza (Tabla 1-3) para variable del porcentaje de emergencia presentó diferencia altamente significativa en los tratamientos porque el valor p es menor a 0.05,

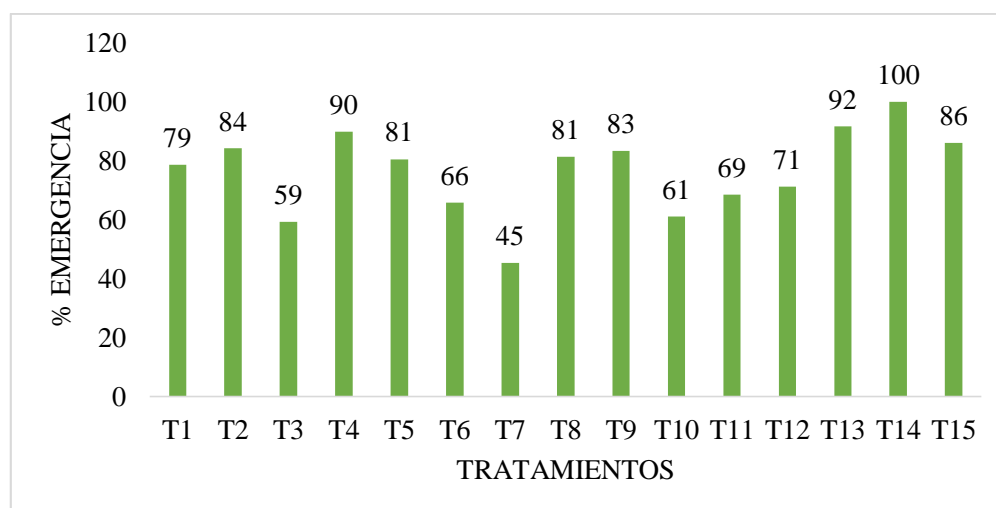


Gráfico 1-3. Porcentaje de emergencia 15 DDS

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El mayor porcentaje de emergencia promedio (Gráfica 1-3) se presentó en el tratamiento 14 (I5) con el 100% de emergencia, seguido por los tratamientos 13 (Bigo) con 92%, el tratamiento 15 (Bancroft) con 86%, el tratamiento 2 (Mahigan) con 84%, el tratamiento 4 (KAO-32-12) CON 90%, el tratamiento 5 (Heils Franken) y 8 (Hiproly) con 81%, para el tratamiento y 9 (Varundha) con 83%, el tratamiento 1 (HB522) con 79%, tratamiento 12 (Mazurka) con 71%, para el tratamiento 6 (Emir) con 66%, tratamiento 11 (Trumpf) 69%, el tratamiento 10 (Abed Binder 12)

con 61%, el tratamiento 3 (Topper) con 59% y finalmente el tratamiento 7 (Astrix) con el 45% es línea con el menor porcentaje de emergencia.

Según el (INIAP, 2019), (tabla 3-2), los tratamientos que obtuvieron un porcentaje de emergencia bueno son; el tratamiento 2 (Mahigan), 4 (KAO-32-12), 5 (Heils Franken), 8 (Hipoly), 9 (Varundha), 13 (Bigo), 14 (I5), 15 (Bancroft) por tener un porcentaje superior al 80%, mientras que los tratamientos que tuvieron un porcentaje de emergencia regular fueron el tratamiento 1 (HB522), 6 (Emir), 10 (Abed Binder) y 12 (Mazurka) con un porcentaje que va entre el 60% hasta el 80%, y los tratamientos que tuvieron una mala emergencia corresponden a los tratamientos que obtuvieron menos del 60% de porcentaje de emergencia y fueron los tratamientos, 3 (Topper) y 7 (Astrix), esto debido a factores externos ya que pudo verse afectada por la falta de luz solar debido a que el experimento se lo recubrió con malla sarán al 35%, o a su vez, por motivo de adaptación de las líneas de cebada a las condiciones edafoclimaticas del lugar del experimento.

Al evaluar el comportamiento agronómico de todas las líneas isogénicas de cebada se pudo observar diferencias significativas en la variable de emergencia, a pesar de encontrarse en las mismas condiciones agroclimáticas la línea isogénica número 14 con código M08378001-15/3G0021 sobresalió con el mayor porcentaje afirmado por Miralles et al., (2014, p. 7-9), quien señala que la emergencia obedece al poder germinativo de las mismas, profundidad de la siembra y del ataque el patógeno, provocando diferencias en la cantidad de plántulas emergidas o velocidad de emergencia y uniformidad del cultivo,



Figura 1-3. Emergencia de líneas de cebada en la Estación Experimental Tunshi.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

3.2. Vigor de la planta

Se observó la expresión genética de cada línea isogénica de cebada de manera visual, comparando el desarrollo para todas las líneas.

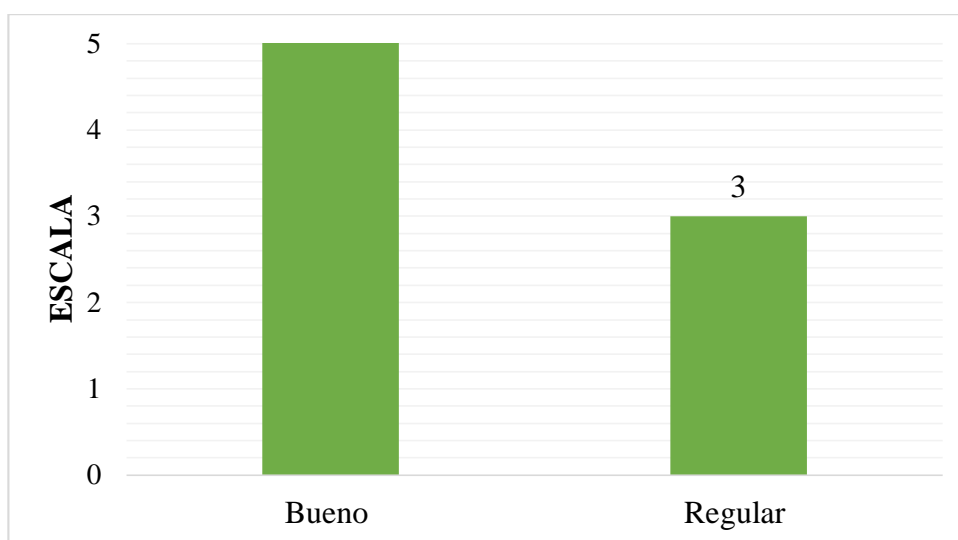


Gráfico 2-3. Vigor de las plantas de cebada obtenido por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Respecto a la variable vigor (Gráfica 3-3), según la escala descrita en los métodos de evaluación y datos registrados, se observa que los tratamientos 2 (Mahigan), 4 (KAO-32-12), 5 (Heils Franken), 6 (Emir), 8 (Hiproly), 9 (Varundha), 11 (Trumpf), 12 (Mazurka), 13 (Bigo), 14 (I5) y 15 (Bancroft) se encontraron en un valor promedio de 5 que corresponden a plantas y hojas grandes bien desarrolladas, mientras que los tratamiento 7 (Astrix) y 10 (Abel Binder 12) se encontraron en la escala intermedia entre bueno y regular y finalmente los tratamientos 1, 3 se encontraron dentro de la escala como regular que corresponden plantas y hojas medianamente desarrolladas.

En lo que refiere al vigor de la planta se determinó que la mayoría de las líneas isogénicas de cebada se encontraron en un rango de 4 a 5 dentro de la escala lo que corresponde a un vigor Regular y bueno según la escala descrita en los métodos de evaluación (INIAP, 2019). Según Peñaherrera (2011, p. 9), esto se debe a la fácil adaptabilidad que tiene a las condiciones edáficas, climáticas, con suelos profundos y buen drenaje facilita la germinación de las semillas y facilita a que las plantas estén fuertes y vigorosas.

3.3. Caracterización de roya amarilla en laboratorio

Tabla 2-3: Análisis de varianza para el Diámetro de las esporas

F V	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Tratamientos	2230,25	14	159,30	195,69	<0,0001	**
bloque	1,70	2	0,85	1,04	0,3653	ns
Error	22,79	28	0,81			
Total	2254,75	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Se realizó en el departamento de fitopatología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se tomaron muestras de inóculos presentes en las hojas de las líneas que presentaron infecciones y signos visibles como son las uredios. Para la caracterización se identificó la roya en el estereoscopio y además se registró el tamaño del urediosoro, así como también las urediosporas, estas últimas se realizó la vista bajo el microscopio con el lente de 40X.

El rango de temperatura óptimo para la germinación de las esporas es de 9-13 °C, y de 12-15 °C para su desarrollo y esporulación (Roelfs et al., 1992, p. 13) Las urediniósporas se desarrollan en series lineales y alargadas, llegando a medir más de 8 cm, sobre la superficie de la hoja, generando de esta manera áreas comúnmente amarillentas; con esporas de 25 – 30 x 14 – 26 micras, con paredes incoloras, de color amarillo, presentan de 8 a 10 poros germinativos dispersos.

Los Telios están distribuidas en la superficie de las hojas, tallos e incluso en las espigas, siendo de color café oscuro, formando líneas largas y delgadas, que permanecen por mucho tiempo cubriendo la epidermis (Chen W et al., 2014, p. 435).

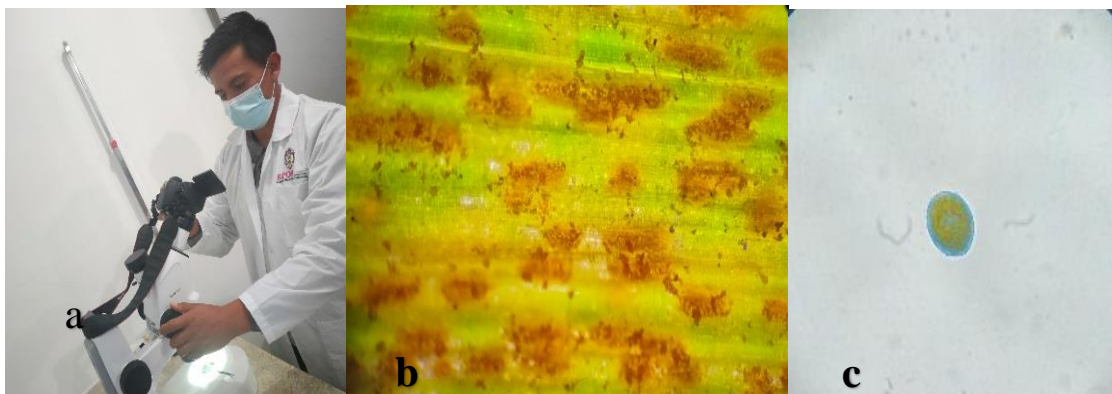


Figura 2-3. a) Reconocimiento de (*Puccinia striiformis*), b) uredios presentes en las hojas, c) urediospora de (*Puccinia striiformis* f sp. *hordei*).

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Para el tamaño de las urediosporas se mido 10 esporas por cada tratamiento obteniendo dos medidas; diámetro polar y diámetro ecuatorial, los mismos que no presentaron diferencias debido a que estas esporas por lo general se presentaron en formas esféricas, de 27 a 23 μm de diámetro, de color naranja amarillentas con paredes finas ovaladas, alargadas y circulares.

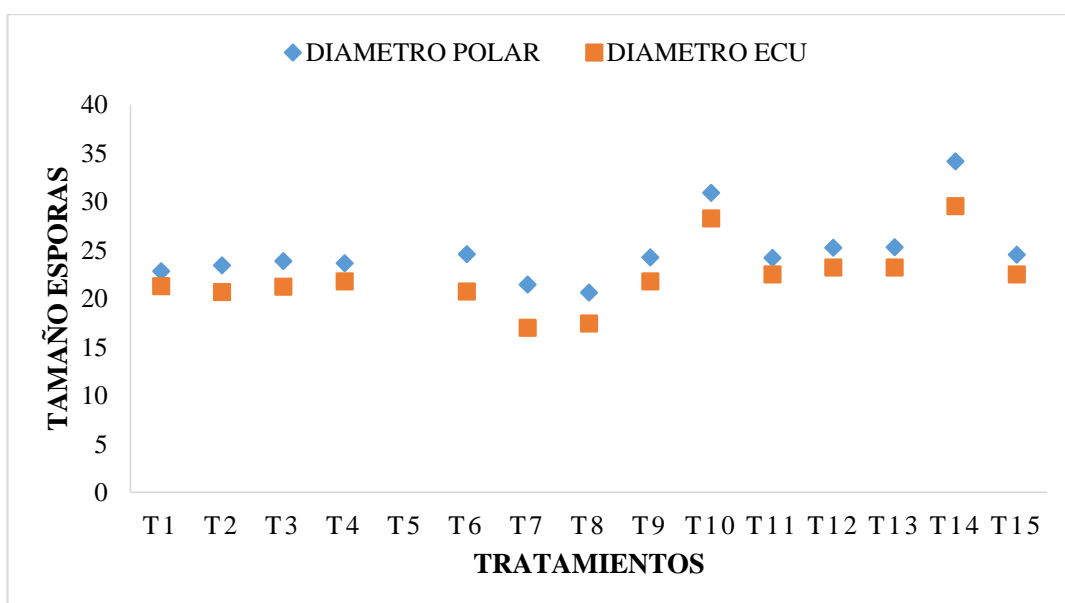


Gráfico 3-3. Tamaño de urediosporas (micras) de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Los signos presentes en el haz de las hojas de cebada claramente fueron identificados como el agente fitopatológico causante de la roya amarilla producido por (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*), presento los uredios de color anaranjados distribuidos en pústulas de manera lineal en las hojas.

3.4. Severidad de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*)

3.4.1. Análisis de varianza para la severidad

Tabla 3-3: Análisis de varianza de la severidad entre líneas isogénicas de cebada para el análisis de resistencia y susceptibilidad.

F.V	Gl	SC	CM	F	Valor p
Tratamientos	14	2480.8	177.20	3.661	0.00169 **
Bloque	2	67.9	33.96	0.702	0.50429 ns
Error	28	1355.3	48.40		

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de la prueba de Tukey al 5% para la severidad final presenta una diferencia significativa entre los tratamientos de cebada, presentando el mayor porcentaje de severidad al final del desarrollo de las plantas de cebada frente a la roya (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) el tratamiento 15 (Bancroft) con el 23,11% respectivamente, seguido por los tratamientos 13 (Bigo)

con el (19,17%), el tratamiento 10 (Abed Binder 12) con un (15,83%), el tratamiento 1 (HB522) con un promedio de (14,87%) y el tratamiento 14 (I5) con un porcentaje de (14,44%).

Tabla 4-3: Líneas de cebada en estudio con sus genes y el porcentaje de severidad causado por roya amarilla.

PEDIGREE	SEVERIDAD	GENES YR	TIPO DE INFECCION
VARUNDHA	7.50	RpsVa1, RpsVa2	MS
I5	14.44	Rps3.RpsI5	MS
TRUMPF	1.72	RpsTr1, RpsTr2	MR
HEILS FRANKEN	0.00	Rps4, RpsHF	R
MAZURKA	0.13	Rps1.c	MR
HIPROLY	11.88	RpsHi1,RpsHi2	MS
KAO-32-12	6.75	No determinado	MR
MAHIGAN	1.00	No determinado	MR
ABED BINDER 12	15.83	Rps2	MS
ASTRIX	1.72	Rps4, RpsAst	MR
BIGO	19.16	Rps1.b	MS
BANCROFT	23.11	No determinado	S
EMIR	7.05	RpsEm1, RpsEm2	MR
TOPPER	0.61	MR
HB522	14.87	No determinado	MS

Fuente: (Iniao, 2019).

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El tratamiento 15 (Bancroft) al ser la línea más susceptible a roya amarilla presenta genes que aún son desconocidos tal como lo describe la (tabla 4-3), en comparación con la línea resistente, en este caso la línea isogénica 5 (Heils Franken) que posee los genes Rps4, RpsHF. De la misma manera existen otras líneas que presentaron susceptibilidad y resistencia tal es el caso de las líneas 13 (Bigo), 14 (I5), 10 (Abed Binder 12), 8 (Hiproly) y 1 (HB522) que presentaron susceptibilidad en menor grado, los genes que resultaron en menor proporción susceptibilidad fueron (Rps1.b, Rps3.RpsTr2, Rps2, RpsHi1.RpsHi2 y aun por conocer, pero a su vez los genes presentes en estas líneas de cebada son diferentes para cada una, así mismo las líneas que presentaron una resistencia mínima a esta enfermedad son las líneas 2 (Mahigan), 3 (Topper), 4 (KAO-32-12), 6 (Emir), 7 (Astrix), 11 (Trumpf), y 12 (Mazurka), donde sus genes son desconocidos, RpsEm1, RpsEm2, Rps4, RpsAst, RpsTr1, RpsTr2 y Rps1.c respectivamente.

Según (Huerta, et al, 2002, p. 163) la resistencia genética se ve condicionada por factores genéticos o genes que se heredan. En este mismo ámbito la roya amarilla se encuentra controla por dos o tres genes a su vez provoca en la cebada se incorpora una resistencia cuantitativa a la roya amarilla mediante la selección bajo niveles de enfermedad en presencia de la virulencia necesarias de

romper la acción de genes mayores con alta presión de inóculo, a fin de no ejercer una presión de selección hacia al patógeno y hacer que la resistencia sea más durable (Sandoval, et al., 2002, p. 266).

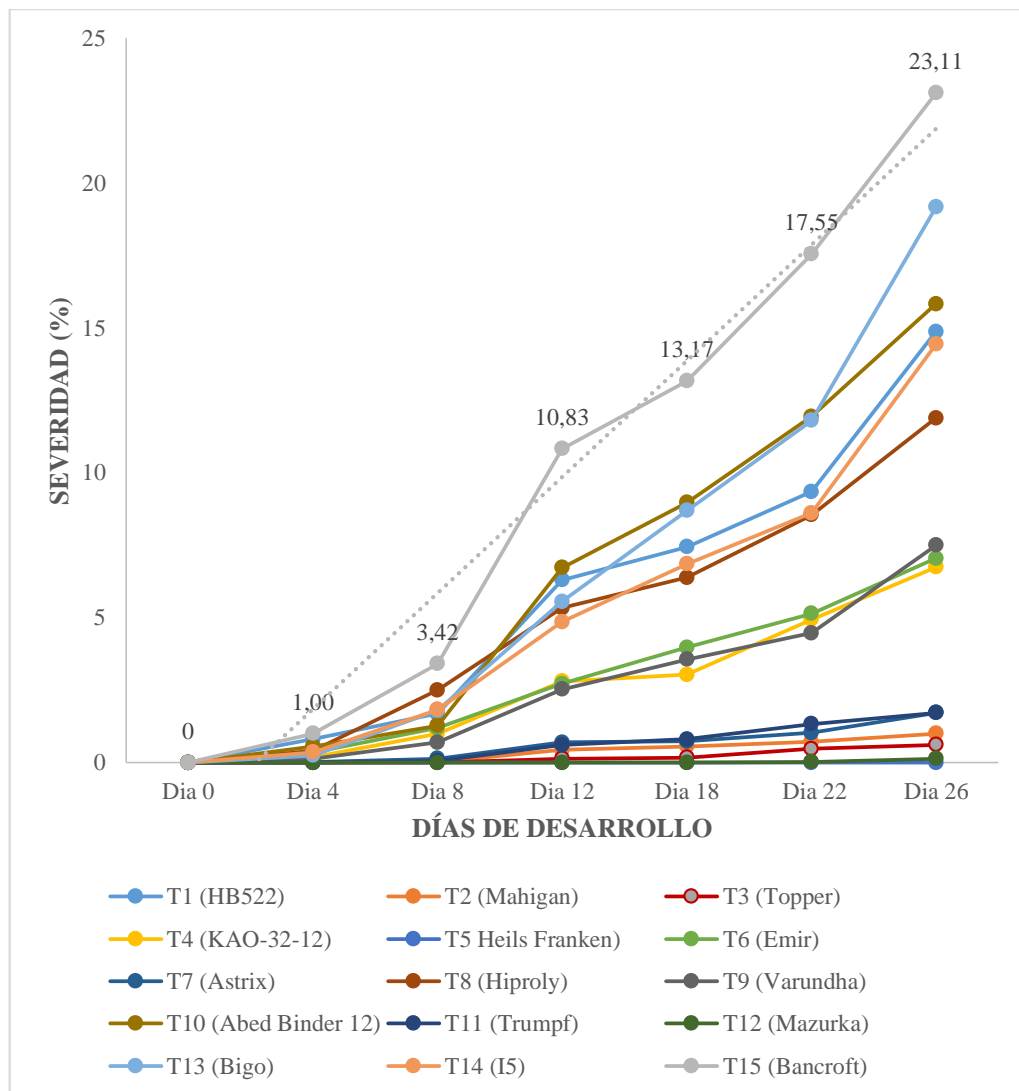


Gráfico 4-3. Progreso de la enfermedad por tratamiento con relación a los días de desarrollo.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Se presenta el progreso de la enfermedad de la roya (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) (Gráfica 4-3) encontrándose las líneas isogénicas número 5 con código H07055001-15/3S0006 y 12 con código J07047085-15/3T0130 presentan resistencia a la enfermedad de roya amarilla mismas que al presentarse en las mismas condiciones climáticas y la misma presión de inóculo que al resto de las líneas isogénicas se mantuvieron en todo el ciclo vegetativo por debajo del 5% de severidad, los que nos confiere una resistencia en todas las etapas del crecimiento (Lagudah, 2011; citado en Rodríguez et al., 2019)., mientras que para las líneas isogénicas números 2 con código (J08041197-15/2T0104), 3 con código (T07108083-15/3H0066) 7 con código (J08044010-15/2T0114) y 11 con código GADSBY se encontraron moderadamente resistentes y logra retardar la aparición de síntomas y el crecimiento del patógeno Agrios (2005).

Este tipo de resistencia no protege a la planta de ser infectada, pero retarda el desarrollo de la infección, la dispersión y la epidemia en el cultivo (Agrios, 1997; citado en Cardenas, 2012, p.11), por otro lado las líneas isogénicas número 4 con código (J07051007-15/3T0140), 6 con código SUNDRE, 8 con código J(07050005-15/3T0139) y 9 con código CDC-MCGWIRE estuvieron moderadamente susceptible a la roya amarilla y finalmente las línea isogénica número 15 con código M08378001-15/3G0021, es la más susceptible a la enfermedad, seguido por las líneas isogénicas número 13 con código (M08103004-15/3G0018), 10 con código (J08044005-15/2T0111), 8 con código (J07050005-15/3T0139) y 1 con código (X12001895-15/3T0197).

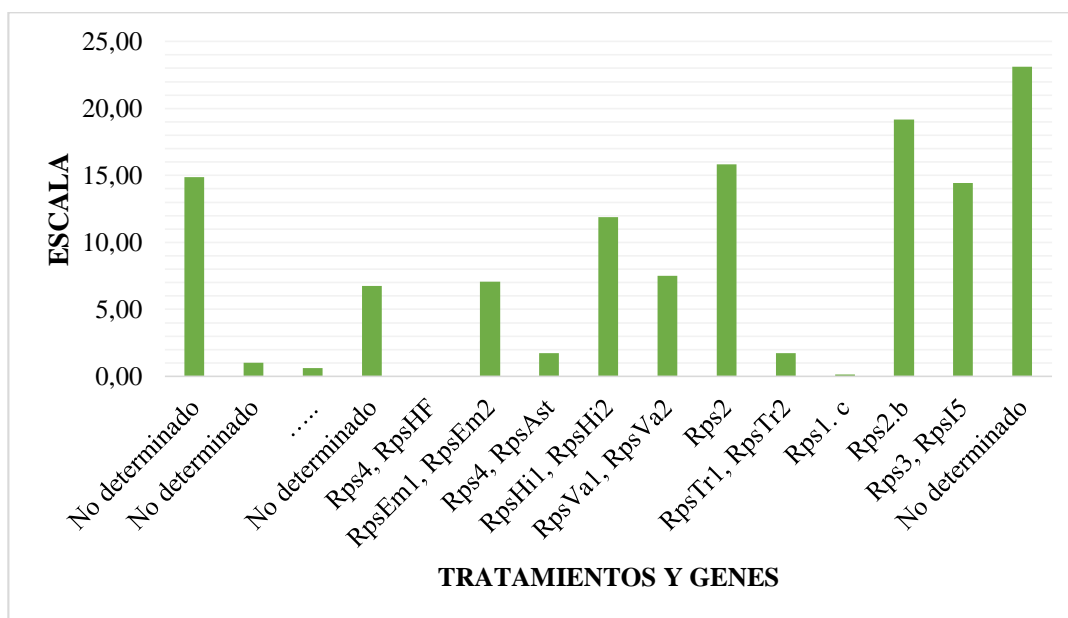


Gráfico 5-3. Porcentaje de severidad promedio de roya por tratamiento con sus genes Yr, en base a la escala modificada de Cobb.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

La línea de cebada más susceptible a roya amarilla causada por (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) fue la línea 15 (Bancroft) con genes aún desconocidos, (gráfico 5-3) y a su vez la línea de cebada que presentó resistencia a esta enfermedad es la línea 5 (Heils Franken) que presenta sus genes Yr Rps4, RpsHF.

Por otro lado, según Prescott (1986, p. 14) menciona que la tolerancia que existe en diferentes plantas tiene el mismo grado de afección que pueden actuar de diferente manera de tal modo que algunas sobreviven y otras pueden presentar un mejor rendimiento.

Por otra parte, (Carmona y Sautua, 2018, p. 40) manifiesta que el bajo porcentaje de severidad de la enfermedad con un tipo de infección alto en una variedad es considerado como resistencia vertical

debido al desarrollo lento del patógeno en la planta, concordando con nuestro estudio en la cual las líneas que resultaron resistentes presentaron este tipo de resistencia. Los mecanismos moleculares y micro evolutivos que facilitan el proceso de infección y causan nuevas razas patógenas devastadoras son aún hoy en gran medida desconocidos. (Carmona y Sautua, 2018, p. 40).

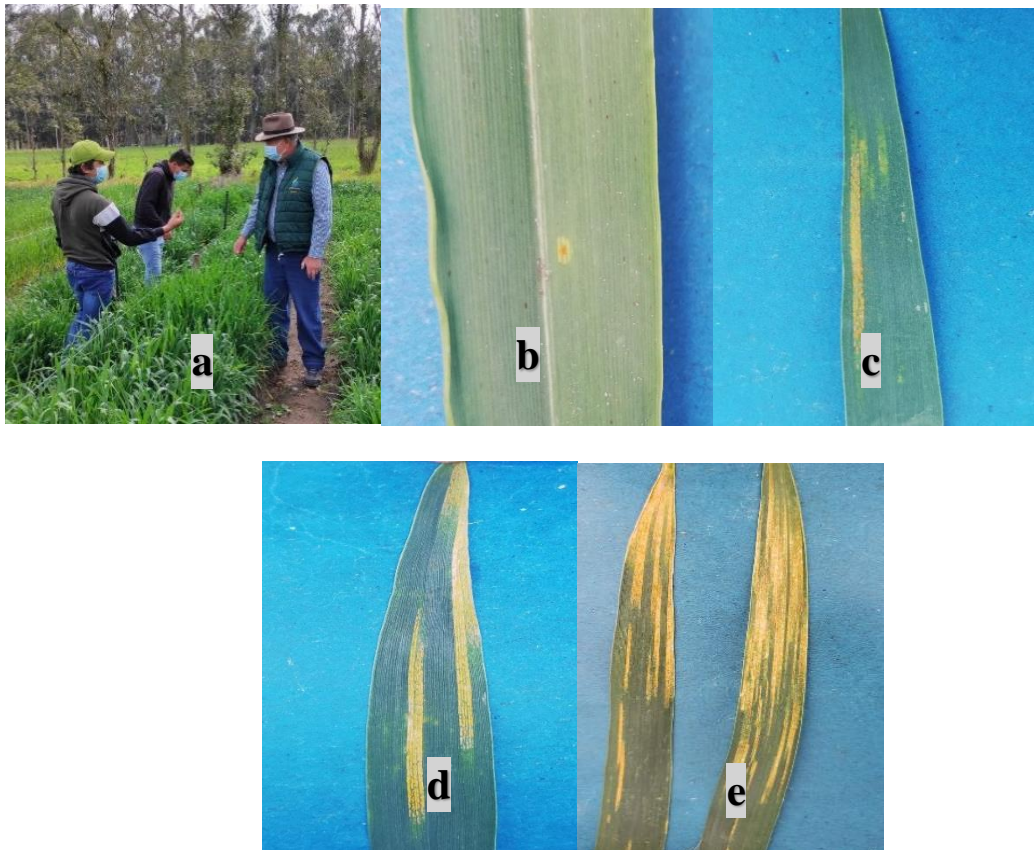


Figura 3-3. a) inicio de la infección, b) pústulas de roya amarilla, c) incremento de la enfermedad, d) incremento de pústulas, e) daño en el tejido de la hoja..

Realizado por: Merchán, O. 2022.

(*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) como se observa en la (figura 3-3) genera lesiones al presentar un incremento de la infección, las pustulas de roya hacen que la hoja pierda la capacidad para realizar fotosíntesis disminuyendo su rendimiento y productividad del grano tal como lo menciona (Romero, 1988 citado en Gutierrez, 2016, p. 12) la lámina foliar y vainas muestran susceptibilidad a este patógeno, las pústulas son poco errumpentes y dependen de la susceptibilidad de la variedad. Las plantas severamente atacadas disminuyen su rendimiento en 50 %, los granos se arrugan, pierden peso y el contenido proteico disminuye.

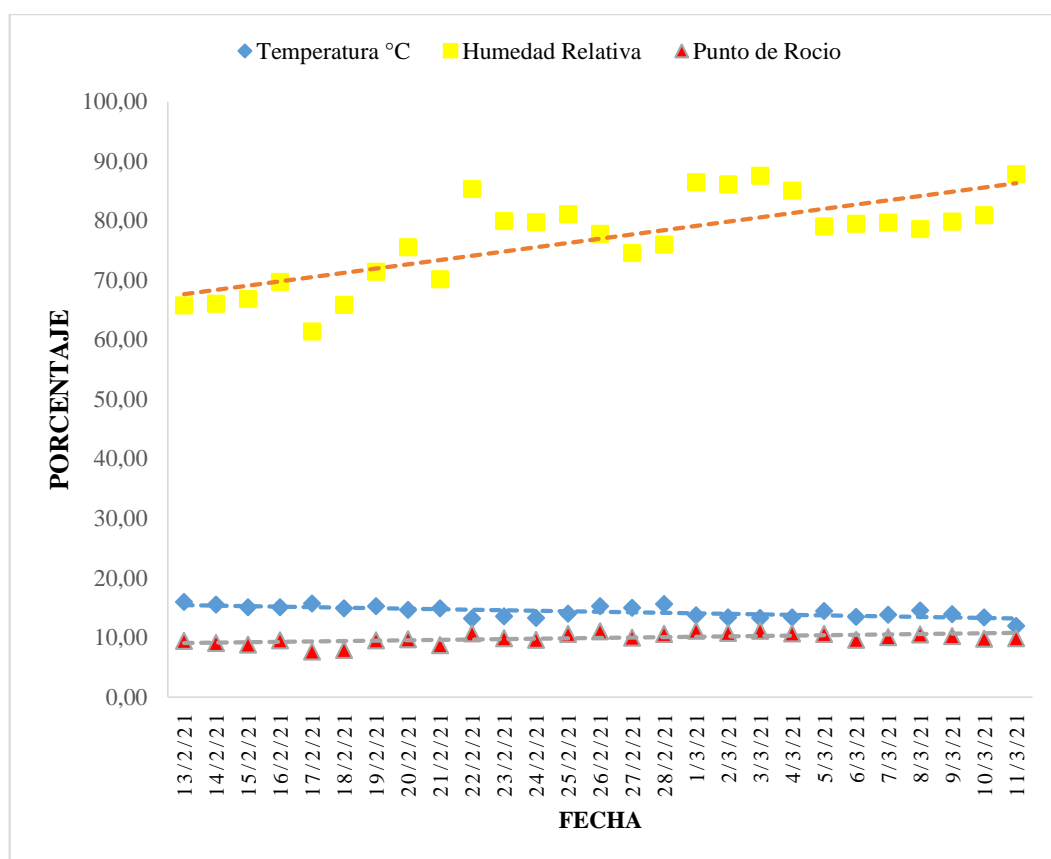


Gráfico 6-3. Condiciones climáticas para el desarrollo de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en 15 líneas isogénicas de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

La severidad causada por (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en las líneas isogénicas de cebada hace referencia a las condiciones climáticas originarias de la zona, en esta ocasión se determinó las condiciones ambientales mediante un sensor (hobo) el mismo que registro temperatura °C, Humedad relativa y punto de rocío, estas 3 características son las necesarias para que la roya amarilla de la hoja realice su ciclo biológico.

La enfermedad se originó en un rango de temperatura de 11 °C a 17 °C, teniendo un incremento de la infección de roya amarilla en el transcurso de los días cuando hubo un descenso de la temperatura, y un incremento en la humedad relativa del sitio, que osciló entre los 68 y 88 %. El punto de rocío se mantuvo en un periodo de 7 a 11 °C.

(Iniap, 2019 pp. 41-42) menciona que la roya de la hoja (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) necesita de condiciones climáticas favorables de temperatura con valores que oscilan entre los 15 y 20 °C, así también se necesita de valores altos de humedad relativa y lo más importante que exista una humedad adecuada y prolongada de por lo menos 5 horas de presencia de gotas de agua en las hojas.

Por otra parte (Loladze, 2006, p. 11) además señala que la mejor temperatura para el desarrollo del patógeno posterior a la infección oscila entre el 12 y 15 °C, y que la temperatura mínima y máxima para el crecimiento del patógeno es de 3 y 20 °C respectivamente. Mientras que, con temperaturas superiores a los 25 °C, se interrumpe o reduce la producción de uredósporas y a menudo aparecen teliosporas negras (Prescott et al., 1986, p. 13).

3.4.2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para la severidad

Tabla 5-3: Análisis de varianza del área bajo la curva del progreso de la enfermedad en el análisis de resistencia y susceptibilidad a (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*).

FV	GI	SC	CM	F	Valor p	
Tratamiento	14	586923	41923	3.823	0.00123	**
Bloque	2	17825	8912	0.813	0.45380	ns
Error	28	307013	10965			

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza con Tukey al 5% para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad presente en la severidad de las diferentes líneas de cebada presento una diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 6-3: Test de Tukey para el área bajo la curva del progreso de la severidad en los tratamientos de cebada.

CÓDIGO	ÁREA BAJO LA CURVA	GRUPOS	GENES
BANCROFT	334	a	No determinado
BIGO	321	ab	Rps1. b
ABED BINDER 12	238	abc	Rps2
I5	236	abc	Rps3, Rps15
HB522	229	abc	No determinado
HIPROLY	173	abc	RpsHi1, RpsHi2
VARUNDHA	124	abc	RpsVa1, RpsVa2
EMIR	105	abc	RpsEm1, RpsEm2
KAO-32-12	102	abc	No determinado
ASTRIX	276	abc	Rps4, RpsAst
TRUMPF	274	abc	RpsTr1, RpsTr2
MAHIGAN	154	bc	No determinado
TOPPER	104	bc
MAZURKA	294	bc	Rps1. c
HEILS FRANKEN	0	c	Rps4, RpsHF

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad está determinada por el incremento de la enfermedad de (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) en comparación a las diferentes líneas de cebada de tal manera que la línea 15 (Bancroft) es independiente, puesto que esta línea isogénica es la que presenta mayor porcentaje de área bajo la curva de la severidad esto ocasiona que se encuentre determinada por un solo grupo de supuestos, esto se debe a que tiene una amplia relación ya que es la línea que presento susceptibilidad a roya amarilla en comparación a la línea 5 (Heils Franken) la cual presento resistencia a (*Puccinia striiformis*) y se manifestó con un 0% de uredios o pústulas en las hojas de cebada.

Al contrario de los demás tratamientos en estudios que presentan homogeneidad en sus poblaciones como muestra la (tabla 6-3)

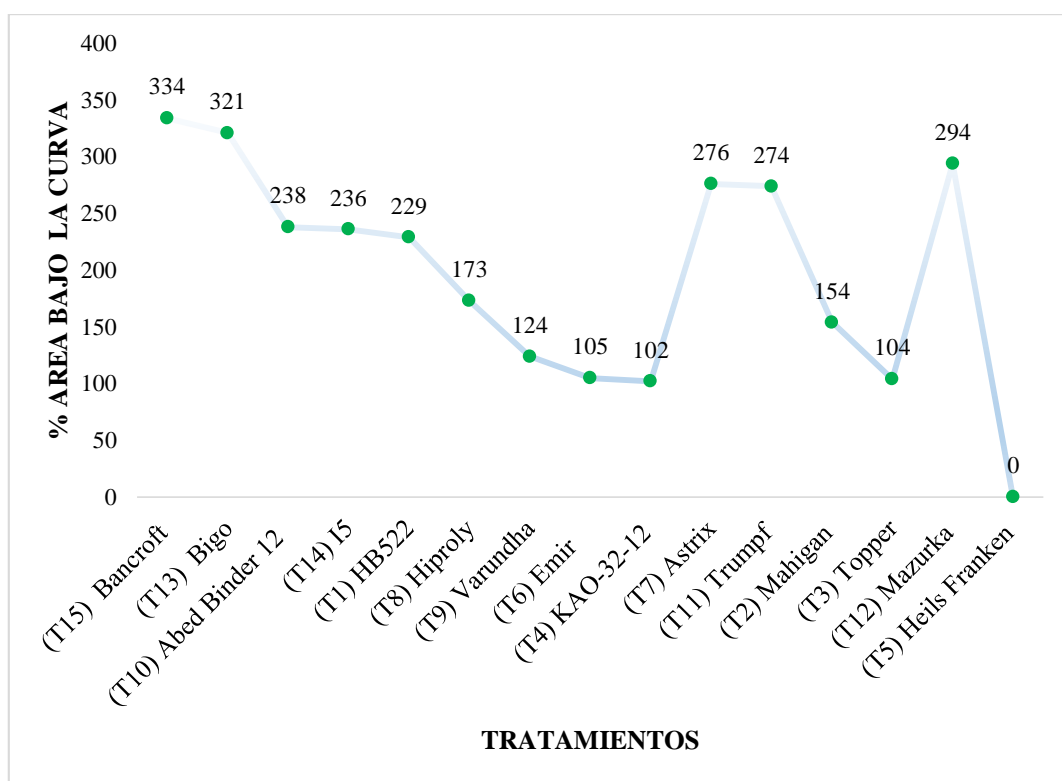


Gráfico 7-3. Área bajo la curva de la severidad de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *Hordei*) en 15 líneas de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Se obtuvo un mayor progreso de la enfermedad en la línea susceptible 15 (Bancroft) que presenta genes aún desconocidos, seguida de la línea 13 (Bigo) con genes Rps.c quien presento un avance similar de la enfermedad de roya amarilla en las hojas, cabe mencionar que el área bajo la curva del progreso de la enfermedad está directamente relacionada con el porcentaje de severidad, esto se debe principalmente a la manera y al porcentaje de pústulas de roya presentes en estas dos líneas de cebada, en comparación al resto de líneas que se encuentran moderadamente resistentes

y moderadamente susceptibles a (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*), quienes presentan valores por debajo de las líneas susceptible y valores sobre las líneas resistentes.

(Roelfs et al 1992, p. 24) menciona que 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 y que además para la germinación de las esporas es necesaria la presencia de rocío sobre las hojas y una alta humedad, condiciones altamente determinantes.

(González González et al., 2013, p. 1237) Menciona que las plantas afectadas pueden llegar a presentar hojas más pequeñas y tallos débiles. En infecciones tempranas severas el rendimiento se puede ver muy afectado al igual que el peso de los granos por lo que concuerda con nuestra investigación realizada dado a que la línea 15 (Bancroft) que fue la más susceptible a la presencia de roya amarilla tuvo un retardado crecimiento, así como en el rendimiento del grano, presento un retardado crecimiento, aunque puede deberse a su composición genética debido a que sus genes aún son desconocidos.

3.5. Incidencia de roya amarilla

Tabla 7-3: Análisis de varianza de la incidencia de roya amarilla en cebada.

FV	GI	SC	CM	F	Valor p	
Tratamiento	14	25332	1809.5	4.747	0.000197	**
Bloque	2	333	333.4	0.875	0.357411	ns
Error	28	11055	381.2			

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

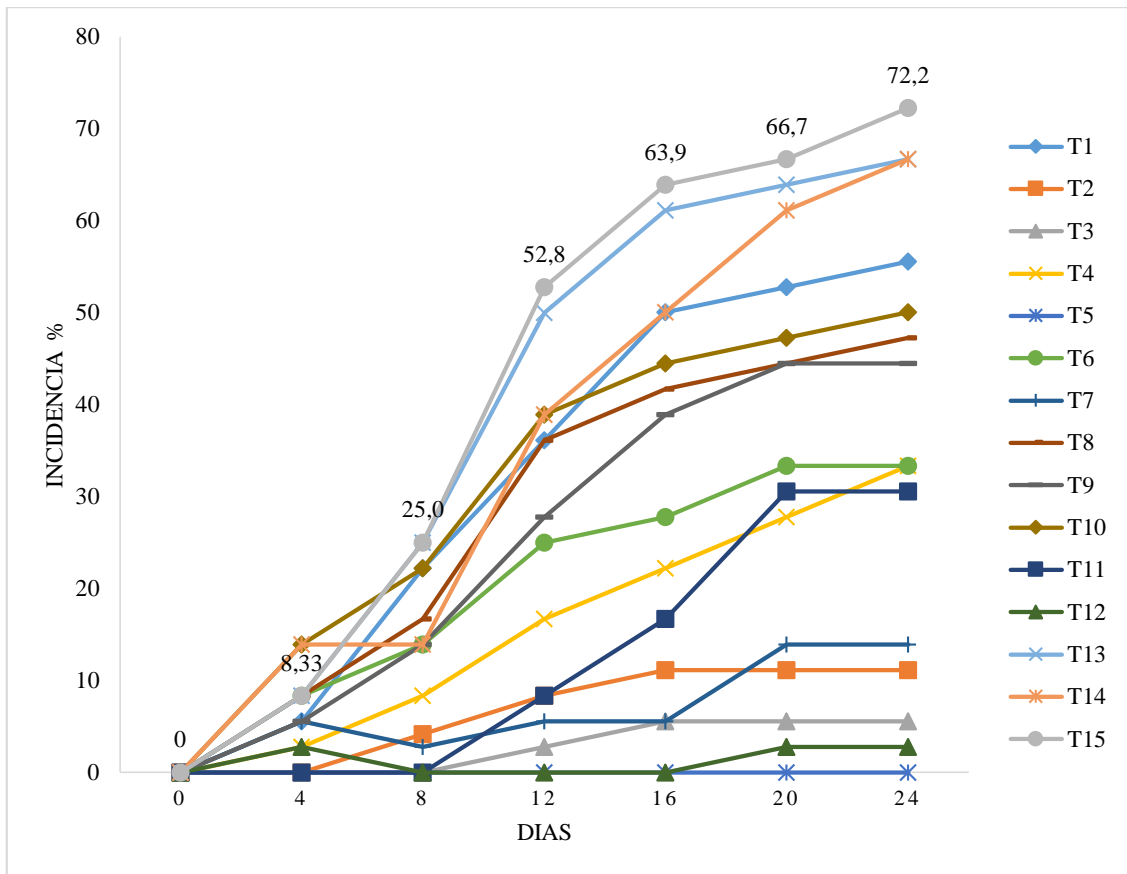


Gráfico 8-3. Incremento de la incidencia de roya amarilla por tratamiento en el cultivo de cebada.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El progreso de la incidencia de la roya (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) (Gráfica 8-3) se obtuvo a las líneas isogénicas número 13, 14 y 15 con código (M08103004, G07082012) y (M08378001) respectivamente fueron las más susceptibles a la infección de roya amarilla de la hoja, se presentó valores promedio por tratamiento en la cual se obtuvieron 66,33 % en las líneas 13 (Bigo) y 14 (I5) y un 72,22 % en la línea 15 (Bancroft), en comparación con las líneas 3, 5 y 12 con código (T07108083), (H07055001) y (J07047085-15/3T0130) presentan resistencia a roya amarilla. En este estudio se identificó además que la severidad y la incidencia van estrechamente relacionadas debido a que la línea más susceptible en este caso la 15 (Bancroft), presentó mayor porcentaje de incidencia y de severidad.

La incidencia de roya amarilla está estrechamente relacionada a la cantidad de ataque del patógeno, es decir el porcentaje de pústulas ocupados en el has de la hoja, el tamaño de estas pústulas (mientras más grandes sean, mayor número de urediosporas tendrá) y las condiciones climáticas del lugar, este último siendo de gran importancia para la diseminación de la enfermedad en el resto del cultivo.

3.6. Días al espigamiento

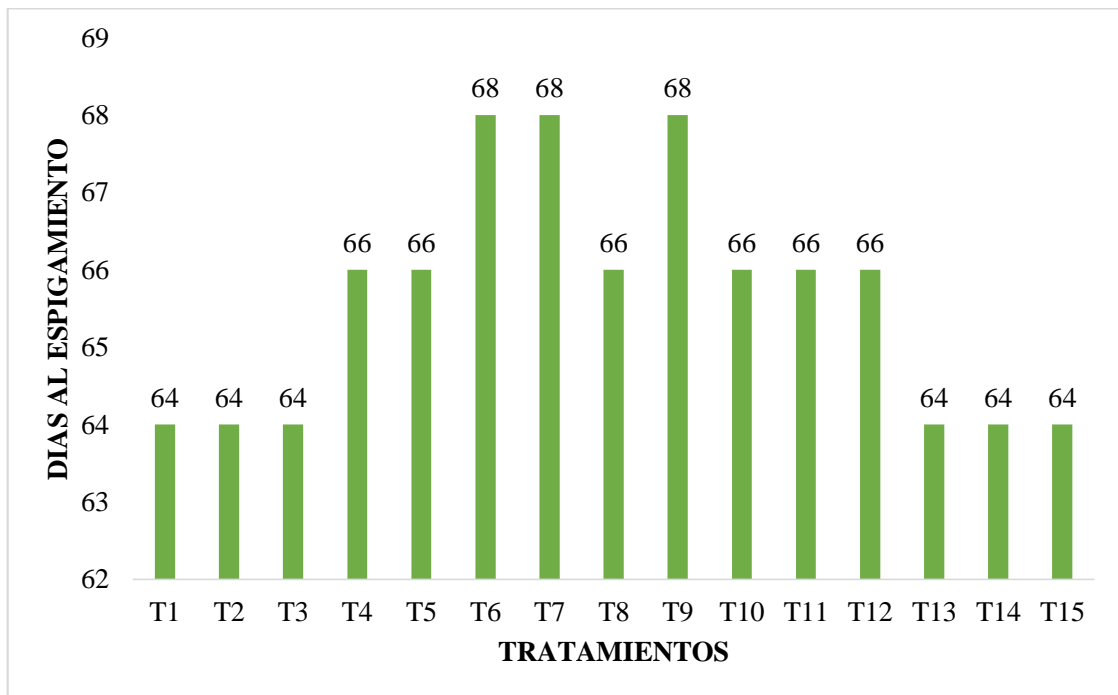


Gráfico 9-3. Días de desarrollo al espigamiento de las plantas de cebada obtenido por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Se obtuvo una diferencia muy corta en días sobre el espigamiento presentando las líneas 1 (HB522), 2 (Mahigan), 3 (Topper), 13 (Bigo), 14 (I5) y 15 (Bancroft) (Gráfica 10-3) que presentan a los 64 días un 50% de todas las plantas de cebada la presencia de espiguillas. Mientras que las líneas 4 (KAO-32-12), 5 (Heils Franken), 8 (Hipoly), 10 (Abed Binder 12), 11 (Trumpf) y 12 (Mazurka) presentan dos días de diferencia en comparación con las líneas anteriores, y las líneas que tuvieron un espigado sobre las demás líneas presentándose a los 68 días, fueron la línea número 6 (Emir), 7 (Astrix) y 9 (Varundha).

La poca uniformidad al día de espigamiento se pudo deber a factores externos al germoplasma como son la temperatura, humedad relativa, suelo, riego entre otros factores que pudieron contribuir a la similitud a todas las líneas isogénicas de cebada o a su vez por su genética extraordinaria pueden ser genes que presenten un desarrollo temprano, lo que difiere con los autores de Cajamarca & Montenegro (2015, p. 11) que en diferentes localidades de la sierra ecuatoriana presentaron promedio 81, 88; 83,58 y 86,1 respectivamente a días al espigamiento. También difieren con Alvarado & Malavé, (2010, p. 23) que obtuvo un promedio general 75 y 91 días al espigado. En referencia a esta variable Berger, Cerretta & Castro (2002) que mencionan que el desarrollo del espigamiento en cebada se encuentran interrelacionados por el fotoperiodo y el tiempo térmico.

3.7. Altura de la planta

Tabla 8-3. Análisis de varianza de la altura de las plantas de cebada.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Bloques	11,72	2	5,86	0,02	0,9797	NS
Tratamientos	16318,20	14	1165,59	4,09	0,0007	**
Error	7974,60	28	284,81			
Total	24304,52	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza (Tabla 8-3) para variable de altura de las plantas no presentó diferencia significativa entre bloques porque el valor p es mayor a 0.05, mientras que en los tratamientos existió una diferencia significativa.

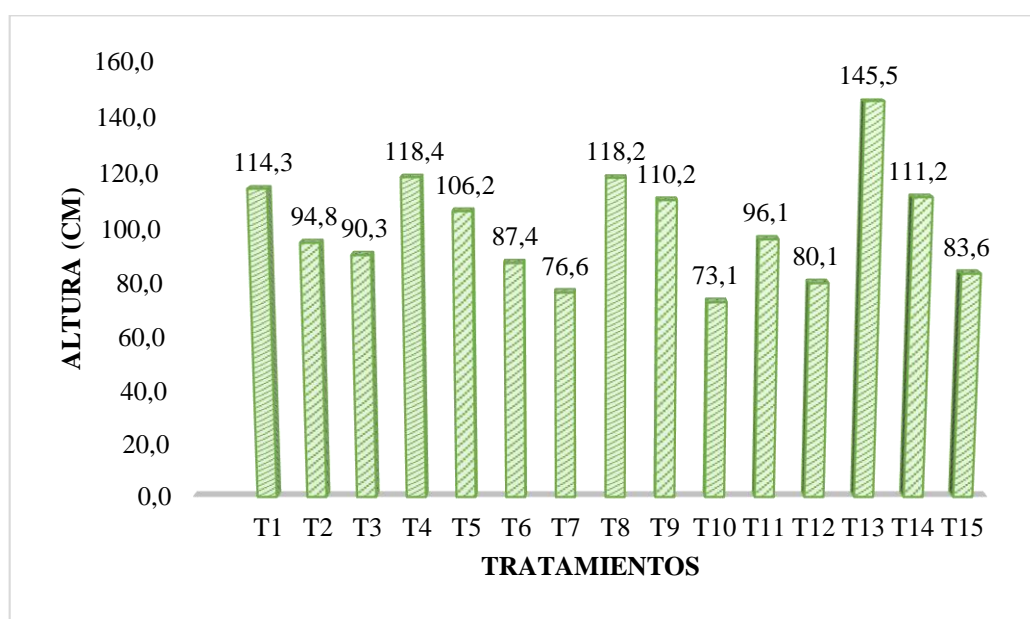


Gráfico 10-3. Altura promedio de las plantas de cebada obtenida por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El valor más alto de altura (Gráfica 10-3) se mostró con el tratamiento 13 (Bigo) con un valor promedio de 145,5 cm, seguido por los tratamientos 4 (KAO-32-12) con 118,4 cm, el tratamiento 8 (Hipoly) con 118,2 cm, el tratamiento 1 (HB522) con 114,3 cm, el tratamiento 14 (I5) con 111,2 cm, el tratamiento 9 (Varundha) con 110,2 cm, tratamiento 5 (Heils Franken) con 106,2 cm, el tratamiento 11 (Trumpf) con 96,1 cm, tratamiento 2 (Mahigan) con 94,8 cm, el tratamiento 3 (Topper) con 90,3 cm, el tratamiento 6 (Emir) con 87,4 cm, el tratamiento 15 (Bancroft) con 83,6 cm, el tratamiento 12 (Mazurka) con 80,1 cm, el tratamiento 7 (Astrix) con 76,6 cm y mientras que el tratamiento 10 (Abed Binder 12) presentó el valor promedio más bajo en relación al resto de tratamientos con el 73,1 cm de altura.

La altura de la planta de la cebada fue otras de las variables consideradas importantes que al realizar el estudio se pudo observar diferencias significativas entre los tratamientos encontrándose en la cabeza línea isogénica 13 con código M08103004 -15/3G0018 Con una altura promedio de 145,5 cm siendo de gran importancia ya que el encamado es uno de los factores relacionados al mismo capaz de reducir drásticamente el rendimiento y dificultar en la recolección (Guerreo, 1999, p. 167).

Según (Pilataxi, 2013, p. 81) menciona que la altura es un carácter varietal importante con una relación directa al acame del tallo mismo que es recomendado alturas intermedias menores a 100 cm y de ciclo precoz, encontrándose dentro de este carácter a las líneas isogénicas número 2, 3 y 11.

3.8. Tamaño de las espigas

Tabla 9-3. Análisis de varianza del tamaño de las espigas.

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor	
Bloques	0,41	2	0,2	1,1	0,3464	ns
Tratamientos	49,49	14	3,54	19,02	0,0001	**
Error	5,20	28	0,19			
Total	55,11	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza (Tabla 9-3) para variable de tamaño de espiga presentó diferencia significativa entre tratamientos, porque el valor p es menor a 0.5, con un CV de 4,99% y así mismo los residuales presentaron una distribución normal (Gráfico 13-3).

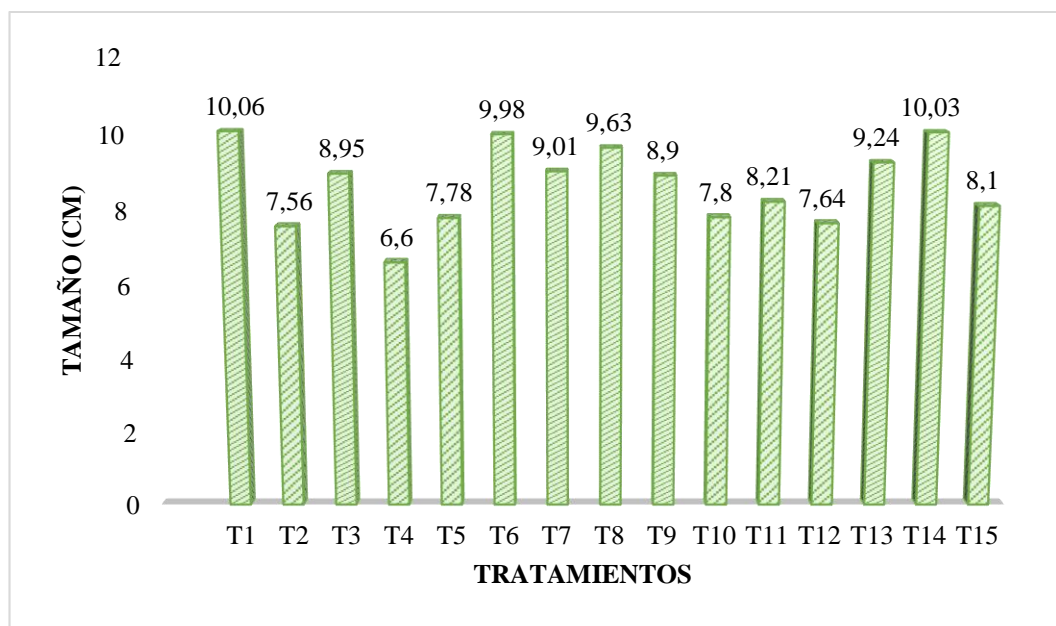


Gráfico 11-3. Tamaño promedio de las espigas de cebada obtenido por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Los resultados obtenidos del tamaño promedio de espiga (Gráfica 11-3) para cada tratamiento se resume que el mayor tamaño se presentó en el tratamiento 1 (HB522) con un tamaño promedio del 10,6 cm, seguido por los tratamientos 14 (I5) con 10,3 cm, el tratamiento 6 (Emir) con 9,98 cm, el tratamiento 8 (Hiproly) con 9,63 cm, el tratamiento 13 (Bigo) con 9,24 cm, el tratamiento 7 (Astrix) con 9,01 cm, tratamiento 3 (Topper) con 8,95 cm, el tratamiento 9 (Varundha) con 8,9 cm, tratamiento 11 (Trumpf) con 8,21 cm, el tratamiento 15 (Bancroft) con 8,1 cm, el tratamiento 10 (Abed Binder 12) con 7,8 cm, el tratamiento 5 (Heils Franken) con 7,78 cm, el tratamiento 12 (Mazurka) con 7,64 cm, el tratamiento 2 (Mahigan) con 7,56 cm y por otra parte el tratamiento 4 (KAO-32-12) con el 6,6 cm presentó el menor tamaño con relación al resto de tratamiento.

El tamaño de la espiga se presentó con una mayor longitud en la línea isogénica número 1 con código X12001895-15/3T0197 con un promedio de 10,6 cm infiriendo con lo obtenido en Vásquez (2015, p. 18) que investigó la adaptabilidad de las variedades de cebada en condiciones similares en Perú y obtuvo un promedio de 7,82 cm.

3.9. Granos por espigas

Tabla 10-3. Análisis de varianza del número de granos por espiga.

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor	
Bloques	14,93	2	7,47	1,50	0,2288	NS
Tratamientos	5137,47	14	366,96	76,45	0,0001	**
Error	134,40	28	4,80			
Total	5286,80	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza (Tabla 10-3) para variable de número de granos por espiga no presentó diferencia significativa entre bloques, pero si existe diferencia significativa en los tratamientos.

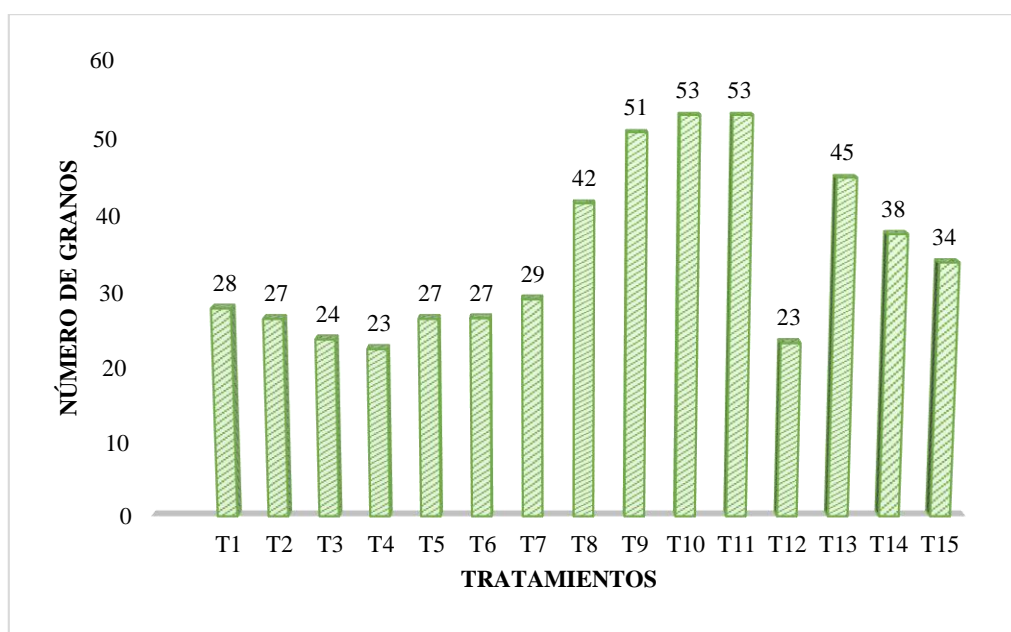


Gráfico 12-3. Número promedio de granos por espiga de cebada obtenido por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

La mayor presencia de número promedio de granos por espiga (Gráfica 12-3) se encontraron en los tratamientos 10 (Abed Binder 12) y 11 (Trumpf) con 53 unidades respectivamente, seguido por los tratamientos 9 (Varundha) con 51 unidades, el tratamiento 13 (Bigo) con 45 unidades, el tratamiento 8 (Hiproly) con 42 unidades, el tratamiento 14 (I5) con 38 unidades, el tratamiento 15 (Bancroft) con 34 unidades, tratamiento 1 (HB522) con 28 unidades, el tratamientos 2 (Mahigan), 5 (Heils Franken) y 7 (Astrix) con 27 unidades, tratamiento 3 (Topper) con 24 unidades, y finalmente para los tratamientos 4 (KAO-32-12) y 12 (Mazurka) con 23 unidades respectivamente que presentaron el menor número de granos.

El número de granos por espigas está relativamente relacionado a la producción o rendimiento encontrándose la línea isogénica número 10 con código J08044005-15/2T0111y 11 con código GADSBY respectivamente con 53 granos por espiga. Al respecto, Castro et al., (2011, p. 21) menciona que, el número de granos depende de los genotipos y del ambiente en el que crece, la duración y temperaturas altas durante los días previos a floración y durante el desarrollo floral provocan que el polen sea infértil y por consecuencia se aborten los granos, tengan un peso ligero que afecta gravemente el rendimiento de la cebada

Tabla 11-3. Análisis de varianza del peso en kilogramos de los tratamientos de la cebada.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Bloques	5768,04	2	2884,02	0,69	0,5118	ns
Tratamiento	210538,56	14	15038,47	3,58	0,0020	**
Error	117683,57	28	4202,98			
Total	333990,17	44				

p-valor <0,01 **

p-valor >0,01 y <0,05 *

p-valor >0,05 ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de varianza (Tabla 11-3) para variable de peso de la cebada no presentó diferencia significativa entre bloques porque el valor p es mayor a 0.05, mientras que en los tratamientos existió una diferencia significativa.

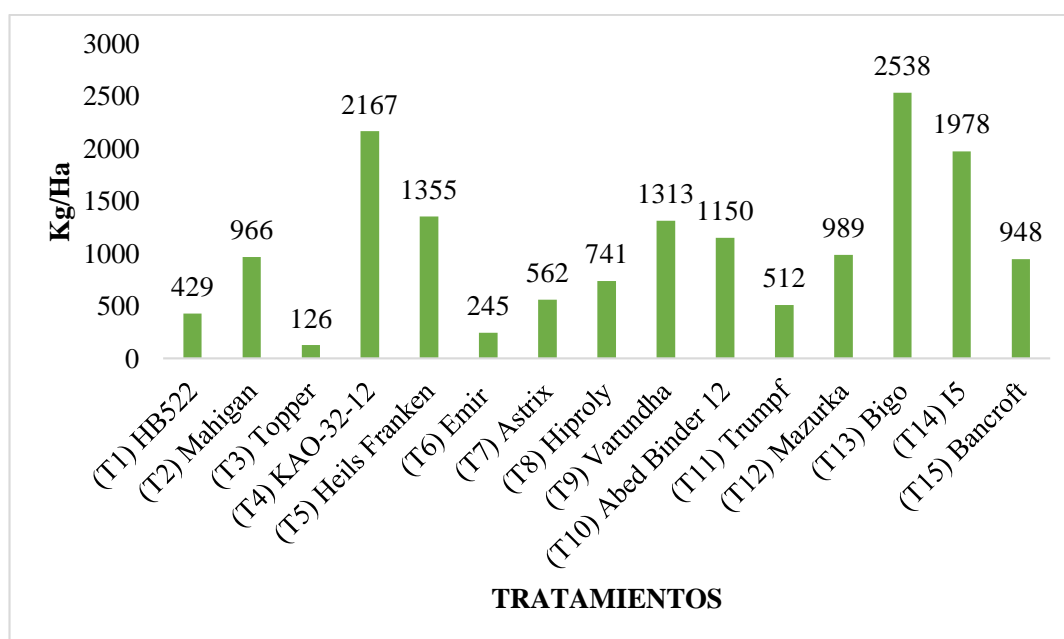


Gráfico 13-3. Peso total de cebada en kg/ha obtenido por tratamiento.

Realizado por: Merchán, O. 2022.

Para el peso total de la cebada (Kg) se comparó entre tratamientos (Gráfica 13-3), observando una clara diferencia para el tratamiento 13 (Bigo) con un peso de 2538 kg/ha, siendo el valor más alto en relación al resto de tratamientos, seguido por los tratamientos 4 (KAO-32-12) con (2167 kg/ha), el tratamiento 14 (I5) con (1978 kg/ha), el tratamiento 5 (Heils Franken) con (1355 kg), el tratamiento 9 (Varundha) con (1313 kg), el tratamiento 10 (Abed Binder 12) con (1150 kg), el tratamiento 2 (Mahigan) con (966 kg), tratamiento 12 (Mazurka) con (989 kg), el tratamiento 15 (Bancroft) con (948 kg), tratamiento 8 (Hiproly) con (741 kg), el tratamiento 7 (Astrix) con (562 kg), el tratamiento 11 (Trumpf) con (512 kg), el tratamiento 1 (HB522) con (429 kg), el tratamiento 6 (Emir) con (245 kg), y por último con el menor rendimiento se presentó en el tratamiento 3 (Topper) con el valor de 126 kg/ha.

Con respecto al peso de la cebada (Kg), existió grandes diferencias significativas entre los bloques en estudio debido a la interacción del genotipo con el medio ambiente Berger, Cerretta & Castro (2002), menciona que para obtener un gran desarrollo y rendimiento del grano depende básicamente del fotoperiodo a la que este expuesta la planta, de esta manera se a generando que las líneas isogénicas de cebada se comporten de manera diferente lo que en este estudio la línea isogénica número 13 con código M08103004-15/3G0018 presento un mayor peso de 2538 kg. Según Alam et al., (2007) citado por Pérez (2014) el rendimiento se ve afectado principalmente por cualidades genotípicas en conjunto con un buen manejo agronómico, factores ambientales, fisiológicas y fecha de siembras, depende además de las propiedades físicas del grano, de las enzimas sintetizadas durante el proceso de germinación. (Gonzalez et, al 2016, p. 161)

3.10. Análisis de correlación y regresión lineal

Tabla 1-3. Análisis de correlación y regresión lineal para las variables independientes en relación con el rendimiento

Variables independientes	Coefficiente de determinación (R^2)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b) p valor	Sig.
Severidad	0,0028	0,53	0,2517	ns
Tamaño espigas	0,05	0,33	0,1425	ns
Granos por espiga	0,05	0,15	0,1812	ns
Rendimiento kg/ha	0,03	0,25	0,7316	ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de correlación y regresión lineal no presenta (tabla 13-3) una correlación marcada entre el grupo de variables en estudio debido a que no existe una pendiente marcada en los resultados obtenidos.

Tabla 13-3. Análisis de correlación y regresión lineal para las condiciones climáticas en relación a la severidad de (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*).

Variables independientes	Coefficiente de determinación (R^2)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b) p valor	Sig.
Severidad e incidencia	0,01	0,57	0,7798	ns
Temperatura	0,05	0,57	0,5727	ns
Humedad Relativa	0,01	0,66	0,6584	ns
Punto de rocío	0,02	0,55	0,5512	ns

Realizado por: Merchán, O. 2022.

El análisis de correlación y regresión lineal para las condiciones climáticas en relación con la incidencia y severidad causada por (*puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) presenta una relación intermedia ya que no presenta en ninguno de los casos una pendiente marcada de regresión lineal.

3.11. Discusiones

3.11.1. Severidad e incidencia/Rendimiento Kg/Ha

El ataque producido por (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*) en las líneas isogénicas de cebada tuvo varias particularidades debido a que la línea que resulto susceptible a la enfermedad como fue Bancroft con una media de 23 % y con la presencia de genes aún desconocidos, tuvo un rendimiento menor en comparación a la línea que resulto resistente que fue Heils Franken con una media de 0%, confirmando a su composición genética Rps4, rpsHF una resistencia cualitativa o también denominada vertical debido a que las variedades del hospedero interactúan de manera diferencial o específica con las razas del patógeno. cuatro es el número mínimo de genes de resistencia de efectos menores o de desarrollo lento de la roya para alcanzar casi inmunidad a la roya de la hoja. La resistencia genética a roya de la hoja está condicionada por factores genéticos, o genes que se heredan en forma Mendeliana como caracteres cualitativos, es decir que estos genes actúan en una relación gen por gen, la resistencia cualitativa a razas está determinada por genes mayores (R-genes). Este tipo de resistencia a menudo dura sólo pocos años, debido a que es de herencia genética simple se basa en una relación gen por gen entre el hospedero y el patógeno produciéndose mutaciones del patógeno la cual ayuda a vencer este tipo de resistencia (Kou & Wang, 2010, p. 67).

El rendimiento del grano se ve afectado por esta enfermedad, mientras exista una tasa de infección alta, el rendimiento del grano será menor además de producir en el grano de cebada algunas anomalías como el tamaño, color y forma que en un futuro perjudiquen de manera indirecta la distribución y comercialización. En reportes científicos estadounidenses se menciona que no existen genotipos comerciales de cebada disponibles con resistencia a roya amarilla; mismos que opinan que algunos genotipos son resistentes a una o varias razas de *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*. No obstante, un tipo de resistencia más durable es de planta adulta (Chen, 2003, p. 78).

De la misma manera sucede con la incidencia de la roya amarilla en el cultivo, mientras mayor sea la infección en las plantas de cebada menor será el rendimiento del grano debido a que esta enfermedad causa alteraciones químicas, físicas y fisiológicas en el grano, esto concuerda con (Serrago et al, 2011, p. 80) quien menciona que la incidencia de la roya amarilla disminuye el llenado del grano y por lo tanto incrementa la aparición de granos chupados, los cuales se asocian a

pérdidas en el peso de mil granos. De esta manera se observa en el gráfico donde la línea resistente presenta un mayor rendimiento con 1355 kg/ha en comparación con la línea susceptible que presentó 948 kg/ha.

3.11.2. Incidencia y severidad

Para que una enfermedad fitopatológica se desarrolle en un cultivo depende estrechamente del factor climático, la presencia de humedad tanto en el suelo como en el ambiente, la temperatura, la presencia de gotas de rocío en las hojas y el viento. Hacen que la enfermedad de roya amarilla se disperse y se propague con mayor intensidad hacia el resto del cultivo, en el ensayo se determinó un rango de las condiciones ambientales en las que se desarrolló la enfermedad. Se obtuvo una temperatura promedio que osciló de 11 °C a 17 °C, una humedad del ambiente de 68 % al 90 % y el punto de rocío que va de 7 a 11 °C, ocasionando un incremento en la enfermedad cuando las temperaturas diarias estuvieron por debajo de los 13°C y una humedad relativa por encima del 80%, de esta manera la severidad e incidencia ocasionada por (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) depende notoriamente de sus genes presentes en cada línea de cebada debido a que presentó una resistencia vertical en todos los tratamientos en estudio, esto se originó porque existió un tipo de infección alto por lo que algunas líneas resultaron altamente susceptibles mientras también hubo líneas que resistieron a esta enfermedad.

3.11.3. Tamaño de la espiga y número de granos por espiga.

En la investigación realizada se obtuvo una notoria particularidad de la forma y tamaño de las espigas, cada línea presentó un valor promedio diferente que van desde 6,6 cm hasta 10,06 cm, las líneas en estudio que resultó resistente Heils Franken presentó un tamaño con una media de 7,8 cm en comparación a la línea susceptible presentó una media de 8,1 cm, esto se debe a que las líneas isogénicas de cebada, cada una de estas están conformadas por diferentes genes que a su vez atribuyen algunas condiciones como el tamaño de la planta, tamaño de las espigas, forma de las espigas, tamaño del grano, número de granos por espiga, forma del grano, hacen que sean únicas en su variación fisiológica. No específicamente el tamaño de las espigas influye en el número de granos por espiga puesto a que se tienen ejemplares que presentaron un tamaño superior a las demás líneas y su número de granos fue menor con en este caso en la línea número 1 (HB522) que presentó un tamaño promedio de 10,03 cm y el número de granos presentes fue una media de 28 granos, comparando con la línea 10 Abed Binder 12, quien presentó una media de 53 granos en su espiga por lo cual podemos mencionar que depende de su diversidad genética ya que los granos de cebada presentaron diferentes formas y tamaños para casi todas las líneas en estudio.

Para el número de granos por espiga presento una baja correlación positiva, la pendiente indico que los tamaños de las espigas no necesariamente deben tener un tamaño mayor para que exista un mayor número de granos.

Pero también son afectados por la proporción de nutrientes presentes en el suelo, limitaciones de agua, ataque de otras enfermedades, la tasa fotosintética, además las condiciones ambientales son de gran importancia para el desarrollo del cultivo, así por ejemplo la temperatura, humedad presente en el ambiente que influyen de manera directa a la producción de asimilados que otorgue a la planta un mayor rendimiento. Lo que concuerda con (Velasco et al., 2020, p. 105). En estudios de caracterización agromorfológica de germoplasma de cebada en diferentes regiones del mundo, han demostrado la existencia de variabilidad genética en distintas características asociadas al rendimiento del grano, además (Abbate et al., 1997 p. 20). afirma el período de crecimiento de las espigas depende de las condiciones ambientales, con poca variación entre cultivares, además de la capacidad de foto asimilados producidos por las plantas.

3.11.4. *Número de granos por espiga vs rendimiento kg/ha*

Para el rendimiento en relación al número de granos, el análisis de correlación se presentó bajo positiva, debido a que la recta indico que el rendimiento kg/ha aumenta de a poco a medida que existió un incremento en el número de granos.

El rendimiento del grano de cebada se vio altamente afectado por el número de granos por espiga en donde se obtuvo una variación puesto que no se obtuvo mayor rendimiento en las líneas que presentaron mayor número de granos por espiga, esto principalmente se debe a que existe dos tipos de cebada de dos hileras y de seis hileras las mismas que son controlados por diferentes genes lo que origina que exista variaciones en lo correspondiente al número de granos presentes en las espigas. Además (Ataei, 2006 p 227), afirma que el número de granos por espiga; este componente del rendimiento de grano en cebada identifica la etapa de crecimiento y el estado reproductivo y va a depender del número de flores que son polinizadas y del número de flores polinizadas que se llenan y se convierten en grano por otra parte otro componente importante es la forma y el tamaño que presentaron los granos de cebada de las diferentes líneas isogénicas; así lo corrobora (Rasmusson, 1985 p. 522) donde menciona que diversos genes individuales afectan el peso del grano, lo que concuerda con nuestra investigación.

CONCLUSIONES

- Las líneas isogénicas de cebada evaluadas que presentaron una moderada resistencia a (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*) fueron las líneas 2 (Mahigan), 3 (Topper), 7 (Astrix), 11 (Trumpf) y 12 (Mazurka), presentando valores por debajo del 5%, además las líneas que presentaron una moderada susceptibilidad a la roya fueron las líneas 1 (HB522), 4 (KAO- 32-12), 6 (Emir), 8 (Hiproly), 9 (Varundha) y 14 (I5), presentando un valor promedio de 10%, mientras que las líneas más susceptibles a esta enfermedad fueron la 10 (Abed Binder12), 13 (Bigo) presentando valores por encima del 18% respectivamente. Esta susceptibilidad y resistencia de estas líneas isogénicas recae en su composición genética la misma que difiere para cada una de estas líneas.
- Se logró demostrar la resistencia y susceptibilidad de los diferentes ecotipos de la cebada además de conocer genes presentes en cada línea, obteniendo una resistencia parcial en el tratamiento 5 (Heils Franken) con un valor de 0% de severidad, en la cual se encuentran presentes los genes Rps4, RpsHF; a diferencia del tratamiento 15 (Bancroft) que presentó la mayor tasa de susceptibilidad con una media del 23% en comparación con los otros tratamientos, esto se debe a que sus genes Yr son desconocidos.
- Mediante la investigación se trata de proporcionar información, además de generar alternativas de solución frente a esta enfermedad, con los resultados obtenidos se realizarán mejoras genéticas sobre estas líneas isogénicas de cebada las mismas que serán de gran ayuda para el progreso agronómico y productivo de nuestro país.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis genéticos con marcadores moleculares de la resistencia de plántula identificada para desarrollar programas de mejoramiento más eficientes para enfermedades en cebada en el país.
- Estudiar los genotipos que presentaron resistencia de planta de cebada de naturaleza cualitativa para identificar fuentes de resistencia duradera.

BIBLIOGRAFÍA

ABBATE, P.; ANDRADE, F. & LÁZARO, L. (A). *Explorando altos rendimientos de trigo. Cimmyt-inia*. Explorando altos rendimientos de trigo. Cimmyt-inia. 20 pp. 17-19. 1997

ALTAMIRANO, N., *Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno* Complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada maltera scarlett y metcalfe (*hordeum vulgare* l.) en chaltura-imbabura. S.l.: s.n. 2014.

ALVARADO, V., *Comportamiento agronómico de seis variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en san vicente de colonche, cantón santa elena*. Comportamiento agronómico de seis variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en san vicente de colonche, cantón santa elena. S.l.: s.n. 2010.

ANDRADE V, O. & CONTRERAS F, E., *Informativo INIA Carillanca*. Roya amarilla o polvillo estriado del trigo. [en línea], Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4177> (Visited: 12 marzo 2021).

APARICIO GUTIERREZ, *El desarrollo de la roya amarilla en los trigos de castilla y león*, El desarrollo de la roya amarilla en los trigos de castilla y león, pp. 1-9. 2014.

ATAEI, M. *Path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) yield*. Tarim Bilimleri Dergisi. Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi (Irán). 12(3):227-232. 2006.

BRAR, G.S. & KUTCHER, H.R., *Race characterization of *Puccinia striiformis* f. *Sp. tritici*, the cause of wheat stripe rust, in Saskatchewan and southern Alberta, Canada and virulence comparison with races from the United States*. Plant Disease, vol. 100, no. 8, pp. 1744-1753. ISSN 01912917. DOI 10.1094/PDIS-12-15-1410-RE. 2016.

CARLA VIVANCO, *Estudio preliminar de la diversidad genética del género *Puccinia* presente en Poaceae en la Sierra Ecuatoriana con énfasis en *Puccinia striiformis**. Estudio preliminar de la diversidad genética del género *Puccinia* presente en Poaceae en la Sierra Ecuatoriana con énfasis en *Puccinia striiformis*. S.l.: s.n. 2013.

CARMONA, M. & SAUTUA, F., *El mundo , monitoreo y decisión de uso de fungicidas epidemics of wheat stripe (yellow) rust . new races in the world , Scouting and deciding on fungicides. ,* vol. 38, no. 1, pp. 37-58.

CASTRO, A., HOFFMAN, E. & VIEGA, L., *Limitaciones para la productividad de trigo y cebada.* S.l.: s.n. ISBN 9789974007239. 2011.

CHACALÁN, E., *Facultad De Ingeniería En Ciencias Agropecuarias Y Ambientales Carrera De Ingeniería Agropecuaria.* Respuesta de tres fungicidas en el control de la roya (*Puccinia hordei* G.H. Otth y *Puccinia striiformis* Westend.) en cebada (*Hordeum vulgare* L.) Variedades Malteras Scarlett y Metcalfe en Chaltura – ImbabuRA. [en línea], pp. 193. Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1057/1/04_RED_O12- 3 documento tesis.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1057/1/04_RED_O12-3_documento_tesis.pdf). 2012.

CHEN, W., WELLINGS, C., CHEN, X., KANG, Z. & LIU, T., *Molecular Plant Pathology,* Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. tritici. vol. 15, no. 5, pp. 433-446. ISSN 13643703. DOI 10.1111/mpp.12116. 2014.

COTERA HUAYHUA, C., *Diversidad Molecular De Puccinia Striiformis F. Sp. Hordei En La Region Norte De Ayacucho.* [en línea], pp. 118. Disponible en: http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/199/1/2016_Cotera_Diversidad_molecular.pdf. 2016.

DAVID LEÓN, *Evaluación del rendimiento de dos variedades mejoradas y una tradicional de cebada.* Evaluación del rendimiento de dos variedades mejoradas y una tradicional de cebada (. S.l.: s.n. 2010.

ESPINO, J.H., MIR, H.E.V., RANGEL, E.E., LEYVA, S.G. & SINGH, R.P., *Sistema de Información Científica harineros para temporal leaf rust resistance analysis in rainfed bread wheat e .* está condicionada por factores genéticos o genes que se vos . Estos genes actúan en una relación gene por gene. 2002.

FERNANDA GAMBA & ANDREJ TAKAUZ, *Especialización fisiológica de una población local de Pyrenophora teres f . sp . teres* Physiological Specialization of a Local Population of *Pyrenophora teres* f . sp . teres. , pp. 50-54. 2011.

GABRIELA ALDABA, *Universidad Nacional Agraria Universidad Nacional Agraria* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8048>.

Garofalo, J., 2012. Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada. 2012.

GONZÁLEZ, A., *Estudio De Caracteres Fenológicos, Agronómicos, Morfológicos Y Fisiológicos En Relación Con La Tolerancia Al Estrés Hídrico En Cebada*. S.l.: s.n. ISBN 84-669-1696-2. 2001.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M., ZAMORA DÍAZ, M., et. al. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. *Revista* vol. 4, no. 8, pp. 1237-1250. ISSN 2007-0934. DOI 10.29312/remexca.v4i8.1136. 2018.

GONZÁLEZ, M.G., DÍAZ, M.Z., HUERTA, R. & SOLANO, S., *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Efficiency of three fungicides to control the leaf rust in malting barley. vol. 4, pp. 1237-1250. 2013.

GONZÁLEZ, M.G., ZAMORA, M. & SOLANO, S., *Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera* * Agronomic and physical evaluation in advanced lines of malting barley Resumen Introducción. , vol. 7, pp. 159-171. 2016.

HAVLOVÁ, P., LANCOVÁ, K., VÁŇOVÁ, M., HAVEL, J. & HAJŠLOVÁ, J., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, The effect of fungicidal treatment on selected quality parameters of barley and malt. vol. 54, no. 4, pp. 1353-1360. ISSN 00218561. DOI 10.1021/jf0581372. 2006.

INEC-ESPAC, *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018. 2019.

INIAP, INIAP - *Manejo integrado de Trigo y Cebada*. Manejo integrado de Trigo y Cebada.2011.

ISLAS, S., SERGIO, J., BROERS, H., FLORES, V., MEXICANA, R.F., et. al. *Genética de la resistencia cuantitativa a la roya amarilla (puccinia striiformis f . Sp . Hordei) en tres cultivares de cebada genetics of quantitative resistance to yellow rust (Puccinia striiformis f . sp . hordei)*. 2012.

JOHANS, V., *Caracterización morfológica y aptitud maltera de líneas de cebada (Hordeum vulgare L.) procedentes del CIMMYT- México*. S.l.: s.n. 2015.

LEMA-AGUIRRE, A.C., BASANTES-MORALES, E.R. & PANTOJA-GUAMÁN, J.L., *Agronomía Mesoamericana*, Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. vol. 28, no. 1, pp. 97. ISSN 1021-7444. DOI 10.15517/am.v28i1.22705. 2016.

LOLADZE, A., *Identification of Stripe Rust Resistance*. Identification of Stripe Rust Resistance. 2006.

MIGUEL RIVADENEIRA, L.A. & J.U., *El cultivo de cebada en ecuador* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>.

MIRALLES D, GONZALEZ F, ABELEDO L, S.R., *Manual de trigo y cebada para el cono sur. Procesos fisiologicos y bases de manejo*. Manual de trigo y cebada para el cono sur. Procesos fisiologicos y bases de manejo., pp. 7-9. 2014.

MONTENEGRO, B.C. & P., *Selección de una línea promisorio de cebada (hordeum vulgare l.) Bio – fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana*”. S.l.: s.n. 2015.

PILATAXI, M., *Evaluación de siete variedades de trigo (triticumaestivum l.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2789 m.s.n.m conocoto–quito 2012*. S.l.: s.n. 2013.

PONCE-MOLINA, L., NOROÑA, P., CAMPAÑA, D., et. al. *La cebada (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-9942-22-491-0. Disponible en: [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual 116 La cebada.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf).

QUISPE, E., *Evaluación De Secuencias Del Gen Its De Roya Amarilla (Puccinia Striiformis F. Sp. Hordei) Monopustular En Cebada (Hordeum Vu/Gare) Y Pasto Ovillo (Dactylis glomerata)*. S.l.: s.n. 2014.

QUISPE, E.A., *Componentes de rendimiento de líneas avanzadas de cebada hexástica (Hordeum hexastichon L.) 29TH-IBYT- UNCP en condiciones de siembra tardía en la C. C. Huamancaca-Chupaca*. [en línea], pp. 67. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4719/QuispeInga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2016.

RASMUSSEN, D.C. *Barley*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Publishers, Madison, Wisconsin. 522 p.67.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, M.F., ROJAS-MARTÍNEZ, R.I., et. al. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Genetics of the resistance to yellow rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. tritici W. In three genotypes of wheat (*Triticum aestivum* L.). vol. 42, no. 1, pp. 31-38. ISSN 01877380. DOI 10.35196/rfm.2019.1.31-38.

ROELFS, A.P., SINGH, R.P. & SAARI, E.E., *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades*. S.l.: s.n. ISBN 9686127704. 1992.

SAUCEDO, C., CLAUDIA, M., CASTAÑEDA, L., MORENO, M., et. al. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. vol. 27, no. 2, pp. 167-175. ISSN 0187-7380.

SIMBAÑA, M., *Universidad Central Del Ecuador*, 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*) del iniap en dos localidades de pichincha. pp. 85. 2015.

STUBBS, R.W., PRESCOTT, J.M., SAARI, E.E. & DUBIN, H.J., *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)*. México, Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. pp. 55. ISSN 1098-6596. 1986.

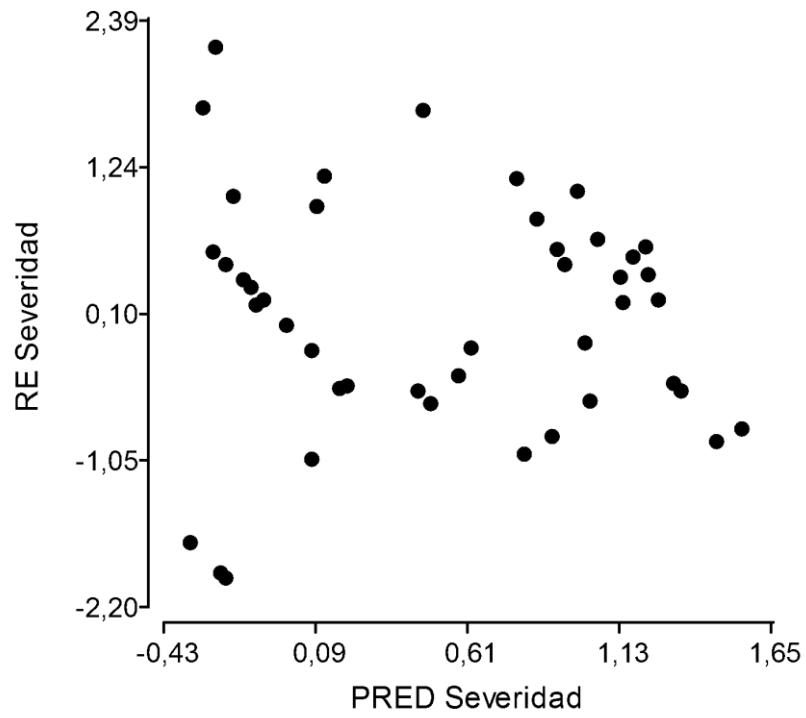
VELASCO-LAITON, Y., SANA, W. & MORILLO, A., *Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L .) en el Municipio de Chivatá Boyacá , Colombia ** Agromorphological characterization of barley (*Hordeum vulgare* L .) in the Municipality of Chivatá Boyacá , Colombia Caracterização agromorfoló. . 2020. pp. 103-116.

ANEXOS

ANEXO A: DISEÑO DEL PROYECTO EN CAMPO

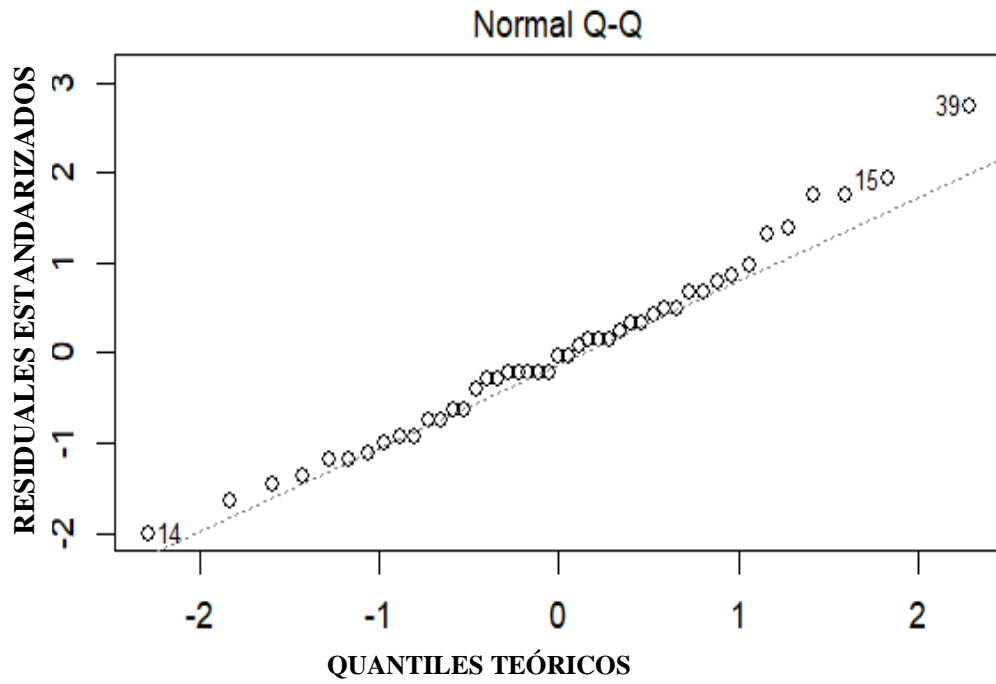
DISEÑO EXPERIMENTAL		
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
T3R1	T12R2	T1R1
T8R3	T11R3	T8R2
T15R3	T7R2	T10R3
T2R1	T4R2	T3R3
T5R2	T15R2	T13R1
T12R3	T10R2	T2R2
T1R3	T2R3	T9R1
T4R1	T5R1	T11R1
T14R1	T3R2	T4R3
T11R2	T13R3	T7R1
T6R2	T9R2	T14R2
T10R1	T6R1	T5R3
T7R3	T14R3	T12R1
T13R2	T8R1	T6R3
T9R3	T1R2	T15R1

ANEXO B: DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA SEVERIDAD EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*).



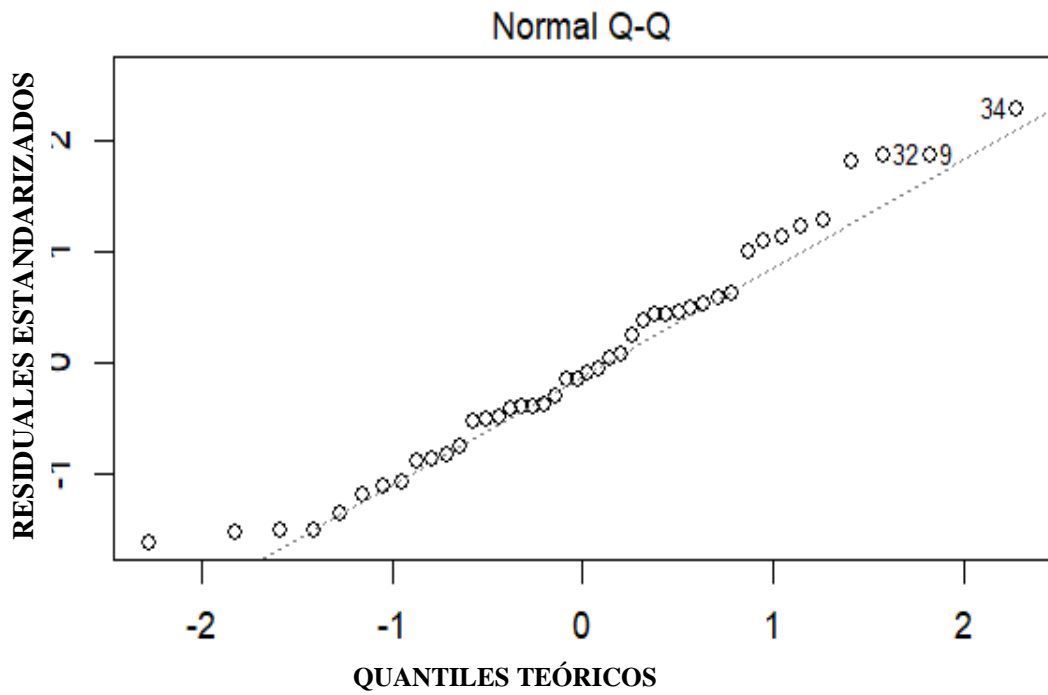
Realizado por: Merchán. O, 2021.

ANEXO C: DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA
LA INCIDENCIA EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*).



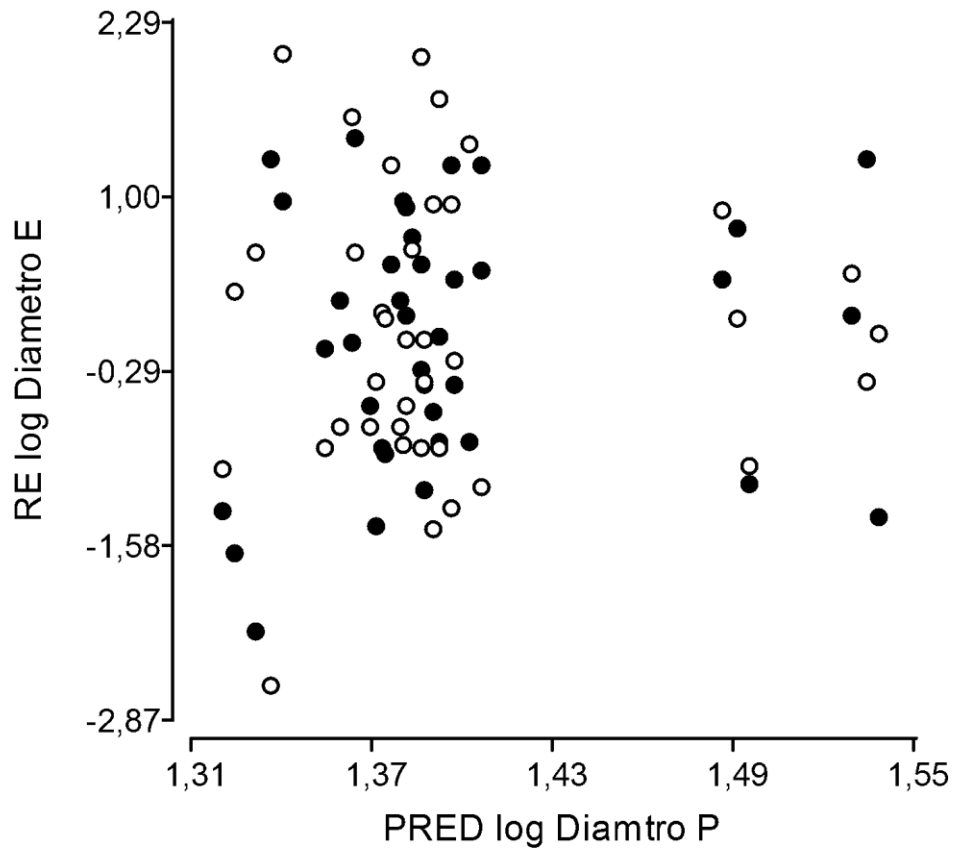
Realizado por: Merchán. O. 2021.

ANEXO D: DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS SUPUESTOS DE NORMALIDAD PARA EL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD EN ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f. sp *hordei*).



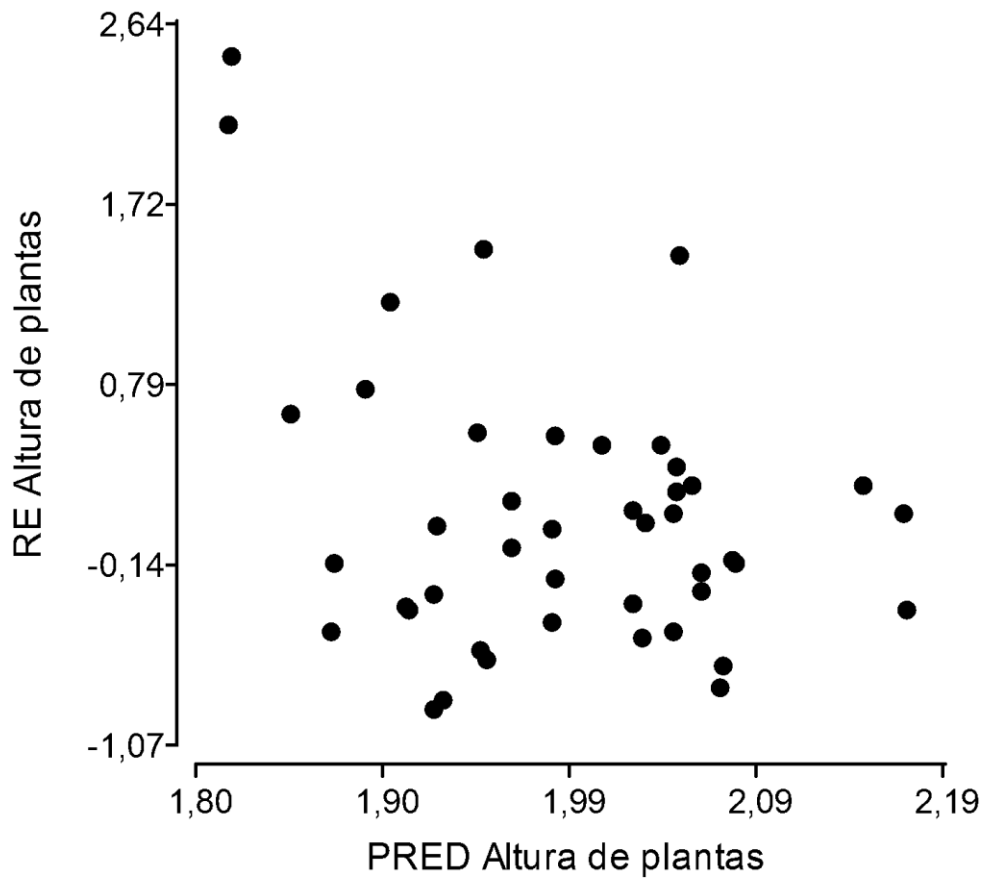
Realizado por: Merchán. O, 2021.

ANEXO E: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE ESPORAS DE ROYA AMARILLA.



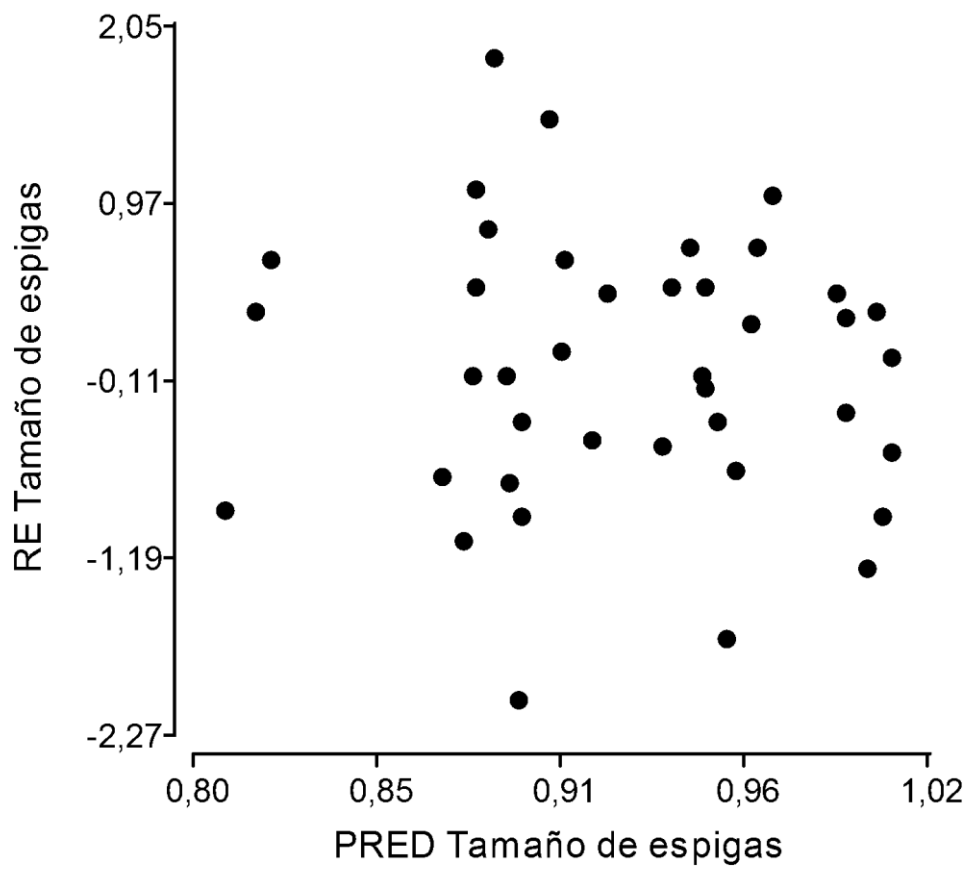
Realizado por: Merchán. O, 2021.

ANEXO F: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE ALTURA DE LAS LÍNEAS DE CEBADA.



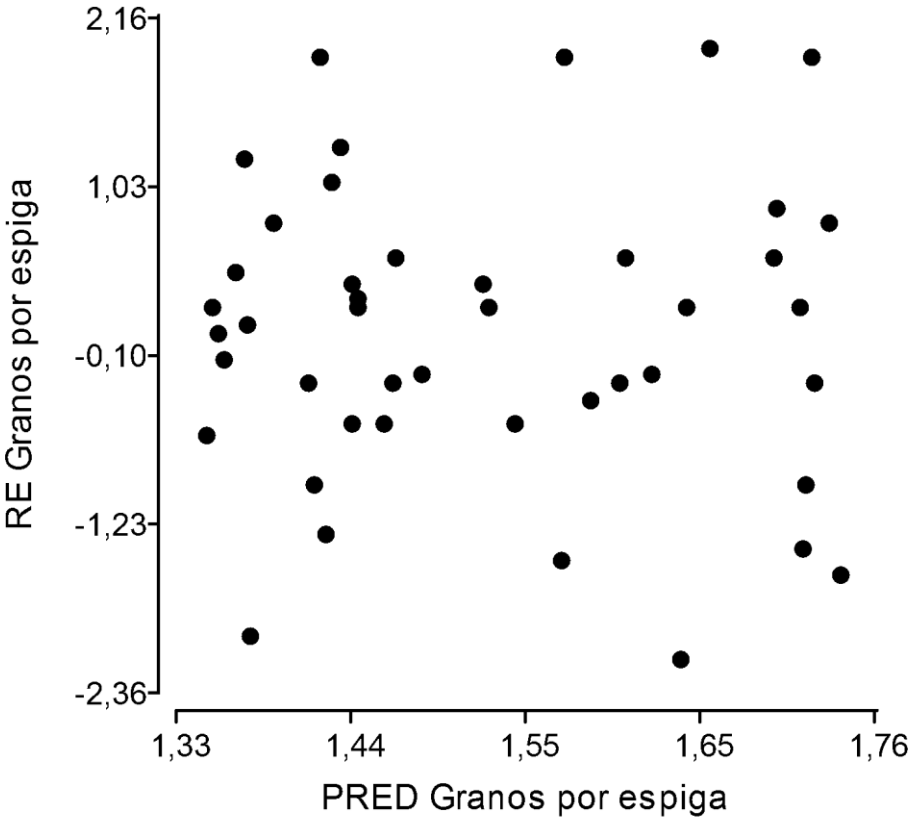
Realizado por: Merchán. O, 2021.

**ANEXO G: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE TAMAÑO DE LAS
ESPIGAS.**



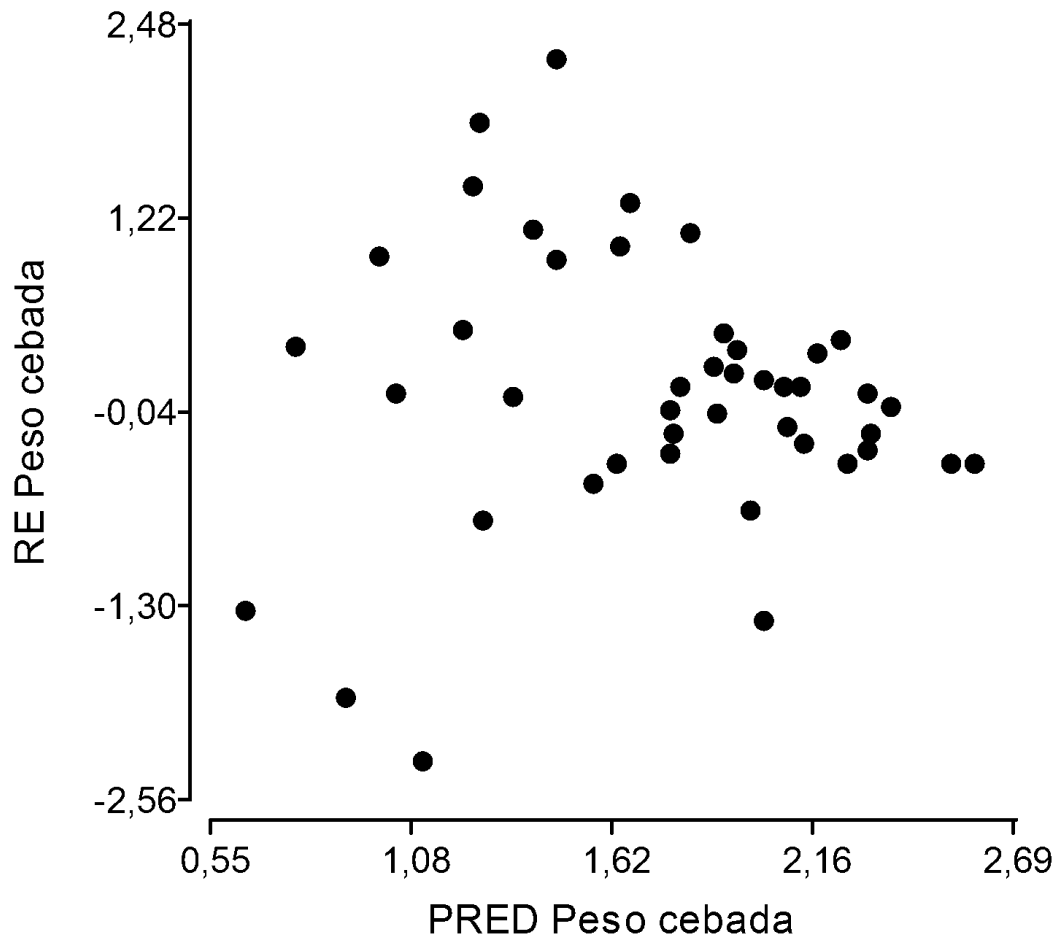
Realizado por: Merchán. O, 2021.

**ANEXO H: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS
POR ESPIGA.**



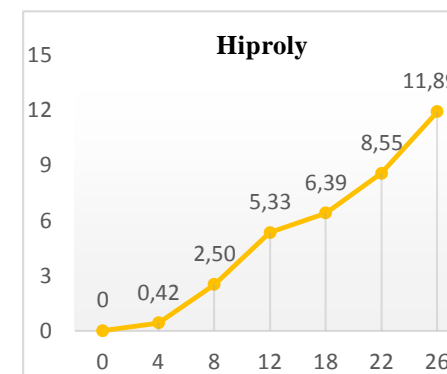
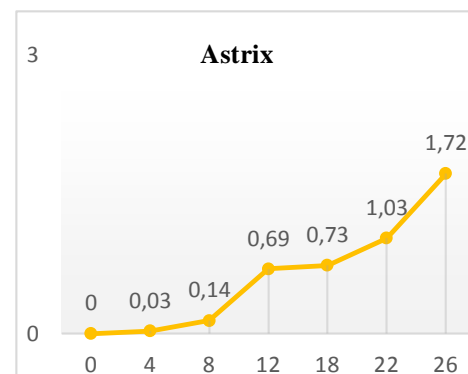
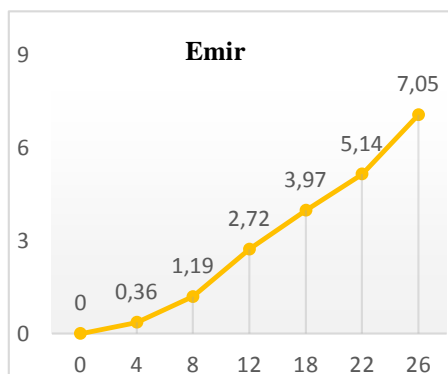
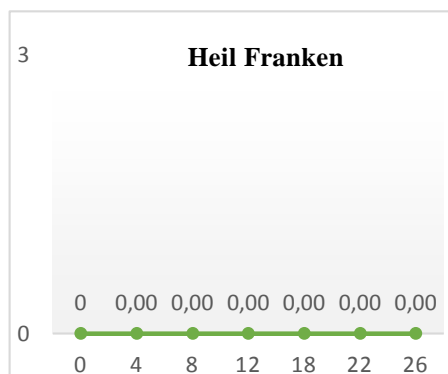
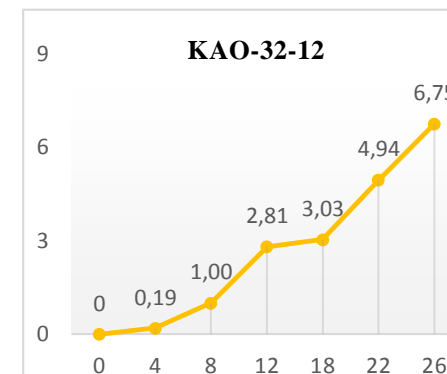
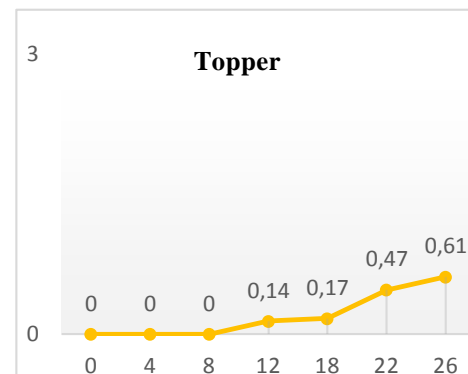
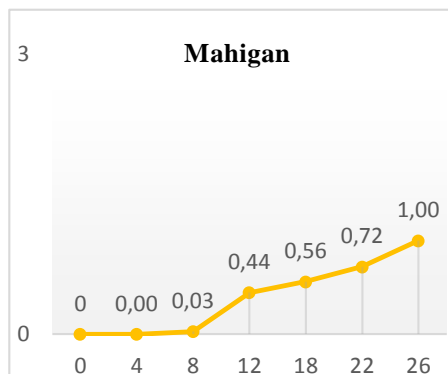
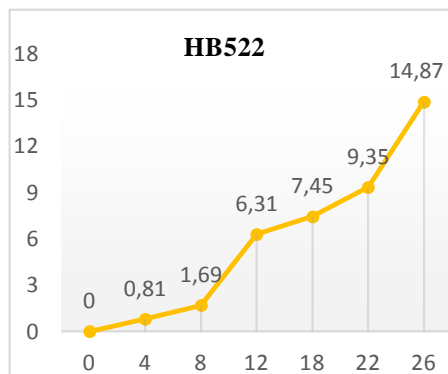
Realizado por: Merchán. O, 2021.

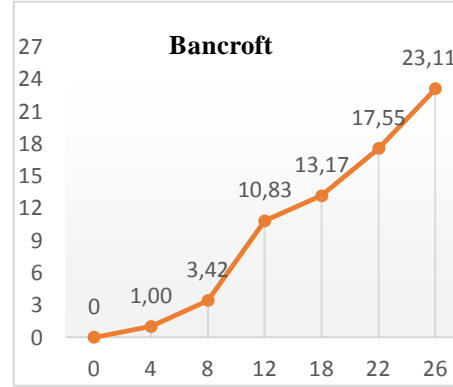
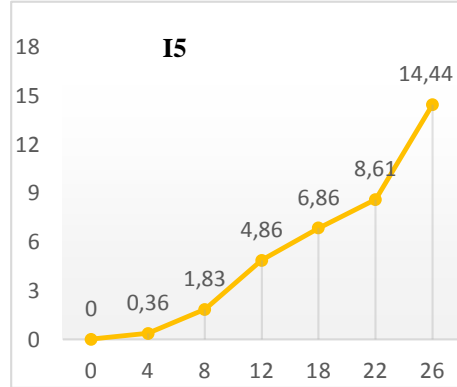
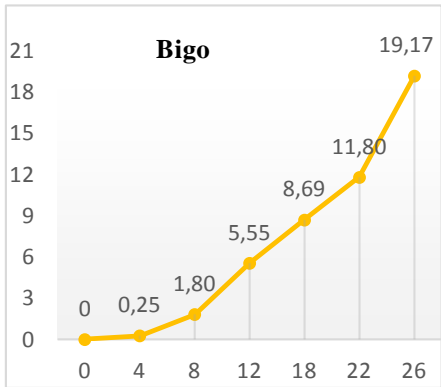
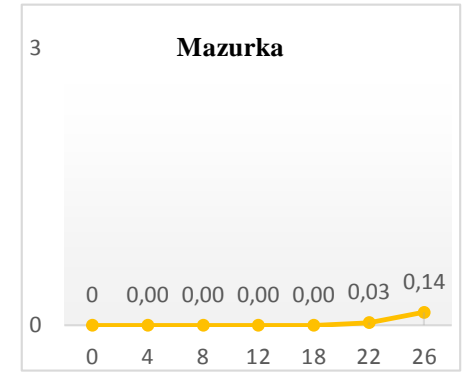
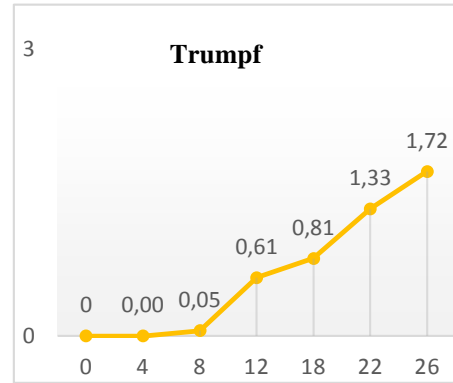
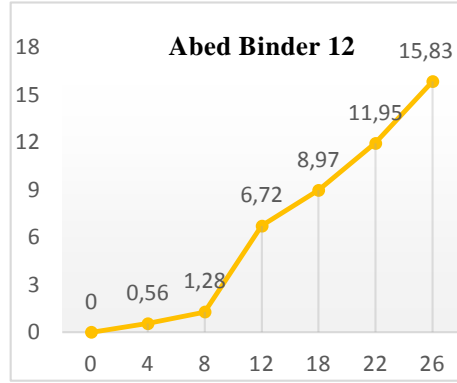
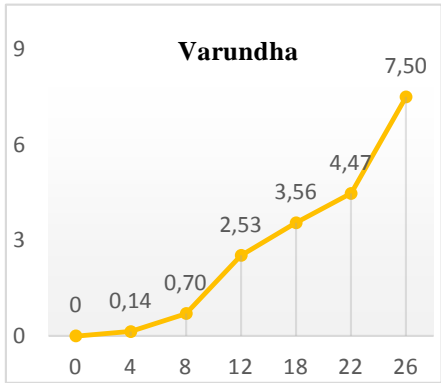
ANEXO I: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA VARIABLE PESO DE LA CEBADA.



Realizado por: Merchán. O, 2021.

ANEXO J: ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA *PUCCINIA STRIFORMIS* F. SP. *HORDEI* POR CADA LÍNEA ISOGÉNICA DE CEBADA





Realizado por: Merchán Oscar, 2022.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10/06/2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Oscar Eduardo Merchán Vélez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Fernando Castillo



1108-DBRA-UTP-2022