



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE
TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.
DURANTE EL DESARROLLO VEGETATIVO Y FASE DE
ESPIGADO, EN LA PARROQUIA LICTO, DEL CANTÓN
RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación.

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: ALEXIS FABIAN RIOFRIO PROAÑO

DIRECTOR: Ing. FERNANDO JOSÉ RIVAS FIGUEROA. PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Alexis Fabian Riofrio Proaño

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, ALEXIS FABIAN RIOFRIO PROAÑO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es 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 Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de mayo de 2022

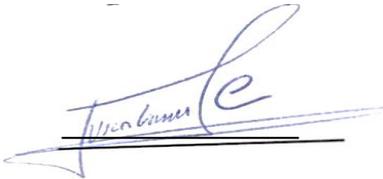
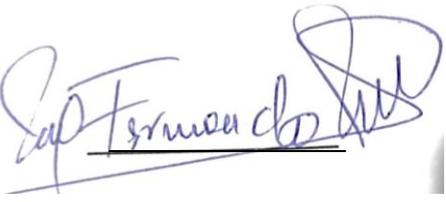
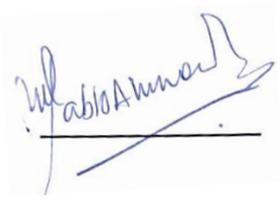
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alexis Riofrio Proaño', written in a cursive style.

Alexis Fabian Riofrio Proaño

060436162-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. DURANTE EL DESARROLLO VEGETATIVO Y FASE DE ESPIGADO, EN LA PARROQUIA LICTO DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**” realizado por el señor: **ALEXIS FABIAN RIOFRIO PROAÑO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, 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		2022-05-16
Ing. Rivas Figueroa Fernando José Ph.D. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-05-16
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-05-16

DEDICATORIA

En principio a Dios por brindarme la vida, fuerza y sabiduría durante todos estos años de formación educativa y que cada día me permitieron resolver cada problema con humildad y honestidad. A mis tres ángeles de la guarda: Rosa Merino, Julio Proaño y María Sefelmira que me brindaron todo su amor y cariño para guiarme con su ejemplo e inspirarme a ser un protagonista de bien en todas mis decisiones, sueños, anhelos. A mis padres Silvia Proaño y Hugo Riofrio que me brindaron todo su apoyo incondicional durante todos estos años de vida y en especial mención durante la realización de este trabajo de titulación y junto a ellos poder haber cosechado todos los éxitos que un día sembramos, llevándolos siempre en lo más profundo de mi corazón. A mi hermana María José que a pesar de la distancia siempre me supo brindar su apoyo incondicional que fue necesario para no rendirme y poder terminar de lograr un escalón más en mi vida.

ALEXIS

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Agronomía, por haberme brindado la oportunidad de obtener una profesión, con el ideal de ayudar a la comunidad en general

A mi familia por su apoyo y comprensión durante todo este duro proceso de la realización de este trabajo; en especial a mis padres que me brindaron las facilidades para hacerlo además de su constante e indiscutible apoyo moral.

El sincero agradecimiento a todas las personas que fueron participes para la realización de este trabajo ya que cada uno con su aporte logro permitirme culminarlo.

A los docentes y profesionales de la Facultad de Recursos Naturales, quienes a lo largo de estos años de estudio me brindaron de su tiempo, conocimientos y experiencias para así fortalecer mi formación profesional.

Una mención especial para mi querido tribunal de titulación encabezado por el Ing. Fernando Rivas Figueroa Ph.D; Ing. Pablo Álvarez Romero Ph.D; & al Ing. Álvaro Mauricio Rivera, por haberme brindado su confianza, apoyo y fructíferas orientaciones para el inicio, ejecución y culminación del presente estudio con éxito y satisfacción.

Finalmente mencionar a mis apreciados compañeros y amigos de la Facultad de Recursos Naturales en especial a mis amigos de la Escuela de Agronomía: Alexander Salinas, Christian Leiva, Edison Garcés, Juan Ramos, Katty Quisnia, Oscar Merchán, por todo el tiempo, cariño y amistad compartida no solo en la realización de este trabajo sino a lo largo de toda nuestra vida estudiantil, siendo motivos de inspiración y superación a pesar de las adversidades que se presentaban.

ALEXIS

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Cultivo de Trigo	5
1.1.1. Eco fisiología, Origen, Importancia	5
1.1.1.1. <i>Eco fisiología</i>	5
1.1.1.2. <i>Origen</i>	5
1.1.1.3. <i>Importancia</i>	6
1.1.2. Características Agronómicas	6
1.1.2.1. <i>Morfología</i>	6
1.1.2.2. <i>Ciclo vegetativo y desarrollo del cultivo</i>	7
1.1.2.3. <i>Tipos</i>	8
1.1.2.4. <i>Clasificación Taxonómica</i>	8
1.1.3. Requerimientos agroecológicos para el desarrollo del cultivo.	8
1.1.3.1. <i>Temperatura y Humedad</i>	8
1.1.3.2. <i>Suelos y pH</i>	9
1.1.3.4. <i>Necesidades de agua</i>	9
1.1.4. Requerimientos Nutricionales	9
1.1.4.1. <i>Nitrógeno</i>	9
1.1.4.2. <i>Fósforo</i>	9
1.1.4.3. <i>Potasio</i>	10
1.1.4.4. <i>Azufre</i>	10
1.2. Enfermedades del Trigo	10
1.2.1. Roya Amarilla.....	10
1.2.1.1. <i>Importancia de la Enfermedad</i>	10

1.2.1.2.	<i>Agente Causal</i>	10
1.2.1.3.	<i>Taxonomía</i>	11
1.2.1.4.	<i>Morfología</i>	11
1.2.1.5.	<i>Epidemiología</i>	11
1.2.1.6.	<i>Distribucion Geografica</i>	12
1.2.1.7.	<i>Rango de Hospederos</i>	12
1.2.1.8.	<i>Sintomatología</i>	12
1.2.1.9.	<i>Ciclo de la Enfermedad</i>	13
1.3.	Estrategias de Control	14
1.3.1.	Control Génético	14
1.3.2.	Resistencia	14
1.3.2.1	<i>Resistencia Vertical y Horizontal</i>	15
1.3.2.2	<i>Resistencia Planta Adulta</i>	15
1.3.2.3	<i>Resistencia Parcial</i>	15
1.3.3.	Proteccion con Funguicidas	16
1.3.4.	Lineas isogénicas de trigo	16
1.3.5.	Razas de Puccinia striiformis f. sp. tritici	16
1.3.6.	Practicas de Cultivo	17
1.4.	Trigo en el Ecuador	17

CAPÍTULO 2

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Características del lugar	19
2.1.1.	Localización	19
2.1.1.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	19
2.1.2.	Características Climáticas	19
2.1.3.	Clasificación ecológica	19
2.2.	Materiales	19
2.2.1.	Material biológico	19
2.2.2.	Materiales de Campo	20
2.2.3.	Materiales y equipos de oficina	20
2.3.	Métodos	20
2.3.1.	Metodología	20
2.3.2.	Métodos de evaluación	21
2.3.2.1.	<i>Porcentaje de Emergencia</i>	21
2.3.2.2.	<i>Vigor de la planta</i>	21

2.3.2.3.	<i>Hábito de crecimiento</i>	21
2.3.2.4.	<i>Altura de las plantas</i>	22
2.3.2.5.	<i>Tamaño de la espiga</i>	22
2.3.2.6.	<i>Número de granos por espiga</i>	22
2.3.2.7.	<i>Evaluación de la severidad</i>	22
2.3.2.9.	<i>Determinación de la resistencia parcial</i>	25
2.3.2.10.	<i>Tipo de reacción</i>	25
2.3.2.11.	<i>Tipo y color de grano</i>	25
2.3.2.12.	<i>Peso de los granos de trigo</i>	26
2.4.	Manejo del ensayo	26
2.4.1.	Labores pre- culturales	26
2.4.1.1.	<i>Preparación del suelo, diseño y levantamiento de la estructura</i>	26
2.4.2.	Labores culturales	27
2.4.2.1.	<i>Siembra</i>	27
2.4.2.2.	<i>Riego</i>	27
2.4.2.3.	<i>Control fitosanitario</i>	27
2.4.2.4.	<i>Deshierbe</i>	27
2.4.2.5.	<i>Fertilización Complementaria</i>	27
2.4.2.6.	<i>Cosecha</i>	27
2.5.	Especificaciones del campo experimental	28
2.5.1.	<i>Especificaciones del ensayo experimental</i>	28
2.5.2.	<i>Módulo</i>	28
2.5.3.	<i>Distancia de plantación</i>	28
2.5.4.	<i>Tratamientos en estudio</i>	28
2.6.	Tipo de diseño	31
2.6.1.	<i>Características del diseño</i>	31
2.6.2.	<i>Esquema de análisis de varianza</i>	31
2.6.3.	<i>Análisis funcional</i>	31
2.6.4.	<i>Factores en estudio</i>	31
2.6.4.1.	<i>Genes presentes en cada una de las líneas de trigo</i>	31
2.6.4.2.	<i>Croquis de distribución del ensayo</i>	32

CAPÍTULO 3

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
3.1.	Porcentaje de emergencia	33
3.2.	Vigor de la planta	36

3.3.	Hábito de crecimiento o porte	39
3.4.	Incidencia de Roya Amarilla.....	41
3.5.	Severidad de la Roya Amarilla	45
3.5.1.	<i>Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la severidad</i>	50
3.5.2.	<i>Tipo de reaccion a roya amarilla</i>	54
3.6.	Caracterización de la roya amarilla	56
3.8.1.	<i>Medición de los uredios</i>	56
3.8.2.	<i>Medición de las urediosporas</i>	57
3.7.	Altura de Planta	58
3.8.	Tamaño espiga.....	61
3.9.	Número de granos por espiga.....	63
3.10.	Tipo y color de grano	66
3.11.	Peso del trigo.....	69
CONCLUSIONES.....		73
RECOMENDACIONES.....		74
GLOSARIO DE TERMINOS		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Síntomas y signos de <i>Puccinia striiformis</i> , agente causal de la enfermedad roya estriada del trigo.	13
Figura 2-1:	Ciclo biológico de <i>Puccinia striiformis</i> y de enfermedad de la roya lineal del trigo.	13
Figura 3-2:	Escala modificada de Cobb, para severidad en royas.	23
Figura 4-2:	Porcentajes de severidad del 1 – 20 %	23
Figura 5-2:	Porcentajes de severidad del 30 – 50 %	24
Figura 6-2:	Porcentajes de severidad del 60 – 80 %	24
Figura 7-2:	Porcentajes de severidad del 90 – 100 %	24
Figura 8-2:	Croquis de la distribución al azar de las 39 líneas isogénicas de trigo	32
Figura 9-3:	La incidencia de la roya amarilla del trigo. Diferencias de coloración de hojas verdes a tonalidades claras (a). Aparecimiento de pústulas anaranjadas en hojas bajas y bandera (b). Coloración amarilla hojas baja, bandera y espigas (c).	41
Figura 10-3:	Severidad de la roya amarilla del trigo (nivel de daño) (a). Severidad 1-20% (b-c). Severidad 30-50% (d-e). Severidad severa 60-80% (f-g). Severidad muy severa 90-100% (h-i).....	45
Figura 11-3:	Tipo de reacción a royas. Ningún síntoma visible (a), clorosis visible sin presencia de uredios (b), Pequeñas uredios (c), Uredios de variados tamaños (d), Uredios de tamaño medio (e), Grandes uredios (f).....	54
Figura 12-3:	Caracterización de los uredios. Selección de hojas de los tratamientos con signos y síntomas (a). Observación bajo el estereoscopio y microscopio (b). Tamaño de uredios (c).....	56
Figura 13-3:	Caracterización de las urediosporas. Selección de los tratamientos con signos y síntomas (a). Preparación de placas con impregnación de esporas (b). urediosporas de <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. tritrici (c)	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del cultivo de trigo.....	8
Tabla 2-1:	Taxonomía de la roya amarilla.....	11
Tabla 3-1:	Variedades de trigo liberadas por el INIAP y el Programa de Cereales.....	17
Tabla 4-2:	Coordenada geográficas del lugar	19
Tabla 5-2:	Condiciones climáticas del lugar experimenta	19
Tabla 6-2:	Escala de evaluación de emergencia en cereales.....	21
Tabla 7-2:	Escala de evaluación de vigor en cereales.....	21
Tabla 8-2:	Escala de evaluación de habito de crecimiento en cereales.....	22
Tabla 9-2:	Escala Modificada de Cobb, para severidad en royas	22
Tabla 10-2:	Escala para determinar el tipo de reacción en royas.....	25
Tabla 11-2:	Escala de evaluación para tipo de grano en trigo	26
Tabla 12-2:	Tratamientos en estudio.....	28
Tabla 13-2:	Esquema del análisis de varianza.	31
Tabla 14-2:	39 líneas de trigo con sus respectivos genes.....	31
Tabla 15-3:	ANOVA porcentaje de emergencia de las plantas de trigo a los 15 DDS.....	33
Tabla 16-3:	Promedios de la emergencia (%) de los distintos tratamientos de trigo evaluados ...	34
Tabla 17-3:	ANOVA de la variable vigor en las platas de trigo a los 35 DDS.....	36
Tabla 18-3:	ANOVA de la variable vigor en las platas de trigo a los 45 DDS.....	37
Tabla 19-3:	ANOVA de la variable hábito de crecimiento o porte de los tratamientos de trigo ..	39
Tabla 20-3:	ANOVA de la incidencia de los diferentes tratamientos de trigo evaluados.....	42
Tabla 21-3:	Promedios de la incidencia de los diferentes tratamientos de trigo evaluados	44
Tabla 22-3:	ANOVA de la severidad de los tratamientos de trigo evaluados	47
Tabla 23-3:	ANOVA del área bajo la curva para el progreso de la enfermedad	50
Tabla 24-3:	Promedios del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de los tratamientos de trigo.....	50
Tabla 25-3:	ANOVA de la variable altura de los tratamientos de trigo.....	58
Tabla 26-3:	ANOVA de la variable del tamaño de espigas de los tratamientos de trigo.....	61
Tabla 27-3:	ANOVA de la variable de número de granos/espiga de los tratamientos de trigo. ...	63
Tabla 28-3:	ANOVA de la variable del tipo de los granos de los tratamientos de trigo.....	66
Tabla 29-3:	Características del tipo y color de grano	68
Tabla 30-3:	ANOVA de la variable del peso de los granos de los tratamientos de trigo.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Emergencia (%) a los 15 y 25 días de los distintos tratamientos de trigo evaluados ..	35
Gráfico 2-3:	Vigor a los 35 y 45 dds de los distintos tratamientos de trigo evaluados	38
Gráfico 3-3:	Hábito de crecimiento o porte de los distintos tratamientos de trigo evaluados durante el periodo de macollamiento.	40
Gráfico 4-3:	Incremento de la incidencia de roya amarilla en los tratamientos del cultivo de trigo	43
Gráfico 5-3:	Porcentaje de severidad de roya amarilla en los tratamientos del cultivo de trigo	46
Gráfico 6-3:	Promedios (%) de severidad de los tratamientos evaluados	48
Gráfico 7-3:	Curva del progreso de la enfermedad de los tratamientos de trigo frente a la roya amarilla <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	53
Gráfico 8-3:	Condiciones climáticas de la Estacion Experimental Tunshi para el desarrollo de roya amarilla del trigo (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>)	55
Gráfico 9-3:	Tamaño urediosporas (micras) de <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	57
Gráfico 10-3:	Altura de las plantas de los distintos tratamientos de trigo evaluados.	60
Gráfico 11-3:	Tamaño de las espigas de los distintos tratamientos de trigo evaluados.	62
Gráfico 12-3:	Número de granos por espiga de los distintos tratamientos de trigo evaluados.	65
Gráfico 13-3:	Tipo de grano (tamaño) de los distintos tratamientos de trigo evaluados.	67
Gráfico 14-3:	Peso en gramos de los granos cosechados de los distintos tratamientos de trigo evaluados.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESCALA GRAFICA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DESDE LA GERMINACIÓN HASTA LA MADUREZ DE COSECHA (ZADOKS).
- ANEXO B:** ESCALAS DESCRIPTIVA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DESDE LA GERMINACION HASTA LA MADUREZ.
- ANEXO C:** INCIDENCIA DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO D:** SEVERIDAD DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO E:** PRUEBA TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SEVERIDAD DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022
- ANEXO F:** TAMAÑO ALCANZANDO POR LOS UREDIOS DE EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO G:** TAMAÑO QUE FUE ALCANZANDO POR LOS UREDIOSPORAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS UREDIOS DE ROYA AMARILLA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO I:** CARACTERIZACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS UREDIOSPORAS DE ROYA AMARILLA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO J:** PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE DEL TAMAÑO DE LAS ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

- ANEXO K:** DETERMINACION DE LA VARIABLE TAMAÑO DE ESPIGA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO L:** PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE DEL NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO M:** DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DEL NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO N:** DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DE TIPO Y COLOR DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO O:** PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE PESO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO P:** DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE PESO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO Q:** PREPARACIÓN DEL SUELO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO R:** REALIZACIÓN DE LABORES CULTURALES Y APLICACION DE ÚREA EN LA EXPERIMENTACION PARA EL MANEJO Y DESARROLLO DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.
- ANEXO S:** DETECCIÓN Y MONITOREO DE *P.striiformis* EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de líneas de trigo frente a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, agente causal de la roya amarilla del trigo en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. El experimento se efectuó bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones para 39 líneas de trigo, implementadas en parcelas pequeñas (PCs) de 1 m², las variables analizadas fueron: porcentaje de emergencia de siembra, estado de vigor, hábito de crecimiento, altura de las plantas, tamaño de la espiga, número de granos/espiga, porcentaje de incidencia y severidad de los primeros síntomas de cada tratamiento mediante el uso de la escala diagamática modificada de Cobb, curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), caracterización de los uredios y urediosporas a nivel de laboratorio, tamaño y forma del grano, rendimiento final del cultivo en gramos/parcela. Las variables mencionadas fueron sometidas a un análisis estadístico donde se utilizó el Software RStudio. Los resultados mostraron diferentes porcentajes de severidad y tipo de reacción de las líneas de trigo evaluadas siendo: Enty-94, I70034, Entry-86, I11808, Entry-91, J08050168, Entry-90, J08043022, CDC AUSTENSON, J06022012, Entry-93, VIVAR, Entry-88, con promedios establecidos entre 90,89%-95,35%, con mayor susceptibilidad a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, mientras que: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022 presentaron el porcentaje más bajo de severidad (0%), adoptando una reacción resistente a la enfermedad. Concluyendo que la constitución genética de estas líneas presenta genes: Yr7, Yr8, Yr9, Yr10, Yr31, Yr15, Yr44, Yr44, Yr43, Yr18(ARP), Yr29 gen R planta adulta, Yr18, Yr24, YrSP, Yr5, resistentes a las distintas razas de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Se recomienda realizar ensayos en otras zonas productoras de trigo, para determinar su comportamiento a diferentes condiciones climáticas.

Palabras clave: <ROYA AMARILLA (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*)>, <TRIGO>, <ESCALA MODIFICADA DE COBB>, <SEVERIDAD>, <UREDIOS>, <UREDIOSPORAS>.


Ing. Cristhian Castillo

1302-DBRA-UTP-2022



ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the response of wheat lines against *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, causing wheat stripe rust in Licto Parish, Riobamba Canton, Chimborazo Province. The experiment was carried out under a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications for 39 wheat lines, implemented in small plots (SP) of 1 m², the variables analyzed were: percentage of sowing emergence, vigor stage, growth habit, plant height, wheat ear size, number of grains/wheat ear, percentage of incidence and severity of the first symptoms of each treatment using the modified Cobb diagrammatic scale, disease progress curve (AUDPC), uredinia and urediniospore characterization at laboratory level, grain size and shape, final crop yield in grams/plot. These variables were subjected to statistical analysis using RStudio software. The results showed different percentages of severity and type of reaction of the wheat lines evaluated being: Enty-94, I70034, Entry-86, I11808, Entry-91, J08050168, Entry-90, J08043022, CDC AUSTENSON, J06022012, Entry-93, VIVAR, Entry-88, with averages established from 90.89% to 95.35%, with higher susceptibility to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, while: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 and J07122022 presented the lowest percentage of severity (0%), adopting a resistant reaction to the disease. It is concluded that the genetic constitution of these lines presents genes: Yr7, Yr8, Yr9, Yr10, Yr31, Yr15, Yr44, Yr44, Yr43, Yr18(ARP), Yr29 gene R adult plant, Yr18, Yr24, YrSP, Yr5, resistant to the different races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Trials in other wheat producing areas are recommended to determine their behavior under different climatic conditions.

Keywords: <YELLOW RUST (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*)>, <WHEAT>, < MODIFIED COBB DRIAGRAMMATIC SCALE >, <SEVERITY >, <UREDINIA >, <UREDINIOSPORES >



Firmado electrónicamente por:
**ESTHELA ISABEL
COLCHA GUASHPA**

ESTHELA ISABEL COLCHA GUASHPA

0603020678

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) junto a los demás cereales, es el principal cultivo en el mundo y los alimentos hechos con este cereal son la base de la alimentación para muchas poblaciones. En el año 2019 se importó 1 295 424 toneladas de granos de trigo alcanzando un precio de USD 396 877 794 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019), pero la producción de trigo actual en el Ecuador es relativamente inferior a las 6 mil toneladas en una superficie de 3085 ha. Encontrándose entre los más bajos de Latinoamérica y el mundo. (FAOSTAT, 2019, p. 2)

El trigo junto a otros cereales que forman parte de la canasta básica familiar en la Sierra ecuatoriana al considerarlos como cultivos de minifundio porque la mayoría de los productores que los siembran lo hacen en superficies de más de una hectárea, al ser la principal fuente de alimento, pero las zonas de producción de estos cultivos son áreas erosionadas, con baja fertilidad y problemas de pH, acompañados con un mal manejo del cultivo agudizan el tema de producción a nivel nacional (SICA, 2008, pp. 4-5).

Siendo un rubro muy importante desde el punto de vista de la seguridad alimentaria que ha pasado por un proceso sistemático de desinterés que inicio hace varias décadas, en la actualidad la producción depende de en su totalidad de importaciones foráneas del grano, cuando históricamente en el país se generaba la propia producción del grano en al menos un 25% (INIAP, 2020, pp. 3-6). En nuestro país, las enfermedades más importantes de la Sierra Ecuatoriana pueden atacar al trigo son: Roya amarilla o lineal (*Puccinia striiformis*), Roya de la hoja (*Puccinia triticina*), Fusariosis de la espiga (*Fusarium* spp.) y Carbón volador (*Ustilago* spp), varios estudios han demostrado que el patógeno es agresivo ya que puede llegar a ocasionar una reducción del rendimiento dentro de 35 a 70 % en variables que llegan a ser susceptibles (Ponce et al., 2011: p. 4).

La incidencia de una serie de factores bióticos como abióticos dentro del cultivo del trigo han contribuido en el incremento del precio al alimento; los factores que influyen en esta problemática radican en el aumento de la agresividad de las enfermedades, el incremento en el precio de los fertilizantes, así como la pérdida de las áreas productivas provocando altas inversiones en el campo de la investigación agrícola para garantizar la autosuficiencia del cultivo en el país. (Ponce-Molina, et al, 2019: pp. 6-7).

Desde un punto de vista global, las enfermedades fúngicas son las principales causas que provocan la reducción del rendimiento de los cereales, siendo una de las razones para que el productor abandone la producción del trigo. Una de las principales estrategias que se recomienda para controlar este tipo de enfermedades de una forma económica y confines ambientales llega a ser el control genético, mediante la elaboración de variedades resistentes.

En el Ecuador son las epidemias de roya amarilla causada por (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), por su gran alcance de dispersión la han convertido en una enfermedad casi incontrolable, aumentando el porcentaje de pérdidas en las cosechas, bajando su rentabilidad y promoviendo la búsqueda de otras fuentes de ingresos (INIAP, 2020, p. 8).

El control genético en la actualidad se ha considerado como una estrategia que presenta varios beneficios ante el ataque del patógenos generando tolerancia o inmunidad, para lo cual ciertos estudios han generado la obtención de genes de resistencia a la enfermedad, generando variedades resistentes que van asociados a la roya amarilla lo que puede significar que para el futuro se pueda desarrollar un gran número de variedades con genotipos más avanzados a los que actualmente se disponen potenciando en gran medida el cultivo de trigo a nivel nacional (INIAP, 2013, pp. 15-17).

De acuerdo con (INIAP, 2020, p. 17), la protección específica de los genes puede ser a corto o mediano plazo, debido a la capacidad de mutar que tienen los patógenos permiten la generación de patotipos virulentos, específicamente cuando se utilizan genes de resistencia específica a razas.

El trigo al desarrollarse con normalidad en condiciones adversas se reduce los costos de producción para el mantenimiento de este, resulta ser un cultivo rentable para agricultores de escasos recursos, pero alteraciones en el manejo de este como el monocultivo o el abuso de fungicidas han generado las condiciones óptimas para el desarrollo de distintas enfermedades de importancia económica.

La información existente acerca de la situación del cultivo de trigo en Ecuador es insuficiente, ya que no se encuentra actualizada, por lo consiguiente se considera realizar investigaciones que permitan obtener una línea base que permita definir limitantes y potencialidades del sistema de producción de trigo a nivel nacional. En el Ecuador el trigo y demás cereales son considerados los cultivos de mayor demanda a nivel nacional pero normalmente existen agricultores que debido a sus bajos recursos acostumbran a reducir la cantidad de la inversión en este cultivo y optar por otros tipos de cultivos (INIAP, 2013, p. 20).

Así, el estudio de los recursos fitogenéticos está considerado como una de las líneas de investigación estratégicas al nivel mundial y principalmente en el Ecuador a través de la creación del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) debido a que es un factor decisivo en la solución de problemas actuales y futuros relacionados con la productividad de los cultivos comerciales, la adaptación a los cambios climáticos y el desarrollo de nuevas alternativas en la

obtención de variedades mediante la utilización de métodos tradicionales o biotecnológicos (Ponce-Molina, et al, 2019: p. 2).

Los principales métodos de mejoramiento empleados por el Programa de Cereales resulta ser la generacio de germoplasma mejorado a traves de los cruzamientos y/o hibridaciones, retrocruzamientos, introducciones y mutaciones inducidas; las mismas que estan combinadas con diferentes tecnicas de selecci3n de pedigree, masal, combinada y desendencia para logra una sola semilla (INIAP, 2020, pp. 18-19).

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con nuevo germoplasma y variedades que han sido mejoradas, líneas promisorias propias, así como también material que proviene de Centros Internacionales como el CIMMYT-MEXICO. Las líneas internacionales que son evaluadas permiten identificar nuevos genotipos mejor adaptados a las condiciones Edafoclimáticas propias de nuestro país buscando obtener un alto rendimiento, una mayor resistencia a enfermedades y mayor calidad para la industria. (Ponce-Molina, et al, 2019: p. 5).

Asi anualmente, el Programa de Cereales evalua entre 3000 a 5000 nuevos materiales mejorados de trigo, avena, triticales y avena. Unicamente con el bjetivo de seleccionar germoplasma que se adapte a las principales zonas de producci3n, siendo áreas productivas con superficies mayores a 3 t ha⁻¹ y demuestren resistencia a las principales enfermedades y con características de calidad.

Los resultados obtenidos permitirán identificar los problemas que actualmente afrontan los diferentes cultivares de trigo en diferentes zonas. Además de ayudar a la toma de decisiones que permita implementar nuevas pautas de manejo y control para mejorar el sistema de producci3n de trigo, buscando alternativas para incentivar a los productores a incrementar el rendimiento y área de producci3n de trigo con la aplicaci3n de las nuevas tecnologías y diferentes tipos de manejo para el control de enfermedades de gran impacto, para hacer del trigo un cultivo con un rubro sustentable, eficiente y sostenible para los agricultores. (Ponce-Molina, et al, 2019: p. 5).

Objetivos

– Objetivo general

Evaluar la respuesta de 39 líneas de trigo frente a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, agente causal de la roya amarilla del trigo en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

– Objetivos específicos

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

Hipótesis

– Nula

H₀: Ninguna de las líneas de trigo presenta resistencia frente a las poblaciones de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

– Alternativa

H₁: Al menos unas de las líneas de trigo presentan resistencia frente a las poblaciones de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* en la Parroquia Licto del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1 Cultivo de Trigo

1.1.1. Eco fisiología, Origen, Importancia

1.1.1.1. Eco fisiología

Sin duda la correcta forma en la toma de decisiones tempranas dentro del cultivo de trigo radica en el establecimiento de las distintas etapas ontogénicas del cultivo que están reguladas por 3 distintos factores indispensables: temperatura, vernalización y el fotoperiodo, al ser factores ambientales que se pueden manipular de forma limitada modificando la fecha de siembra (Miralles, 2004, pp 1-5).

La temperatura al ser un factor universal que afecta directamente la duración de las etapas ontogénicas del cultivo desde que empieza la emergencia hasta la etapa de madurez, donde temperaturas más cálidas aceleran el tiempo de desarrollo del cultivo promoviendo un desarrollo más acelerado a diferencia del desarrollo ocurrido en temperaturas más frías para el mismo periodo de cultivo (Miralles, 2004, pp 1-5).

La respuesta al fotoperiodo y a la vernalización ocurre en distintos periodos dentro del ciclo del cultivo. Así, la respuesta a la vernalización ocurre en el periodo entre la inhibición de la semilla hasta que se él ápice cambia de vegetativo a reproductivo, tomando en cuenta un rango de temperaturas de 0 a 12 °C siendo la óptima entre 5-7 °C (Slafer, 2001; citado en Miralles, 2004).

El fotoperiodo en el cultivo de trigo se determina desde la emergencia de la primera hoja y responde a este factor ambiental hasta la floración. La respuesta al fotoperiodo es de tipo cuantitativa y llega a definirse como una planta de día largo, así a medida que se incrementan la duración de horas del día la duración de las etapas se reduce (Slafer, 2001; citado en Miralles, 2004).

1.1.1.2. Origen

El trigo fue uno de los primeros productos que fueron cultivados a partir de la aparición de la revolución neolítica en el Próximo Oriente y luego de ello se iría convirtiendo en uno de los alimentos básicos para el consumo del hombre en el viejo mundo (Ramirez, 2007, pp. 3-10).

El trigo era originalmente silvestre. La evidencia nos muestra que creció primero en la Mesopotamia entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente casi hace 10.000

años. Pero fueron los egipcios quienes descubrieron la fermentación y fueron ellos los primeros en cocinar panes levados entre el 2.000 y 3.000 a.C (Ramirez, 2007, pp. 3-10).

En el Ecuador, la investigación del trigo se dio paso en el año de 1956, por parte del Estado, el cual tomó nombre de Programa de la Comisión Nacional del Trigo. En 1963, este programa se transfirió al INIAP, con sede en la Estación Experimental “Santa Catalina” donde se ha trabajado los últimos 60 años con el objetivo de entregar nuevas tecnologías a los productores ecuatorianos. (INIAP, 2020, p .2).

1.1.1.3. Importancia

El trigo es el segundo cereal más cultivado en el mundo y es base de la alimentación del humano. En el Ecuador es el cuarto cereal más cultivado, este está distribuido entre los 2 mil a 3 mil metros de altitud; dentro de las provincias que más cultivan están Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Bolívar donde llegan a tener una media de producción Nacional de 1.7 t ha⁻¹ considerando que el 70 % de los agricultores siembran superficies menores a 1 ha y el producto es destinado a la subsistencia de los sectores (Ponce et al., 2020: p. 35).

1.1.2. Características Agronómicas

1.1.2.1. Morfología

El trigo es una planta perteneciente al género *Triticum*, de la familia de las gramíneas *Poaceae* siendo una planta anual y monocotiledónea.

De acuerdo con (Martin, 2000, pp. 1-2) menciona dentro de la información general las siguientes estructuras:

– **Raíz**

El sistema radical del trigo es fibroso o fasciculado, cuando la semilla germina emite la plúmula que da origen a la parte aérea de la planta y emite también la radícula conocida como raíz seminal o primaria. Seguida por un sistema de raíces secundarias que surgen de los nudos inferiores, estas son las encargadas de dar sostén a la planta, absorber agua y nutrientes del suelo hasta que el trigo complete su ciclo vegetativo.

– **Tallo**

El tallo es cilíndrico, recto, con nudos macizos y entrenudos huecos, sin embargo, difiere en grosor según la cantidad de médula. Debido al crecimiento continuo, el alargamiento del tallo es resultado el macollamiento, la altura que alcanzan los tallos de trigo generalmente se ubica entre

los 60 y 120 cm; sin embargo, existen distintos tamaños dependiendo de la variedad genética presente en el mismo.

– **Macollamiento**

Consiste en el desarrollo de hijuelos o tallos secundarios, terciarios a partir de los nudos subterráneos. Los macollos secundarios pueden desarrollarse a partir de la base de macollos primarios si las condiciones favorecen el desarrollo del tallo. La producción de macollos varía de acuerdo con la presencia de diferentes factores climáticos, fertilidad del suelo entre otros.

– **Hojas**

Las hojas surgen alternativamente en los nudos de los tallos, estas están compuestas por la vaina, el limbo o la lámina, la lígula, el cuello y las aurículas, su crecimiento se produce en los meristemas ubicados en la base por encima de la unión con la vaina. Están dispuestas de manera alterna y provista de una vaina en su parte inferior que envuelve una porción del tallo; el número de hojas por tallo es variable, pero frecuentemente se encuentra de 4 a 7, su longitud varía de los 15 a 30 cm y el ancho oscila de 0.5 a 2 cm

– **Inflorescencia**

Es una espiga formada por varias espiguillas que están dispuestas en forma alterna sobre un eje central al que se lo denomina raquis. Las espiguillas contienen de dos a cinco florecillas que después de un tiempo darán lugar al grano, el cual se encuentra entre la cubierta externa del grano que en algunos casos presenta una prolongación llamada como arista y la palea.

– **Fruto**

El fruto es una cariósida de forma ovalada con un pliegue en la parte ventral, en un extremo presenta el embrión y en el otro una pubescencia llamada mechón. El grano está cubierto por un pericarpio de color rojo o blanco dependiendo de la variedad.

1.1.2.2. Ciclo vegetativo y desarrollo del cultivo

De acuerdo con (InfoAgro, 2000, p. 1), el ciclo vegetativo está distribuido en tres periodos:

– **Periodo vegetativo**

Es aquel espacio de tiempo que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.

– **Periodo de reproducción**

Desde el encañado hasta la terminación del espigado.

– **Periodo de maduración**

Aquel periodo que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección.

1.1.2.3. Tipos

De acuerdo con (YARA, 2010, p. 1) se han desarrollado dos tipos de trigo a través de los años que dominan el área de producción:

– **Trigo común (*Triticum aestivum*)**

Es considerado el trigo más cultivado al ser conocido también como trigo para la producción de pan. Generalmente de composición ($2n = 42$ cromosomas hexaploides)

– **Trigo durum**

También conocido como trigo para pasta, se conoce por su dureza con alto contenido proteico, se producen anualmente entre 25 y 30 millones, de composición ($2n = 14$ cromosomas, diploides).

1.1.2.4. Clasificación Taxonómica

De acuerdo con (Palacios, 2003; citado en Elizabeth, 2014) clasifica al trigo de la siguiente manera:

Tabla 1-1: Taxonomía del cultivo de trigo

Clasificación	
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Triticum</i>
Especie:	<i>aestivum</i>
Nombre Científico:	<i>Triticum aestivum</i> L.
Nombre vulgar:	Trigo

Fuente: Palacios, 2003, p.56

1.1.3. Requerimientos agroecológicos para el desarrollo del cultivo.

1.1.3.1. Temperatura y Humedad

En el cultivo de trigo la temperatura es considerada un factor importante ya que para el crecimiento y desarrollo del cultivo el rango óptimo esta entre los 10 a 24 °C. Habitualmente la región Interandina del Ecuador mantiene un patrón definido de precipitaciones, pero no mantiene un rango continuo de pluviosidad debido a la variedad de estaciones climáticas, en el

cual las mayores precipitaciones se posicionan entre los meses de febrero y abril, dejando a los meses más secos los meses de julio y agosto (Soto, et al., 2009; INIAP, 2013).

1.1.3.2. Suelos y pH

Es importante que los suelos donde se cultiva el trigo se de en condiciones neutras o alcalinas y profundas para que haya un amplio desarrollo del sistema radicular. De manera general serán mejores las tierras que tengan capacidad de retención, pero a su vez un gran drenaje, acompañadas de variedades genéticamente mejoradas adaptadas a dichas áreas (Soto, et al., 2009; INIAP, 2013).

1.1.3.4. Necesidades de agua

Se toma en consideración que para el óptimo desarrollo del cultivo de trigo se necesita entre 600 a 700 mm de precipitación, mediante una distribución adecuada. Comúnmente se cultiva en regiones con precipitaciones anuales ente 450 a 750 mm, a pesar de que existen cultivos en regiones con precipitaciones hasta casi 300 mm (Soto, et al., 2009; INIAP, 2013).

1.1.4. Requerimientos Nutricionales

Para la fertilización requerida por el cultivo en un forma generalizada el agricultor puede basarse en la recomendaciones básicas de nutrientes que muchas veces demanda la producción el cultivo, por lo cula la media recomendada para trigo es de 80-60-40-20 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O y S, respectivamente. La recomendaciones al macollamiento (30-45 días después de la siembra), es la aplicación de 3 sacos de Urea/ha (Garófalo et al., 2011: p. 20).

Una opción tradicional es la utilización de la fertilización orgánica, siendo una alternativa para incrementar la fertilidad del suelo y mejorar su composición. La cantidad que se recomienda es de 40 a 60 sacos de 50Kg que pueden ser de: estiércoles descompuestos, compost, gallinaza, entre otros, (Garófalo et al., 2011: p.20).

1.1.4.1. Nitrógeno

Las formas de asimilación en la planta es como ion nitrato (NO₃)⁺ y el ion amonio (NH₄)⁺, es el principal motor de crecimiento de las plantas al estar involucrado en los principales procesos del metabolismo de la planta (Grijalva et al, 2016: pp. 4-6).

1.1.4.2. Fósforo

Es un macro elemento fundamental para un buen desarrollo radicular, madurez temprana y uniforme que favorece un espigamiento uniforme con un rápido llenado de grano (Grijalva et al, 2016: pp. 4-6)

1.1.4.3 Potasio

Es un elemento móvil dentro de la planta y se acumula en los tejidos meristemáticos, estimulando la turgencia celular y los procesos enzimáticos. Este elemento favorece en darle mayor resistencia al cultivo al frío además de favorecer la asimilación de agua en las hojas, disminuyendo la transpiración y aumentando su resistencia a la sequía (Grijalva et al, 2016: pp. 4-6).

1.1.4.4. Azufre

Sus funciones son netamente estructurales netamente en la finalidad de incrementar la cantidad de proteína. (Grijalva et al, 2016).

1.2. Enfermedades del Trigo

1.2.1. Roya Amarilla

Las royas de los cereales llegan a ser las enfermedades más distribuidas y económicamente importantes a nivel mundial, los hongos que causan estas enfermedades son notorios por su habilidad de incrementarse rápidamente y evitar la resistencia que puede presentar distintas variedades de trigo y de más cereales (De Wolf et al., 2010).

El rendimiento de las variedades de trigo muchas veces depende de la resistencia que presentan a las principales enfermedades. Las más importantes roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*P. recondita*) y roya del tallo (*P. graminis*) (INIAP, 2013, p. 20).

1.2.1.1. Importancia de la Enfermedad

Las royas son uno de los tres hongos principales que ocasionan mayores daños desde el punto de vista económico a nivel mundial, la roya amarilla motivó del retiro las variedades élites, a medida del nivel de susceptibilidad que presentan las mismas. (González et al., 2013: pp. 1237-1250).

Las royas son parásitos biotrofos obligados, con micelio intercelular y haustorios. Aunque pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta. (Ponce-Molina et al., 2019: p.39).

Su importancia se representa en el daño que provocan al cultivo y las pérdidas que representan para el productor, aquellas que en casos extremos pueden alcanzar el 100% de pérdida del rendimiento que llega a tener el cultivo (Ponce-Molina et al., 2019: p. 39).

1.2.1.2. Agente Causal

La roya lineal fue descrita en 1777 por primera vez por Gadd, luego Cummins y Caldwell propusieron el nombre *Puccinia recondita*. No fue hasta 1896 en que Eriksson y Henning comprobaron que la roya lineal era causada por un agente patógeno independiente al cual

llamaron *Puccinia glumarum*, pero en 1953 Hylander y sus colaboradores revivieron el nombre *Puccinia striiformis*. La roya lineal toma su nombre de la presencia de estrías de uredinios que producen uredinosporas color amarillo (Roelfs et al., 1992: pp 81-82).

1.2.1.3. Taxonomía

De acuerdo con la (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020) clasifica a la roya de la siguiente manera:

Tabla 2-1: Taxonomía de la roya amarilla

Clasificación	
Phylum:	Basidiomycota
Clase:	Teliomycetes
Orden:	Uredinales
Género:	<i>Puccinia</i>
Especie:	<i>striiformis</i>
Nombre Científico:	<i>Puccinia striiformis</i> . f. sp. <i>tritici</i>
Nombre vulgar:	roya amarilla, roya lineal

Fuente: Dirección General Sanidad Vegetal, 2020, p. 2

b1.2.1.4. Morfología

Las urediosporas son elipsoidales a ovoides, $(16-18-30(-32) \times (15-17-27(-28) \mu\text{m}$, con una media de $24.5 \times 21.6 \mu\text{m}$, de color amarillo a naranja (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020, pp. 1-2). Las urediosporas son diseminadas por las corrientes de aire, germinan y penetran la planta por medio de los estomas, mediante una película de agua o humedad relativas que se aproximan al punto de saturación. El micelio crece intercelularmente y envía sus haustorios hacia las células de las plantas, de 8 a 10 días después de haberse producido la inoculación. Las urediosporas están dispuestas de en forma de parches o estrías lineales (Roelfs et al., 1992: pp. 90-92)

1.2.1.5. Epidemiología

De los tres patógenos de las royas del trigo, *P. striiformis* es el que necesita temperaturas más bajas para desarrollarse. Las temperaturas mínima, óptima y máxima para la infección con este patógeno son 0, 11 - 23°C, respectivamente, En las zonas cercanas al ecuador, la roya tiende a pasar por un ciclo endémico que pasa de las altitudes más bajas a las más altas y vuelve de acuerdo con la fenología del cultivo y con esto no cabe duda de que algunas esporas son capaces de sobrevivir al transporte a larga distancia en condiciones especiales y favorables (Roelfs et al., 1992: pp. 86-87).

1.2.1.6. Distribucion Geografica

Las enfermedades causadas por la roya pueden propagarse sobre distancias considerables y por ello se tornan peligrosas ya que se vuelve difícil contener los brotes, el viento sin duda es el factor más importante para el traslado a grandes distancias del inóculo (Stubbs et al., 1986: pp. 36-37).

La ruta de migración anual de la roya más conocida como el “Camino de la Puccinia” (Stubbs et al., 1986). Abarca más de 3 mil kilómetros y se extiende desde la región central de Estados Unidos hasta el sur de Canadá. (Stubbs et al., 1986: pp. 38-39).

Al ser un patógeno diseminado por el viento, está distribuida en todas las regiones productoras de cereales del mundo. Se registró por primera vez en Chile, en el año de 1919 sobre *Hordeum chilense* y en 1920 en Ecuador sobre *Agropyron attenuatum* (Stubbs et al., 1986: pp. 43-46).

1.2.1.7. Rango de Hospederos

Puccinia striiformis ataca a integrantes de las subfamilias *Festucoideae* y *Eragrostoideae*, pero sus principales hospedantes pertenecen a los géneros *Aegilops* (*Triticum* para algunos taxonomistas), *Agropyron*, *Bromus*, *Elymus*, *Hordeum*, *Secale*, Este hongo se caracteriza por poseer numerosas y diferentes razas; las cuales puede atacar a ciertas variedades de trigo, este hongo no posee hospederos secundario ni alternantes por lo que se prevee que todo su ciclo lo cumpla en la planta de trigo (Stubbs et al., 1986: pp. 40-41).

1.2.1.8. Sintomatología

Los focos y los síntomas iniciales en hoja muestran poca severidad. Los síntomas de 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, rompen la cutícula para desprender las esporas, Estas pústulas son los llamados uredios o uredosoros y sus esporas las urediniósporas o uredósporas, las cuales tienen un color amarillo o anaranjado (Almacellas y Sánchez, 2015: pp. 1-2).

Las lesiones se disponen normalmente alineadas entre los nervios a lo largo de la hoja 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. Con infecciones medias o severas, superiores al 50% (Almacellas y Sánchez, 2015: p. 2).

Éstas disminuyen el área fotosintética disponible y su tasa fotosintética, lo que aumenta la pérdida de agua y, como consecuencia, genera un incremento en la tasa de transpiración y evaporación, produciendo, en casos severos, una senescencia precoz de las plantas afectadas. Además, se produce un desvío de los compuestos orgánicos sintetizados para generar grandes

cantidades de esporas. Como consecuencia, los carbohidratos destinados al llenado de granos son afectados considerablemente (Vera, 2018, p 2)

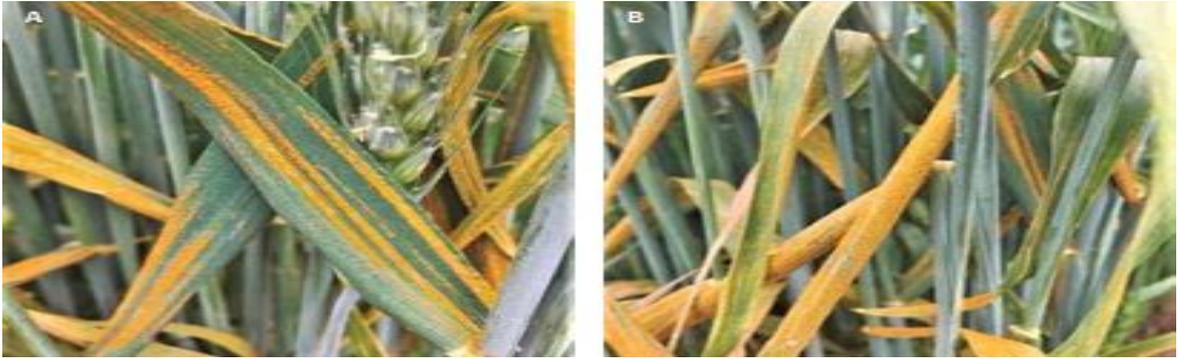


Figura 1-1. Síntomas y signos de *Puccinia striiformis*, agente causal de la enfermedad roya estriada del trigo.

Fuente: Vera, C. 2018, p. 5

1.2.1.9. Ciclo de la Enfermedad

Se conoce que *Puccinia striiformis* sea una roya hemiforme porque su ciclo biológico puede estar constituido únicamente por los estadios de uredinio y de telio. Las poblaciones de roya pueden existir y cambiar su virulencia sin necesidad de un hospedante alterno. Las urediniosporas son la única fuente conocida de inóculo para el trigo y germinan e infectan a temperaturas frescas; la temperatura óptima se sitúa entre los 9 y 13°C (Roelfs et al., 1992: pp. 93.94).

Los uredinios esporulantes sobreviven a una temperatura de -4°C y las infecciones incipientes pueden persistir mientras perdure la hoja hospedante; es decir la roya lineal es una enfermedad de latitudes más septentrionales o meridionales y de zonas altas (Roelfs et al., 1992: pp 94-95).

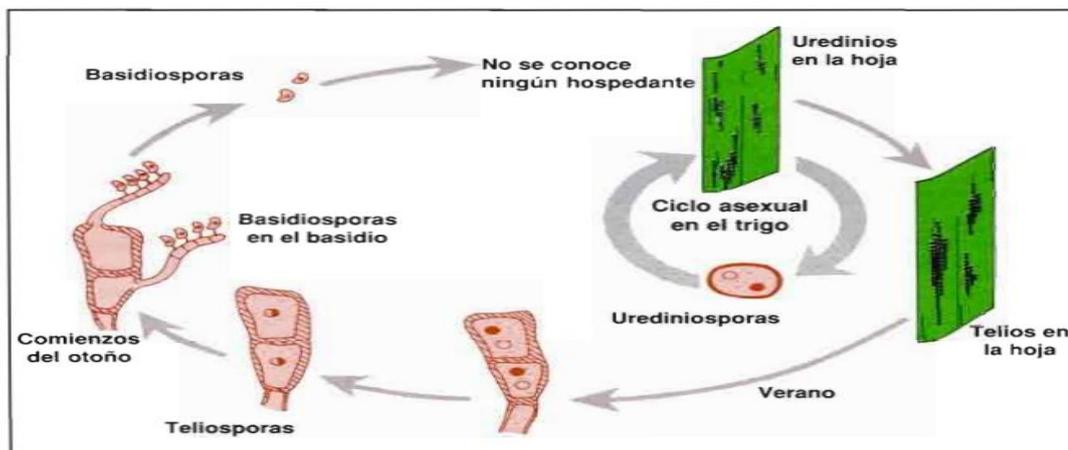


Figura 2-1. Ciclo biológico de *Puccinia striiformis* y de enfermedad de la roya lineal del trigo.

Fuente: Roelfs et al., 1992, pp. 95

En el Ecuador la infección se produce durante los meses de julio y octubre, momento en el cual 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 específicamente en el haz, con una rapidez alta dependiendo de las condiciones climáticas, contaminando plantas vecinas y cultivos próximos a la zona de infección, incluso se llegan a dispersar a largas distancias. La asociación de distintas condiciones ambientales además de contar con la presencia de humedades provoca la etapa más virulenta del patógeno, considerando así como un desarrollo óptimo el intervalo de temperaturas de entre 10-15 ° C. (Gutiérrez, et al., 2018, pp. 4).

1.3. Estrategias de Control

Hay que tomar en cuenta que resulta de manera esencial conocer la epidemiología de una enfermedad antes de iniciar cualquier estrategia de control (Roelfs et al., 1992: pp. 96-97).

El medio más eficaz para combatir roya de los cereales resulta el combinar variedades resistentes con las prácticas culturales del cultivo y a su vez tomar en cuenta oportuno las aplicaciones de funguicidas (Roelfs et al., 1992: pp. 96-97).

1.3.1. Control Genético

Se considera el principal mecanismo para el control de las royas al usar variedades resistentes, algunas de estas han tenido cierta resistencia durante muchos años, aunque la mayoría de las variedades han seguido siendo resistentes durante un periodo de cinco años o más, tomando en cuenta el periodo equivalente al tiempo de vida de una variedad cuando existe un programa fitotécnico activo (Roelfs et al., 1992: pp. 98-100).

Una alternativa para lograr mayor durabilidad de la resistencia es generar variedades que posean resistencia durable basada en genes que confieren resistencia de enrollamiento lento, Al recombinar una variedad susceptible por una resistente es posible determinar el tipo de acción génica que se presenta, ya que se puede observar si los genes actúan en forma dominante o en forma recesiva (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020, p. 5).

1.3.2. Resistencia

Se considera aquella capacidad de la planta para restringir el crecimiento o la reproducción del patógeno una vez iniciado el contacto nutritivo (Cubero, 2013, p. 1). Existiendo ciertos tipos de resistencia a través de genes para el sistema trigo-roya amarilla.

De acuerdo con (Rodríguez-García et al., 2019: pp. 31-32), 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.

1.3.2.1 Resistencia Vertical y Horizontal

La resistencia es tipo específico a la raza, por genes mayores y monogénica, a diferencia de la resistencia horizontal es del tipo no específico a la raza, conferida por genes menores y poligénica (Elizabeth, 2014, pp: 1-2).

La resistencia vertical muestra la interacción entre los diferenciales de trigo que portan distintos genes y las razas fisiológicas del hongo causante de la roya lineal, En el caso de la resistencia vertical muestra la interacción medidas por los genes que controlan una respuesta de la planta que retarda el desarrollo del patógeno (Almacellas et al., 2015: pp. 5-6).

1.3.2.2 Resistencia Planta Adulta

Es un tipo de resistencia expresada en estado de planta adulta y no en estado de plántula ya que 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 (Rodríguez-García et al., 2019: pp. 33-34).

1.3.2.3 Resistencia Parcial

Se conoce como un tipo de resistencia incompleta o cuantitativa que se caracteriza por la ausencia de una muerte celular rápida (Vera, 2018; Elizabeth, 2014).

Durante varios años mediante diversos estudios se ha visto que el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) y la severidad representa un buen criterio para la medición de la Resistencia Parcial a las Royas del trigo; al representar resultados acumulativos de la enfermedad, donde se calcula mediante una integración trapezoidal. (Vera, 2018; Elizabeth, 2014).

Tomando en cuenta el modelo propuesto por Shanner y Finney en 1977 Donde:

$$ABCPE = [Y_i + (Y_i + 1)]/2 \times dt_i$$

ABCPE = Área bajo la curva progresiva de la enfermedad

Y_i = Primera observación

Y_{i+1} = Segunda observación

dt_i = Intervalo de tiempo entre dos observaciones.

1.3.3 Protección con Funguicidas

Es una estrategia de manejo integrado y que ha demostrado ser efectiva para prevenir la aparición de enfermedades, y controlar las ya existentes; por lo que, deben ser aplicados cuando los valores de una determinada enfermedad alcancen el umbral de daño económico (Roelfs et al., 1992: pp. 98-99).

Se pueden aplicar según la necesidad, Se requiere poca vigilancia de las poblaciones patógenas, excepto para detectar su aparición, cuyas actividades de mejoramiento y el financiamiento pueden concentrarse en aumentar los rendimientos del trigo y mejorar su calidad (Roelfs et al., 1992: pp. 99).

1.3.4 Líneas isogénicas de trigo

La utilización de líneas isogénicas para la elaboración de ensayos radica en su similitud genética que puede tener en relación con líneas de variedades que ya han sido liberadas y que se busca mejorar cada día, tomando en cuenta a los genes que ya han sido identificados. Se obtienen generalmente a través de retro cruzamientos repetidos o transformación (Kutcher y Brar, 2016, pp. 2-3).

Estas líneas genéticamente elaboradas en su mayoría presentan un solo gen cuya ventaja radica en ser un huésped diferencial, en donde cuando se encuentra un gen de resistencia nuevo, generalmente no se logra obtener material primario suficiente, en este caso las semillas de las líneas de un solo gen con el mismo origen, ya que se necesita de tiempo para desarrollar líneas que puedan llegar a ser altamente significativas y resistentes, obteniéndose de esta manera varios conjuntos de diferenciales que se han utilizado para la identificación de razas de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* a lo largo de los años (Kutcher y Brar, 2016, pp. 2-3).

1.3.5 Razas de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*

Se han efectuado muestreos sobre las razas para vigilar las modificaciones de la virulencia en la población patógena con el fin de contribuir al desarrollo de variedades de trigo resistentes a las royas de cereales en especial del trigo siendo un cultivo de expansión mundial. El Prolongado registro de las modificaciones de las poblaciones patógenas también ha permitido el progreso de los estudios básicos realizados por los fitopatólogos sobre la epidemiología, se establecieron las razas fisiológicas. En Ecuador, las variedades comerciales de trigo no tienen niveles adecuados de resistencia. Al momento la población ecuatoriana de roya amarilla posee virulencias para los

factores de resistencia Yr1, Yr2, Yr2+, Yr3V, Yr3N, Yr4+, Yr6, Yr6+, Yr7, Yr7+, Yr9, Yr9+, YrA+, YrSP, YrSU, YrSD, YrCV (Ochoa et al., 2007: pp. 287-293).

1.3.6 Practicas de Cultivo

Las prácticas de cultivo constituyen otro método para lograr al menos un control parcial de las epifitas de royas del trigo, antes de la utilización de variedades resistentes, los agricultores mexicanos habían aprendido a sembrar temprano para evitar el flagelo de la roya del tallo, en algunas zonas se tomaban en cuenta las fechas de siembra, frecuencia y cantidad de riego y aplicaciones de fertilizantes para ayudar a combatir la enfermedad (Roelfs et al., 1992: pp. 30-33).

Zadoks y Bouwman destacaron la importancia del “puente verde” en la propagación del patógeno de un cultivo a otro, mismo que se prolonga cuando algunos agricultores siembran temprano y otros lo hacen de forma tardía. La eliminación del puente verde mediante la labranza y productos químicos, son una medida de control eficaz contra epifitas producidas por un inoculo endógeno. En algunas zonas, es preciso eliminar las plantas voluntarias durante el ciclo el cultivo (Roelfs et al., 1992: pp. 33-35).

1.4. Trigo en el Ecuador

En la región interandina de Ecuador se estima que un 70% de agricultores que se dedican a los cultivos de trigo y cebada lo hacen en una superficie menor a 1 ha (8 300 m²); aún fincas de 10 a 20 ha se dedican solo 1 o 2 ha para la siembra (SICA, 2008). El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el encargado de desarrollar y adaptar tecnologías para la producción de cereales en el Ecuador. Desde 1963 hasta la fecha ha liberado 18 nuevas variedades mejoradas de trigo (INIAP, 2020, pp. 1-5), descritas de la siguiente manera:

Tabla 3-1: Variedades de trigo liberadas por el INIAP y el Programa de Cereales

Año de liberación	Nombre Variedad	Tipo Resistencia
1963	Crespo 63	Resistencia Parcial
1963	Napo 63	Resistencia Parcial
1969	INIAP-Atacazo 69	Resistencia Parcial
1969	INIAP-Amazonas 69	Susceptible
1969	INIAP-Rumiñahui 69	Resistencia Moderada
1973	INIAP-Romero 73	Resistencia Moderada
1973	INIAP-Cayambe 73	Resistencia Moderada
1978	INIAP-Antisana 78	Resistencia Parcial
1978	INIAP-Chimborazo 78	Resistencia Parcial

1982	INIAP-Tungurahua 82	Susceptible
1982	INIAP-Altar 82	Resistencia Parcial
1988	INIAP-Cotopaxi 88	Resistencia Parcial
1992	INIAP-Cojitambo 92	Resistencia Parcial
1994	INIAP-Quilindaña 94	Resistencia Parcial
1998	INIAP-Cotacachi 98	Resistencia Parcial
2003	INIAP-Zhalao 2003	Resistencia Parcial
2010	INIAP-Vivar 2010	Resistencia Parcial
2010	INIAP-San Jacinto 2010	Resistencia Parcial
2010	INIAP-Mirador 2010	Resistencia Parcial

Fuente: Programa de Cereales, INIAP 2019

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Características del lugar

2.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de los predios de la Estación Experimental Tunshi, de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Parroquia Licto perteneciente al cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.1.1.1. Ubicación geográfica

Tabla 4-2: Coordenadas geográficas del lugar

Descripción	Valor
Latitud:	1°44' 59'' S
Longitud:	78°54,3' 7'' O
Altitud:	2740 m.s.n.m.

Fuente: Espoch, 2020

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.1.2. Características Climáticas

Tabla 5-2: Condiciones climáticas del lugar experimenta

Descripción	Valor
Temperatura máxima:	17,3 °C
Temperatura mínima:	10 °C
Temperatura media:	14,3 °C
Humedad relativa:	62%
Precipitación media anual:	510 mm

Fuente: Espoch, 2020

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.1.3. Clasificación ecológica

De acuerdo con Holdrige (1992), la superficie experimental corresponde a una zona de vida estepa espinosa Montano Bajo (eeMB).

2.2. Materiales

2.2.1. Material biológico

Se utilizó 5g de semilla de trigo de cada una de las 39 líneas indicadoras provenientes de la Universidad de Saskatchewan (Canadá).

2.2.2. Materiales de Campo

Tierra propia del lugar, rastrillo, azadón, clavos, martillo, hoyadora, alambre galvanizado, malla de sarán al 50% de sombra, letreros de identificación, pingos de madera, alicate, taladro, fertilizantes: 10-30-10, humus de lombriz, úrea amarilla y abonaza, bomba de aspersión, libreta de campo, cámara fotográfica.

2.2.3. Materiales y equipos de oficina

Lápiz, computadora, libreta de apuntes, material bibliográfico, etiquetas, impresora, Escala modificada de Cobb, calculadora, papel.

2.3. Métodos

2.3.1. Metodología

Para la evaluación de la respuesta de las 39 variedades de líneas indicadoras de trigo se desarrolló tres etapas de investigación:

– Etapa de Campo

Se realizó dentro de los predios de la Estación Experimental Tunshi perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la parroquia Licto; donde se instalaron parcelas demostrativas con dimensiones de 1m² para cada una de las líneas, repartidas al azar en tres repeticiones.

– Recolección de Datos

Se tomó el comportamiento del patógeno en la planta como criterio de evaluación, se seleccionaron 15 plantas de cada repetición y de cada tratamiento, sorteadas y marcadas al azar, para la recolección de datos de incidencia, severidad y reacción de enfermedades causadas por roya. Se empleó la escala modificada de Cobb con la cual se cuantificó el porcentaje de daño real en cada línea, para posterior establecimiento de criterios ya sea susceptible, resistente.

– Etapa de Caracterización de las estructuras de *P. striiformis*

Se recolectaron varias muestras por cada línea de trigo correspondiente con presencia de la enfermedad, luego se trasladaron las muestras al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales donde se procedió con la caracterización visual a través del uso del estereoscopio y microscopio de la forma, tamaño, disposición y orientación de los uredios y uredósporas para definir el tipo de roya que se desarrolló dentro de cada variedad.

2.3.2. Métodos de evaluación

Los métodos de evaluación se basaron en las metodologías que detalla Ponce-Molina et al. (2019)

2.3.2.1. Porcentaje de Emergencia

Se contabilizó el número de plantas emergidas de cada variedad por cada parcela demostrativa, tomando en cuenta el número de semillas sembradas, los datos de emergencia fueron evaluados cuando la etapa de desarrollo según la escala de Zadoks se encontró en la etapa fenológica Z 12 o Z 13; esto fue a los 15 y 25 días, así se obtuvo el porcentaje de emergencia, el cual fue categorizado como: bueno, regular y malo según la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Escala de evaluación de emergencia en cereales

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

Fuente: Ponce-Molina et al. 2019.

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.3.2.2. Vigor de la planta

Se evaluó visualmente durante el desarrollo del cultivo según la escala de Zadoks en la etapa Z 14 o Z 15; esto fue a los 35 y 45 días cuando las plantas presentaron de cuatro a cinco hojas desarrolladas tomando en cuenta los aspectos cualitativos de la planta utilizando la siguiente escala:

Tabla 7-2: Escala de evaluación de vigor 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: Ponce-Molina et al. 2019.

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.3.2.3. Hábito de crecimiento

Se evaluó visualmente la disposición de las hojas y tallos durante todo el proceso de desarrollo del macollo, tomando en cuenta la siguiente escala de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas:

Tabla 8-2: Escala de evaluación del hábito de crecimiento en cereales

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

Fuente: Ponce-Molina et al. 2019.

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.3.2.4. Altura de las plantas

Se evaluó mediante la utilización de una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga cuando el cultivo alcanzó la madurez.

2.3.2.5. Tamaño de la espiga

Se recolectaron 10 espigas por cada repetición, se realizó la medida desde la base de la espiga hasta el extremo de esta sin tomar en cuenta las aristas y se utilizó una regla expresando las medidas obtenidas en cm.

2.3.2.6. Número de granos por espiga

De las 10 espigas seleccionadas anteriormente se contó manualmente el número de granos llenos.

2.3.2.7. Evaluación de la severidad

Una vez aparecido los signos y síntomas de la enfermedad en el cultivo, precisamente en el follaje de las plantas seleccionadas, su evaluación se realizó en base a los parámetros establecidos en las escalas diagramáticas internacionales de severidad (Tabla 9-2); esta evaluación se realizó evaluando el progreso de la enfermedad de manera visual cada 4 días durante toda la fase de desarrollo vegetativo con especial énfasis durante el periodo de espigado del cultivo y el desarrollo de la enfermedad en la hoja bandera, registrando cada anotación en una matriz de datos.

Tabla 9-2: Escala Modificada de Cobb, para severidad en royas

Escala de Cobb modificada. A, porcentaje 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: Ponce-Molina et al. 2019.

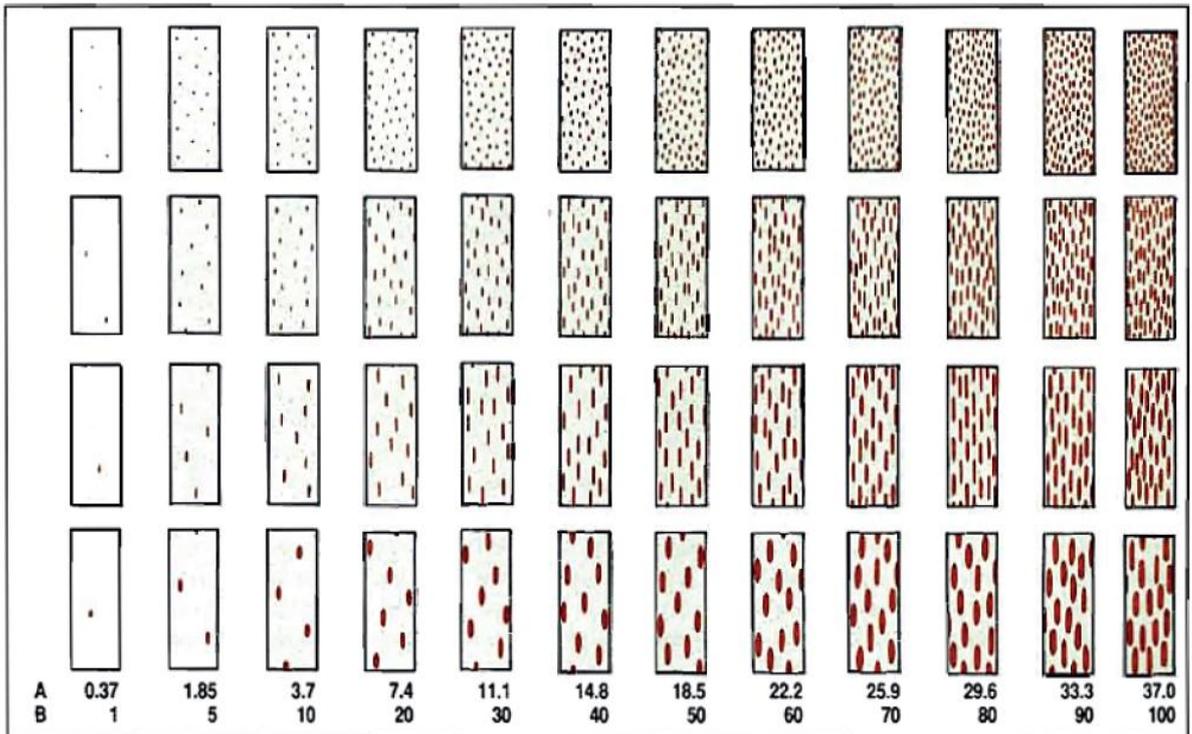


Figura 3-2. Escala modificada de Cobb, para severidad en royas.

Fuente: Stubbs R.W et al., 1986

Para la evaluación visual de los porcentajes a nivel de campo se determinó los porcentajes de severidad tomando en cuenta la disposición de los uredios a nivel de las hojas en campo (Figura 4-2) para posterior correlación y verificación con la utilización de la escala modificada de Cobb, para severidad en royas.

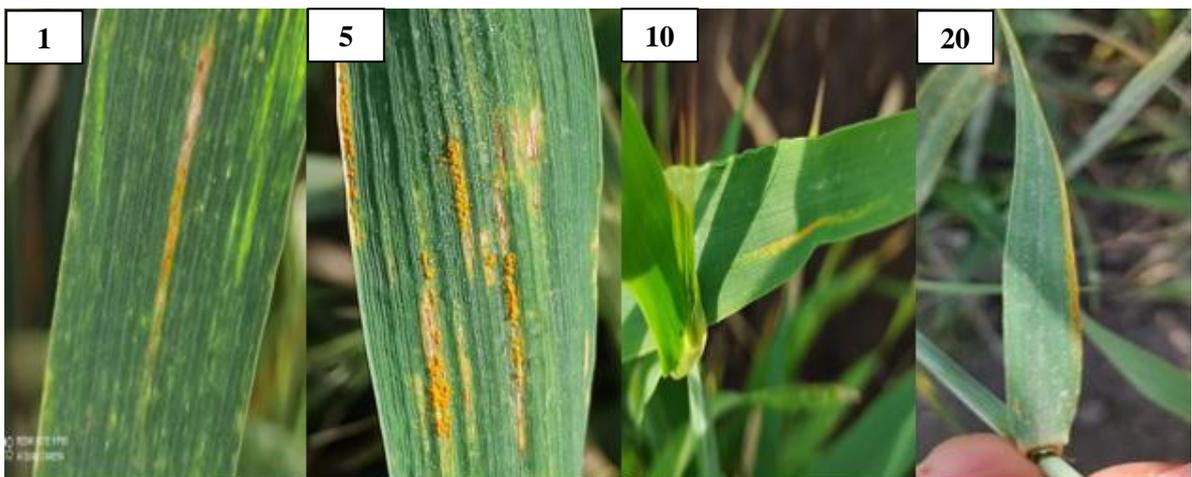


Figura 4-2. Porcentajes de severidad del 1 – 20 %

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022



Figura 5-2. Porcentajes de severidad del 30 – 50 %

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022



Figura 6-2. Porcentajes de severidad del 60 – 80 %

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022



Figura 7-2. Porcentajes de severidad del 90 – 100 %

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

2.3.2.9. Determinación de la resistencia parcial

Se realizó una matriz de datos para poder establecer el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), implementando el modelo propuesto por Shanner y Finney en 1977 y aplicando la siguiente formula:

$$ABCPE = \frac{[Y_i + (Y_i + 1)]}{2} * (t_1 + 1 - t_i)$$

Donde:

Y_i= Primera observacion, intensidad de la enfermedad (%), obtenida en base a la severidad observada.

Y_{i+1}= Segunda observación.

T_i= Periodo de evaluación en días, por lo cual las unidades son % día -1

2.3.2.10. Tipo de reacción

Se determinó la reacción de los tratamientos de trigo a la roya amarilla considerando la escala de la (Tabla 10-2).

Tabla 10-2: Escala para determinar el tipo de reacción en royas

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

Fuente: CIMMYT, 2012.

2.3.2.11. Tipo y color de grano

Se realizó después de la cosecha del cultivo en general del trigo, tomando en cuenta el color, forma, tamaño y la uniformidad de daño por la presencia de enfermedades, categorizando según la escala:

Tabla 11-2: Escala de evaluación para tipo de grano en trigo

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

Fuente: Ponce-Molina et al. 2019.

2.3.2.12. *Peso de los granos de trigo*

Se pesó la producción de trigo de cada una de las diferentes repeticiones, este valor estuvo dado en g parcela⁻¹, y posteriormente transformó a Kg ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado.

2.4. Manejo del ensayo

2.4.1. *Labores pre- culturales*

2.4.1.1. *Preparación del suelo, diseño y levantamiento de la estructura*

- a. Se realizó la limpieza del terreno y posteriormente se pasó la rastra para obtener un suelo suelto y óptimo para la siembra
- b. Se realizó el diseño y levantamiento de la estructura del ensayo que comprendía una superficie total de 200 m².
- c. Luego se elaboró las 39 parcelas para cada línea y su respectiva repetición dando un total de 117, cada una tenía la medida de 1m² a lo largo de la superficie del ensayo
- d. Se colocaron pingos de madera a 8 cm de profundidad y se instaló malla tipo sarán con el 50% de sombra para proteger la semilla.
- e. Alrededor del ensayo se colocó semilla común de trigo para evitar la pérdida de semilla en estudio por ataque de pájaros y otros animales, garantizando así un óptimo porcentaje de emergencia del cultivo y garantizar la producción de inóculo de *P. striiformis* y posterior diseminación de las esporas a las líneas evaluadas.
- f. Se instaló un sistema de riego por aspersión con un total de 9 aspersores para todo el ensayo.

2.4.2. Labores culturales

2.4.2.1. Siembra

- a. La obtención de la semilla utilizada para esta investigación fue otorgada por parte del INIAP proveniente de la Universidad de Saskatchewan de Canadá.
- b. Se realizó una fertilización de base al suelo en cada una de las parcelas de 1m² con el fertilizante químico (10-30-10), abono orgánico (abonaza y humus de lombriz), antes de realizar la siembra de cada una de las líneas.
- c. Se aplicó al suelo 200g de fertilizante previamente combinado.
- d. Se realizó un riego previo a la siembra para obtener humedad en el suelo y garantizar una buena embebida de la semilla.
- e. La siembra dentro de cada tratamiento y repetición se realizó 3 surcos dentro de cada parcela.
- f. Por cada tratamiento se sembraron 54 semillas, 18 semillas en cada surco.

2.4.2.2. Riego

Los riegos se aplicaron según los requerimientos del cultivo y de acuerdo con la precipitación dada.

2.4.2.3. Control fitosanitario

Se aplicó durante la emergencia de las plantas Tiamextoxam; un insecticida para evitar la pérdida de emergencia de las plantas, posterior a ello no se aplicó ningún otro producto.

2.4.2.4. Deshierbe

El control de malezas se realizó en su totalidad de manera manual.

2.4.2.5. Fertilización Complementaria

Se realizó la aplicación de fertilizantes foliares ricos en fósforos, nitrógeno, potasio y micro elementos, además de una fertilización de úrea azufrada rica en nitrógeno después de 45 días.

2.4.2.6. Cosecha

Se realizó la cosecha cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial.

2.5. Especificaciones del campo experimental

2.5.1. Especificaciones del ensayo experimental

Número de tratamientos: 39

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 117

2.5.2. Módulo

Formula del módulo Rectangular

Ancho del módulo: 5m

Largo del módulo: 40 m

2.5.3. Distancia de plantación

Siembra en forma de chorro continuo en forma de ensayo de surco triple para cada parcela.

Cantidad total de semilla en gramos para cada línea: 5

Número total de semillas de cada línea: 162

Numero de semilla para cada repetición: 54

Numero de semilla por cada surco: 18

Número de plantas a evaluarse por repetición: 15

Área total del ensayo: 200 m²

2.5.4. Tratamientos en estudio

Tabla 12-2: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Repetición	Ensayo	Líneas indicadoras	Código	
T1	R1 R2 R3	Canadá	LEGACY	BBZD	
T2	R1 R2 R3	Canadá	J06026013	BBZD	12/1T0076
T3	R1 R2 R3	Canadá	J06022012	BBZD	12/1T0055

T4	R1 R2 R3	Canadá	MCLEOD	BBZD	
T5	R1 R2 R3	Canadá	J07122022	BBZD	15/3T0186
T6	R1 R2 R3	Canadá	VIVAR	BBZD	
T7	R1 R2 R3	Canadá	BENTLEY	BBZD	
T8	R1 R2 R3	Canadá	CDC KENDALL	K-Z4	
T9	R1 R2 R3	Canadá	CDC MEREDITH	K-Z4	
T10	R1 R2 R3	Canadá	CDC MINDON	K-Z4	
T11	R1 R2 R3	Canadá	CONLON	K-Z4	
T12	R1 R2 R3	Canadá	FORMOSA	K-Z4	
T13	R1 R2 R3	Canadá	I11808	K-Z4	11/M00051
T14	R1 R2 R3	Canadá	I11726	K-Z4	11/M20046
T15	R1 R2 R3	Canadá	I11727	K-Z4	11/M20047
T16	R1 R2 R3	Canadá	I11729	K-Z4	11/M20049
T17	R1 R2 R3	Canadá	I11730	K-Z4	11/M20050
T18	R1 R2 R3	Canadá	I70034	K-Z4	93/D00237
T19	R1 R2 R3	Canadá	CDC AUSTENSON	BBZD	
T20	R1 R2 R3	Canadá	J08043011	BBZD	15/2T0109

T21	R1 R2 R3	Canadá	CELEBRATION	BBZD	
T22	R1 R1 R3	Canadá	J08043022	BBZD	15/2T0110
T23	R1 R2 R3	Canadá	J08051029	BBZD	15/2T0185
T24	R1	Canadá	J08051028	BBZD	15/2T0184
	R2 R3				
T25	R1 R2 R3	Canadá	J08050168	BBZD	15/2T0182
T26	R1 R2 R3	Canadá	Entry-83	BV2014	C49IBWSN
T27	R1 R2 R3	Canadá	Entry-85	BV2014	C49IBWSN
T28	R1 R2 R3	Canadá	Entry-86	BV2014	C49IBWSN
T29	R1 R2 R3	Canadá	Entry-87	BV2014	C49IBWSN
T30	R1 R2 R3	Canadá	Entry-88	BV2014	C49IBWSN
T31	R1 R2 R3	Canadá	Entry-89	BV2014	C49IBWSN
T32	R1 R2 R3	Canadá	Entry-90	BV2014	C49IBWSN
T33	R1 R2 R3	Canadá	Entry-91	BV2014	C49IBWSN
T34	R1 R2 R3	Canadá	Entry-93	BV2014	C49IBWSN
T35	R1 R2 R3	Canadá	Entry-94	BV2014	C49IBWSN
T36	R1 R2 R3	Canadá	Entry-95	BV2014	C49IBWSN
T37	R1 R2 R3	Canadá	Entry-114	BV2014	C49IBWSN

T38	R1 R2 R3	Canadá	Entry-31	BV2014	C49IBWSN
T39	R1 R2 R3	Canadá	Entry-29	BV2014	C49IBWSN
TOTAL, DE UNIDADES EXPERIMENTALES:					117

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.6. Tipo de diseño

2.6.1. Características del diseño

Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) utilizando treinta y nueve líneas de trigo con tres repeticiones. Mediante la tabla 11-2 se presenta el esquema del análisis del ANOVA.

2.6.2. Esquema de análisis de varianza

Tabla 13-2: Esquema del análisis de varianza.

Fuente de Variación	Fórmula	Grados de libertad
Total	$Rt-1$	116
Tratamientos	$t-1$	38
Repeticiones	$r-1$	2
Error	$(rt-1)-[(t-1)+(r-1)]$	76

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.6.3. Análisis funcional

- A las variables que mostraron significancia estadística se realizó pruebas de separación de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 5%
- Se usó cuadros, gráficos, textos, para presentar los resultados y la interpretación se la realizó en función de los conceptos que representan.

2.6.4. Factores en estudio

El factor de estudio constituyó cada una de las 39 líneas indicadoras de trigo.

2.6.4.1. Genes presentes en cada una de las líneas de trigo

Tabla 14-2: 39 líneas de trigo con sus respectivos genes

Tratamiento	Pedigree	Yr Gene Present
T1	Avocet-YRA	Null(susceptible check)
T2	Avocet+YRA	Avocet + YrA
T3	YR/6*AOC	Yr1
T4	Siete Cerros T66	Yr2
T5	YR5/6*AOC	Yr5
T6	YR6/6*AOC	Yr6
T7	YR7/6*AOC	Yr7

T8	YR8/6*AOC	Yr8
T9	YR9/6*AOC	Yr9
T10	YR10/6*AOC	Yr10
T11	YR15/6*AOC	Yr15
T12	YR17/6*AOC	Yr17
T13	YR18/3*AOC	Yr18 (APR)
T14	YR24/3*AOC	Yr24
T15	YR26/3*AOC	Yr26
T16	YR27/6*AOC	Yr27
T17	YRSP/6*AOC	YrSP
T18	YRCV/6*AOC	Yr32
T19	Yr28	Yr28
T20	Yr29	Yr29 (APR)
T21	Yr31	Yr31
T22	ACBarrie	unknown
T23	CDCTeal	Yr18 (APR)
T24	Lillian	Yr18, Yr36, Yr30? Yr36 is HTAPR
T25	AC Avonlea	Desconocido
T26	CDC Alsask	Yr18 (APR)
T27	CDC GO	Yr29 gen R planta adulta
T28	AC Interpid	Desconocido
T29	Carberry	Yr18 + others?
T30	Produra - durum wheat	YrPr1, YrPr2
T31	Yr26/6*Avocet S	Yr26/YrUnk
T32	AC Certa – triticales	Desconocido
T33	Ultima – Triticales	Desconocido
T34	Pronghorn – Triticales	Desconocido
T35	Bunker – Triticales	Desconocido
T36	Brevis – Triticales	Desconocido
T37	Zak	Yr44
T38	Yr43	Yr43
T39	Yr44	Yr44

Realizado por: Riofrio, Alexis, 2022

2.6.4.2. Croquis de distribución del ensayo

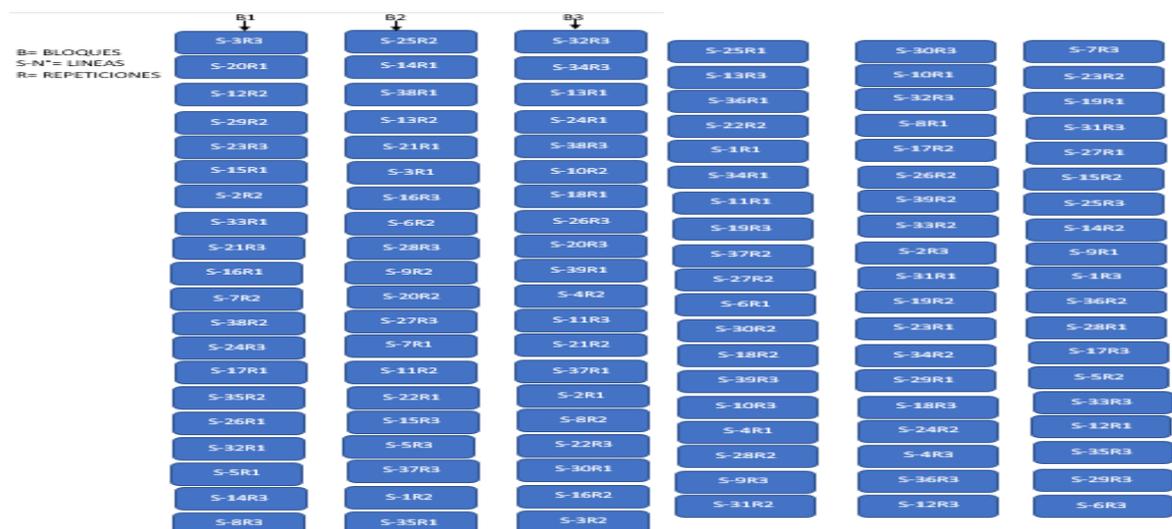


Figura 8-2. Croquis de la distribución al azar de las 39 líneas isogénicas de trigo

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza para porcentaje de emergencia de cada tratamiento a los 15 DDS, se muestran diferencias estadísticas significativas para los tratamientos ($P < 0,01$) (Tabla 15-3).

Tabla 15-3: ANOVA porcentaje de emergencia de las plantas de trigo a los 15 DDS

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	3316	87,25	27,044	0,0001 **
Repetición	2	1	0,49	0,15	0,86 ns
Error	76	245	3,23		
Total	116				
CV %					2,08
Promedio	82,25				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas ** ($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

No todas las plantas alcanzaron el mismo estado germinativo al mismo tiempo por lo tanto para estas evaluaciones se tomó en consideración que al menos el 50% de las plantas de cada tratamiento presentaron las características descritas en la Tabla 6-2. En consideración con el análisis de la prueba de Tukey al 5%, los resultados nos indicaron que a los 15 días después de la siembra los tratamientos BENTLEY, CDC KENDALL, J06022012 y J07122022 presentaron el mayor porcentaje de emergencia, con promedios de 93,82%, 93,82%, 94,44% y 93,83%, respectivamente, en tanto que los tratamientos Entry-86, I11808, I11727 y I11729, presentaron el menor porcentaje de emergencia promedio con valores de 74,74%, 74,69%, 74,07% y 74,07% respectivamente (Tabla 16-3 y Gráfico 1-3). De acuerdo con Ponce-Molina et al., (2019, p 16), el mejor porcentaje de emergencia en cereales debe ser entre el 81-100%. De esta manera se obtuvo un promedio del 86.25 determinándose una buena emergencia a los 15 días después de la siembra.

Al momento de realizar la segunda evaluación realizada a los 25 días después de la siembra todos los tratamientos en general presentaron un 100% presentando una completa uniformidad general.

Tabla 16-3: Promedios de la emergencia (%) de los distintos tratamientos de trigo evaluados

Tratamientos	Emergencia	% Media
LEGACY	15 DDS	88,27
J06026013	15 DDS	82,72
J06022012	15 DDS	94,44
MCLEOD	15 DDS	82,72
J07122022	15 DDS	93,83
VIVAR	15 DDS	90,74
BENTLEY	15 DDS	93,82
CDC KENDALL	15 DDS	93,82
CDC MEREDITH	15 DDS	88,89
CDC MINDON	15 DDS	85,80
CDC MINDON	15 DDS	88,89
FORMOSA	15 DDS	86,42
I11808	15 DDS	74,69
I11726	15 DDS	90,12
I11727	15 DDS	74,07
I11729	15 DDS	74,07
I11730	15 DDS	90,12
I70034	15 DDS	82,10
CDC AUSTENSON	15 DDS	85,19
J08043011	15 DDS	86,42
CELEBRATION	15 DDS	91,98
J08043022	15 DDS	79,63
J08051029	15 DDS	85,80
J08051028	15 DDS	84,57
J08050168	15 DDS	87,04
Entry-83	15 DDS	82,10
Entry-85	15 DDS	91,36
Entry-86	15 DDS	74,74
Entry-87	15 DDS	92,59
Entry-88	15 DDS	85,19
Entry-89	15 DDS	87,65
Entry-90	15 DDS	83,95
Entry 91	15 DDS	88,27
Entry-93	15 DDS	88,89
Entry-94	15 DDS	83,33
Entry-95	15 DDS	88,89
Entry-114	15 DDS	87,65
Entry-31	15 DDS	87,04
Entry-29	15 DDS	86,42

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

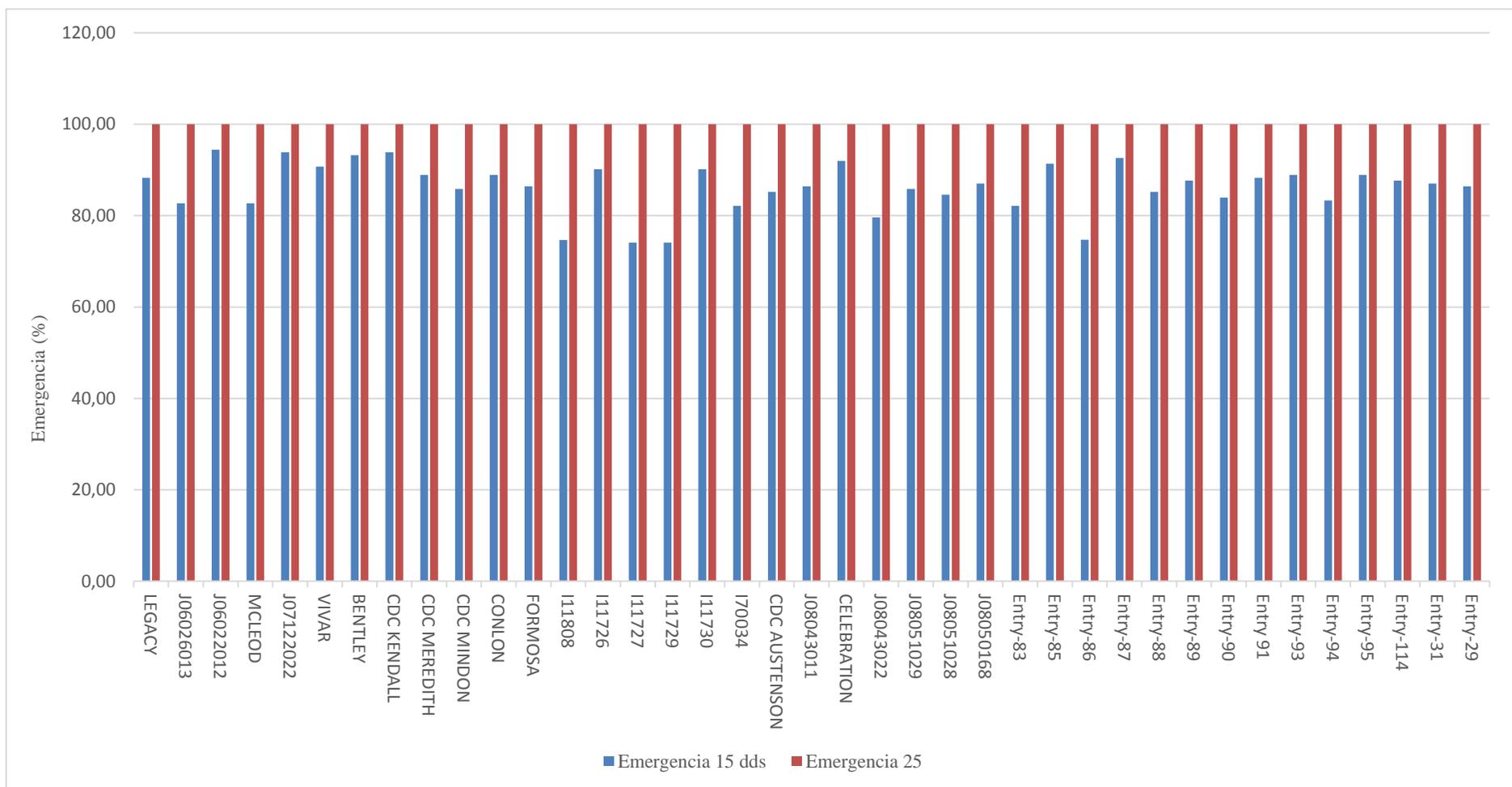


Gráfico 1-3. Emergencia (%) a los 15 y 25 días de los distintos tratamientos de trigo evaluados

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Para la obtención de una buena producción del cultivo, el porcentaje de emergencia y el rendimiento de este se encuentran relacionados al material de siembra, por lo cual, García-López et al., (2016) menciona que la agricultura moderna demanda semilla de alta calidad, siendo esta el principal insumo que en la agricultura debe cumplir con diferentes atributos, entre estos se encuentran: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria.

Los resultados muestran que el porcentaje de emergencia puede estar asociado al origen de la semilla, debido al adecuado estado fisiológico en que se encontraba la semilla pudo influir de manera significativa para la obtención del 100% de la emergencia de manera circunstancial y que son suficientes para obtener una brotación deseada y posteriormente el crecimiento de una planta vigorosa, debido a que este parámetro se puede verse afectado por diversos factores, entre ellos: tipo, preparación de suelo, condiciones ambientales presentes de la zona, antes y después de la siembra.

De acuerdo con Garófalo et al.,(2011,p. 9), el INIAP ha generado variedades de trigo adaptadas para las condiciones agrícolas de la Sierra de Ecuador, lo que puede asegurar el proceso de producción del trigo. De esta manera, el 100% de la emergencia que se evaluó a los 25 días después de la siembra posiblemente pudo haber sido influenciado por la combinación de las condiciones ambientales de la zona, preparación del suelo y la calidad de la semilla, siendo aspectos que permitieron el crecimiento y desarrollo normal de los brotes emergidos. Por lo cual, según Gómez (2010, pp. 1-2), menciona que para una emergencia uniforme del cultivo se demuestra una combinación del entorno ambiental, relacionando suelo, planta y atmósfera (RASPA) y el sistema de agua.

3.2. Vigor de la planta

De acuerdo con el análisis estadístico, la variable vigor a los 35 y 45 días después de la siembra no se mostró ningún efecto de los tratamientos que fueron evaluados ($P > 0,05$) (Tabla 17-3; Tabla 18-3). Con los resultados obtenidos a través de la utilización de la escala de vigor, las medias no demostraron una significancia para ninguna de las dos evaluaciones en distintos periodos de tiempo, sin embargo; en la evaluación a los 15 dds, todos los tratamientos alcanzaron un vigor regular (escala 3), mientras que para la evaluación a los 45 dds todos los tratamientos incrementaron su desarrollo, logrando un estado vigoroso bueno (escala 5) (Gráfico 2-3).

Tabla 17-3: ANOVA de la variable vigor en las plantas de trigo a los 35 DDS

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	7,49	0,20	1,03	0,4482 ns
Repetición	2	0,84	0,42	2,20	0,1183 ns

Error	76	14,50	0,19	
Total	116			
CV %				15,97
Promedio	2,74			

Diferencias significativas *(p< 0,05), diferencias altamente significativas **(p<0,01), ns: no significativo (p>0,05).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Tabla 18-3: ANOVA de la variable vigor en las platas de trigo a los 45 DDS

<u>F.V.</u>	<u>gl</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p -valor</u>	
Tratamientos	38	7,30	0,19	1,10	0,3548	ns
Repetición	2	0,74	0,37	2,11	0,1288	ns
Error	76	13,26	0,17			
Total	116					
CV %						8,78
Promedio	4,76					

Diferencias significativas *(p< 0,05), diferencias altamente significativas **(p<0,01), ns: no significativo (p>0,05).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Al no observarse un efecto significativo de los tratamientos en estudio sobre la variable vigor se puede determinar que probablemente la calidad y viabilidad de estas en el crecimiento de las plantas dando un estado vigoroso antes del inicio de la etapa de macollamiento a los 45 días después de la siembra. De tal manera, según Ponce-Molina et al., (2019, pp 18-19), mantienen que el parámetro vigor además de ser genético, esta directamente relacionado e influenciado por el tamaño y la calidad de la semilla, disponibilidad de nutrientes y la humedad del suelo. Por su parte, según Gutierrez-Garcia et al., (2006), manifiestan que el material inicial para la siembra y cuyos atributos de pureza genética, sanidad y calidad física y fisiologica de la semilla son importantes para las siembras de alto rendimiento ya que se asocia con la tasa y uniformidad de la germinacion, crecimiento de la plántulas normales y adaptacion en el campo.

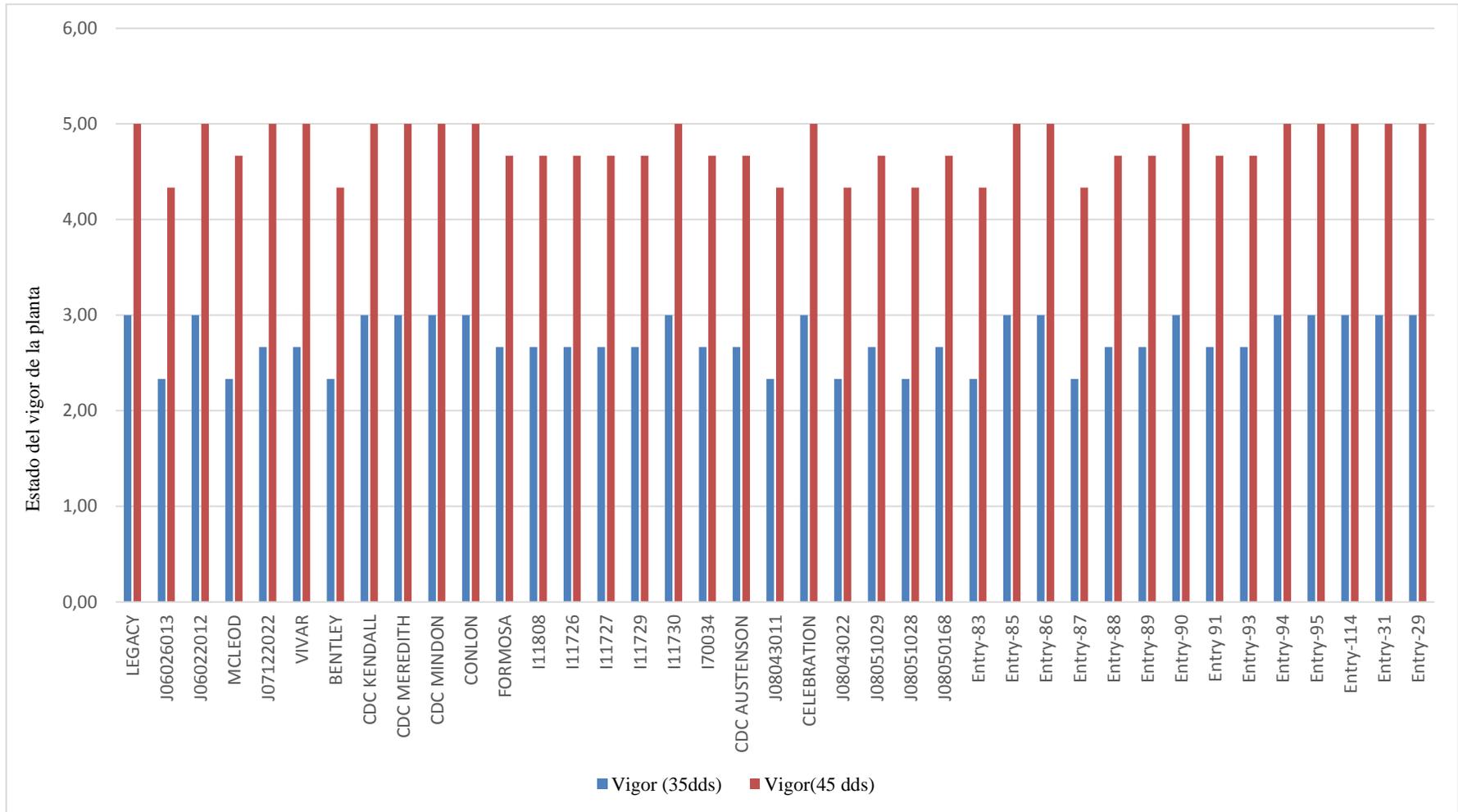


Gráfico 2-3. Vigor a los 35 y 45 dds de los distintos tratamientos de trigo evaluados

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

3.3. Hábito de crecimiento o porte

La variable del hábito de crecimiento o porte las plantas no lograron el mismo estado al mismo tiempo por lo tanto para estas evaluaciones se tomó en consideración que al menos el 50% de las plantas de cada tratamiento presenten las características descritas en la Tabla 8-2. De acuerdo con el análisis estadístico, esta variable se evaluó durante toda la etapa de desarrollo vegetativo denominado macollamiento, donde no se mostró ningún efecto de los tratamientos que fueron evaluados ($P > 0,05$) (Tabla 19-3). Con los resultados obtenidos a través de la utilización de la escala de evaluación del porte en cereales (Tabla 8-2), las medias no demostraron una significancia para ninguno de las evaluaciones, todos los tratamientos alcanzaron una caracterización de crecimiento erecto (escala 3), logrando un ciclo de crecimiento corto, adecuado y favorable (Grafico 3-3).

Tabla 19-3: ANOVA de la variable hábito de crecimiento o porte de los tratamientos de trigo

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	5,90	0,16	1,05	0,4250 ns
Repetición	2	0,05	0,03	0,17	0,841 ns
Error	76	11,28	0,15		
Total	116				
CV %					13,66
Promedio	2.82				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

De acuerdo con la experimentación al no presentarse un efecto significativo de los tratamientos en estudio sobre la variable de hábito de crecimiento o porte, se sugiere que tal comportamiento pudo haberse presentando principalmente debido por la viabilidad y constitución genética del germoplasma de la semilla al momento de utilizarla, por lo cual los parámetros de calidad y los genes presentes influyeron en el desarrollo de las plantas con una caracterización de crecimiento erecto, logrando un ciclo de crecimiento corto adecuado y favorable. Por lo tanto, según, Miller (1992, pp. 1-2), manifiesta que la siembra con semillas de calidad de variedades adaptadas sobre lotes fértiles y con buena humedad aseguran un conjunto de plantas de crecimiento rápido y se acorta el periodo de macollaje aumentando en proporcion altos rendimientos. Por lo que, para Cropcheck Chile (2011, p. 5), durante el cultivo se debe buscar maximizar el numero de macollos/m² ya que esto se traduce en un buen número de espigas, bajo buenas condiciones de crecimiento logrando por lo tanto un mayor rendimiento.

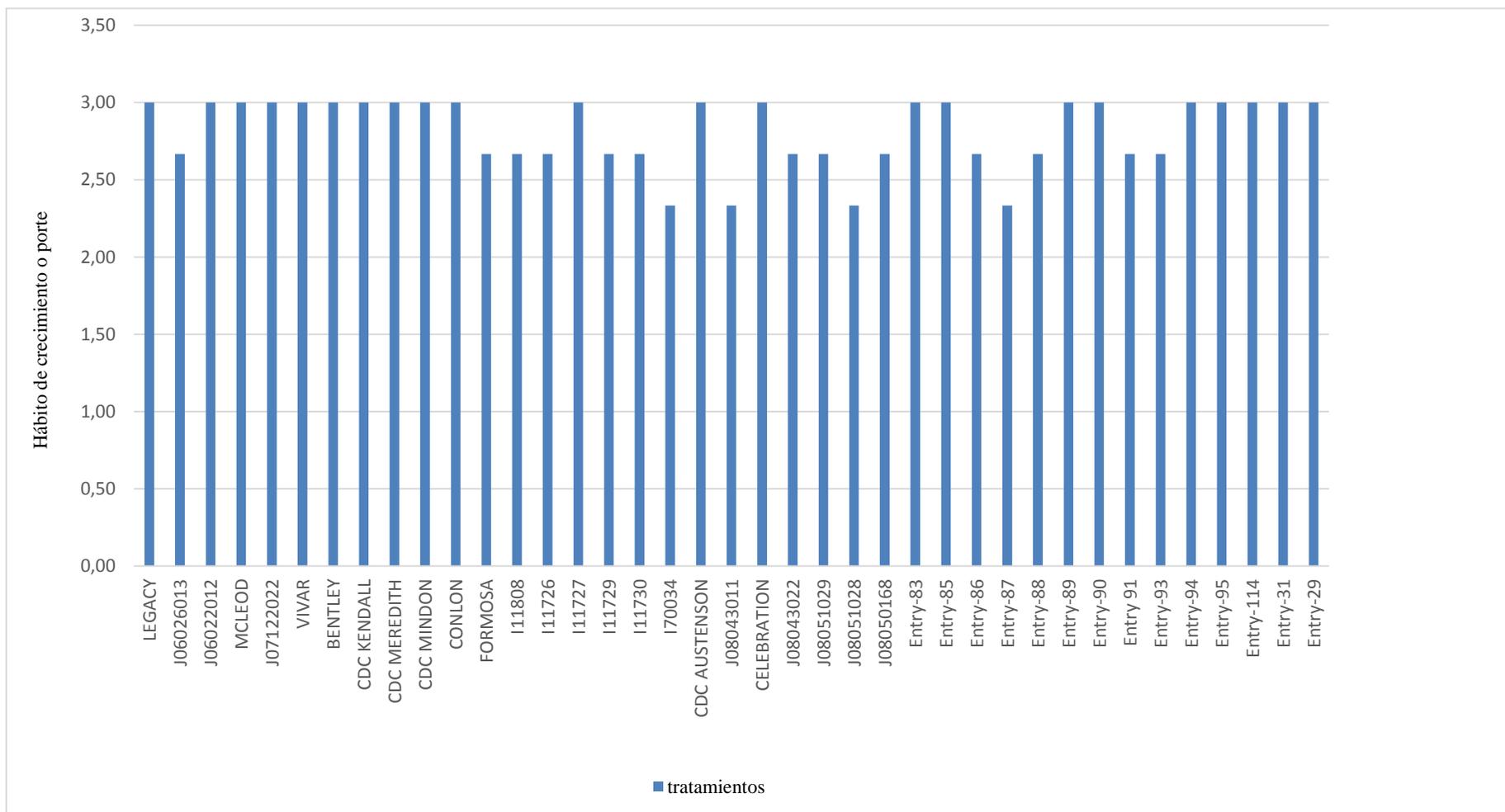


Gráfico 3-3. Hábito de crecimiento o porte de los distintos tratamientos de trigo evaluados durante el periodo de macollamiento.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

3.4. Incidencia de Roya Amarilla



Figura 9-3. Incidencia de la roya amarilla del trigo. Diferencias de coloración de hojas verdes a tonalidades claras (a). Aparecimiento de pústulas anaranjadas en hojas bajas y bandera (b). Coloración amarilla en hojas bajera, bandera y espigas (c).

Realizado por: Riofrio,Alexis., 2022

Para el porcentaje de la incidencia de la enfermedad, a los 73 días después de la siembra se logró visualizar el apareamiento de los primeros síntomas asociados y que son característicos de la roya lineal o amarilla del trigo en los tratamientos evaluados desde el desarrollo vegetativo hasta la fase de espigado (Figura 9-3).

El anova para la variable incidencia mostró efectos significativos de los tratamientos a los 73, 86, 102, 119 y 136 días después de la siembra ($P < 0,05$) (Tabla 20-3), respectivamente. Donde a los 73 días los tratamientos con mayores porcentajes de incidencia fueron para las líneas: Entry-93, Entry-89, J08043011, Entry-90, Entry-94, Entry-91 y J08043022 con respecto a los demás tratamientos y se mantuvo un progreso en el porcentaje mostrado hasta la penúltima y última evaluación es decir a los 119 y 136 dds, donde la mayoría de tratamientos alcanzan el 100 % de incidencia mostrando un gran progreso de la enfermedad (Gráfico 4-3), Así mismo se determinaron que los tratamientos con los menores porcentajes de incidencia de la enfermedad en comparación a otros tratamientos que fueron para las líneas: J07122022, CDC MINDON, CDC KENDALL, CONLON, Entry-83, Entry-114, I11730, CDC MEREDITH, Entry-87, I11726, Entry-31, Entry-29, Entry-95, quienes alcanzaron la menor incidencia al no mostrar síntomas considerablemente visibles, además de los tratamientos Entry-85, BENTLEY y MCLEOD quienes no aumentaron en el porcentaje de incidencia debido a que su sintomatología solo se presentó durante el macollaje.

Tabla 20-3: ANOVA de la incidencia de los diferentes tratamientos de trigo evaluados

F.V.	gl	73dds	P	86dds	P	102dds	P	119 dds	P
Tratamientos	38	2067,53	0,001**	2955,01	0,001**	3976,83	0,001**	6483,73	0,001**
Repetición	2	69,40	0,13 ^{ns}	5,83	0,72 ^{ns}	85,42	0,12 ^{ns}	85,01	0,61 ^{ns}
Error	76	17,02		18,01		40,24		29,31	
Total	116								
CV %		12,27		10,08		13,21		9,87	
Promedio		40,83		64,44		88,22		100	

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey para la incidencia a los 73 días después de la siembra se identificó 5 rangos de significancia estadística entre tratamientos. En el primer rango (a) con el mayor porcentaje de incidencia se ubicaron los tratamientos Entry-93, Entry-89, J08043011, Entry-90, Entry-94, Entry-91 y J08043022 con medias de 64,44%, 64,44%, 64,44%, 66,64%, 66,64%, 66,66% y 66,66%, respectivamente siendo los más afectados por la enfermedad, los tratamientos con el menor porcentaje de incidencia (d) fueron Entry-83, CONLON, I11730, I11726, Entry-87, Entry-95, Entry-29, Entry-31, Entry-114, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON y J07122022 con medias de 0%; A los 88 días después de la siembra la prueba nos muestra 4 rangos de significancia (a) se mantienen los tratamientos anterior aumentando porcentualmente la incidencia a valores de 73,33%, 73,33%, 73,33%, 73,33%, 75,55%, 75,55% y 73,29% respectivamente; sin embargo el porcentaje de menor incidencia (c) se mantienen los mismo tratamientos con el mismo porcentaje; A los 102 días después de la siembra la prueba de Tukey nos manifiesta 3 rangos de significancia, (a) se mantienen los tratamientos anteriores aumentando porcentualmente la incidencia a valores de 80%, 80%, 80%, 80%, 84,44%, 84,44%, 84,44%, 86,66% y 86,66% respectivamente, para los tratamientos de menor incidencia (b) , se mantienen los mismo rangos porcentuales 0% ; A los 127 días después de la siembra la prueba de Tukey nos muestra 3 rangos de significancia (a) todos los tratamientos han alcanzado el 100% de incidencia de enfermedad y en el grupo (b) los tratamientos que han mantenido el porcentaje de incidencia de 0% respectivamente (Tabla 21-3). Sin embargo, se presentan otros tres tratamientos cuya sintomatología no es visible para establecer un porcentaje de infección progresivo durante la segunda etapa de evaluación o fase de espigamiento por lo cual mantiene los porcentajes establecidos durante la fase de macollamiento, estos son Entry-85, CELEBRATION Y BENTLEY.

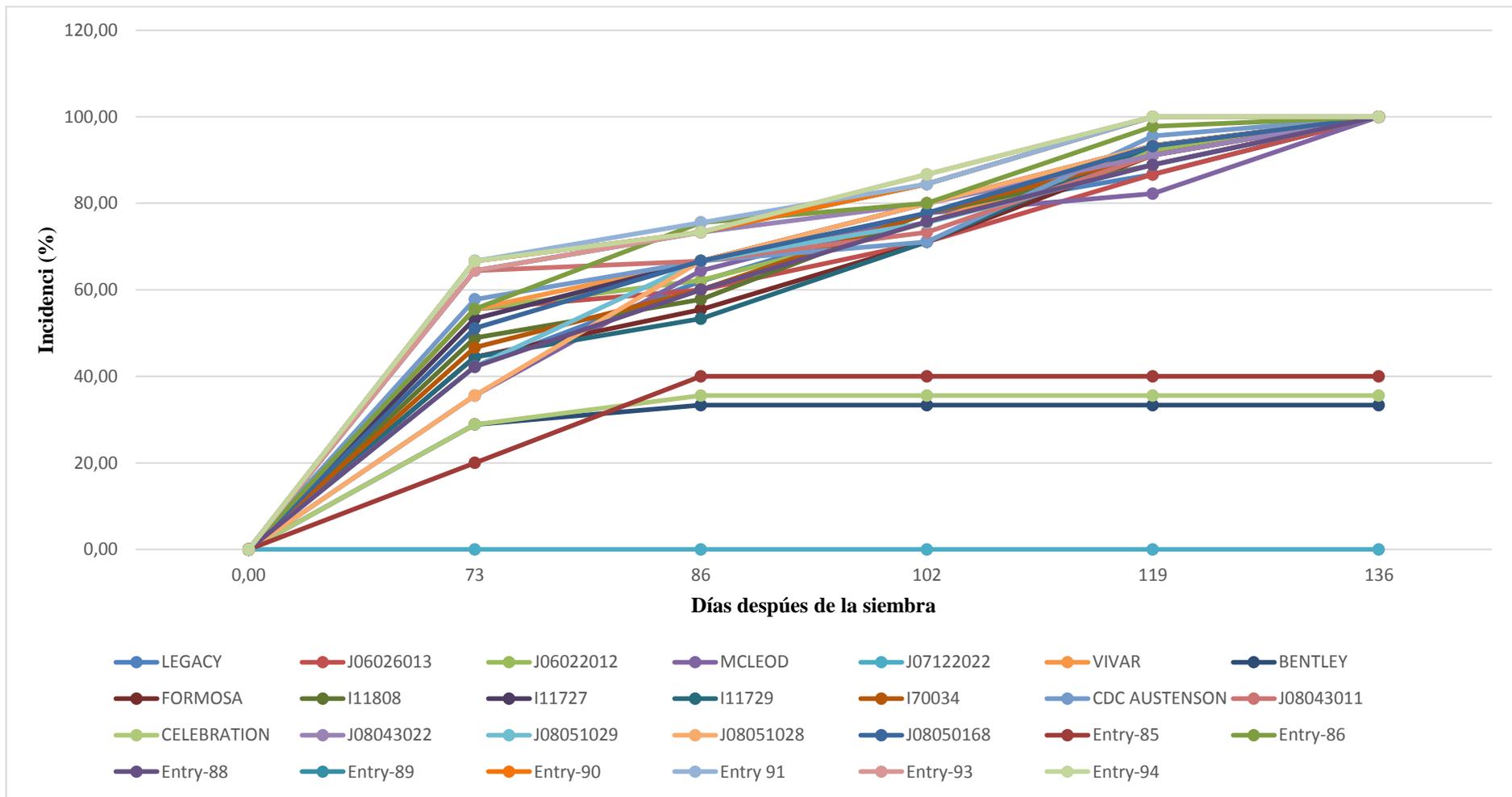


Gráfico 4-3. Incremento de la incidencia de roya amarilla en los tratamientos del cultivo de trigo

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Según Carmona, y Sautua, (2017, pp. 6-7), mencionan que un monitoreo de la incidencia de la roya amarilla a diferencia de otras royas es común y frecuente la presencia de manchones y pústulas alrededor de la hoja, donde frecuentemente la epidemia crece desde el primer nudo hasta la aparición de la hoja bandera, desde lejos se observan áreas cuyo verde pierde intensidad, tornándose amarillentas siendo las áreas idóneas para recolectar plantas y observar la enfermedad. Por lo cual el monitoreo de incidencia según Roelfs et al., (1992, pp 24-25), es una cuantificación confiable y exacta del impacto de la enfermedad sobre la superficie de un órgano vegetal afectado, estableciéndose como una señal de prevención para ejercer un control oportuno de enfermedades antes de su desarrollo bajo las condiciones climáticas altamente determinantes.

Tabla 21-3: Promedios de la incidencia de los diferentes tratamientos de trigo evaluados

Tratamientos	73 dds	86 dds	102 dds	119 dds	136 dds
Entry-91	66,66 (a)	75,55 (a)	84,44 (a)	100,00 (a)	100,00 (a)
J08043022	66,66 (a)	73,29 (a)	80,00 (a)	91,11 (a)	100,00 (a)
Entry-90	66,64 (a)	73,33 (a)	84,44 (a)	100,00 (a)	100,00 (a)
Entry-94	66,64 (a)	73,33 (a)	86,66 (a)	100,00 (a)	100,00 (a)
Entry-93	64,44 (a)	73,33 (a)	86,66 (a)	100,00 (a)	100,00 (a)
Entry-89	64,44 (a)	73,33 (a)	84,44 (a)	100,00 (a)	100,00 (a)
J08043011	64,44 (a)	66,66 (ab)	73,33 (ab)	91,11 (a)	100,00 (a)
CDC AUSTENSON	57,78 (ab)	66,66 (ab)	71,11 (ab)	95,55 (a)	100,00 (a)
VIVAR	55,55 (ab)	66,64 (ab)	75,55 (ab)	93,33 (a)	100,00 (a)
Entry-86	55,55 (ab)	75,55 (a)	80,00 (a)	97,78 (a)	100,00 (a)
J06026013	55,55 (ab)	60,00 (ab)	71,11 (ab)	86,66 (a)	100,00 (a)
J06022012	55,55 (ab)	62,20 (ab)	75,55 (ab)	92,22 (a)	100,00 (a)
I11727	53,33 (ab)	66,66 (ab)	80,00 (a)	93,33 (a)	100,00 (a)
J08050168	51,11 (ab)	66,66 (ab)	77,77 (ab)	93,22 (a)	100,00 (a)
I11808	48,88 (bc)	57,78 (ab)	77,78 (ab)	88,88 (a)	100,00 (a)
I70034	46,66 (bc)	60,00 (ab)	77,78 (ab)	91,11 (a)	100,00 (a)
I11729	44,44 (bc)	53,33 (ab)	71,11 (ab)	93,33 (a)	100,00 (a)
FORMOSA	44,44 (bc)	55,44 (bc)	71,11 (ab)	91,11 (a)	100,00 (a)
Entry-88	42,22 (bc)	60,00 (ab)	75,78 (ab)	88,88 (a)	100,00 (a)
LEGACY	42,22 (bc)	62,00 (ab)	77,78 (ab)	86,66 (a)	100,00 (a)
J08051029	42,22 (bc)	66,66 (ab)	75,55 (ab)	88,89 (a)	100,00 (a)
MCLEOD	35,55 (cd)	64,42 (ab)	77,78 (ab)	88,89 (a)	100,00 (a)
J08051028	35,55 (cd)	66,66 (ab)	80,00 (a)	93,33 (a)	100,00 (a)
CELEBRATION	28,88 (cd)	35,55 (bc)	35,55 (b)	35,55 (ab)	35,55 (ab)
BENTLEY	28,88 (cd)	33,33 (bc)	33,33 (b)	33,33 (ab)	33,33 (ab)
Entry-85	20,00 (cd)	40,00 (bc)	40,00 (b)	40,00 (ab)	40,00 (ab)
Entry-83	0,00 (d)*	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)

CONLON	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
I11730	0,00 (d)*	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
I11726	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
Entry-87	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
Entry-95	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
Entry-29	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
Entry-31	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
Entry-114	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
CDC KENDALL	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
CDC MEREDITH	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
CDC MINDON	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)
J07122022	0,00 (d)	0,00 (c)	0,00 (b)	0,00 (b)	0,00 (b)

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

3.5. Severidad de la Roya Amarilla

Los síntomas que se ven asociados con la severidad (porcentaje) de la roya amarilla del trigo, según la valoración del tejido dañado en la planta, mostraron los siguientes niveles infectivos:



Figura 10-3. Severidad de la roya amarilla del trigo (nivel de daño) (a). Severidad 1-20% (b-c). Severidad 30-50% (d-e). Severidad severa 60-80% (f-g). Severidad muy severa 90-100% (h-i)

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

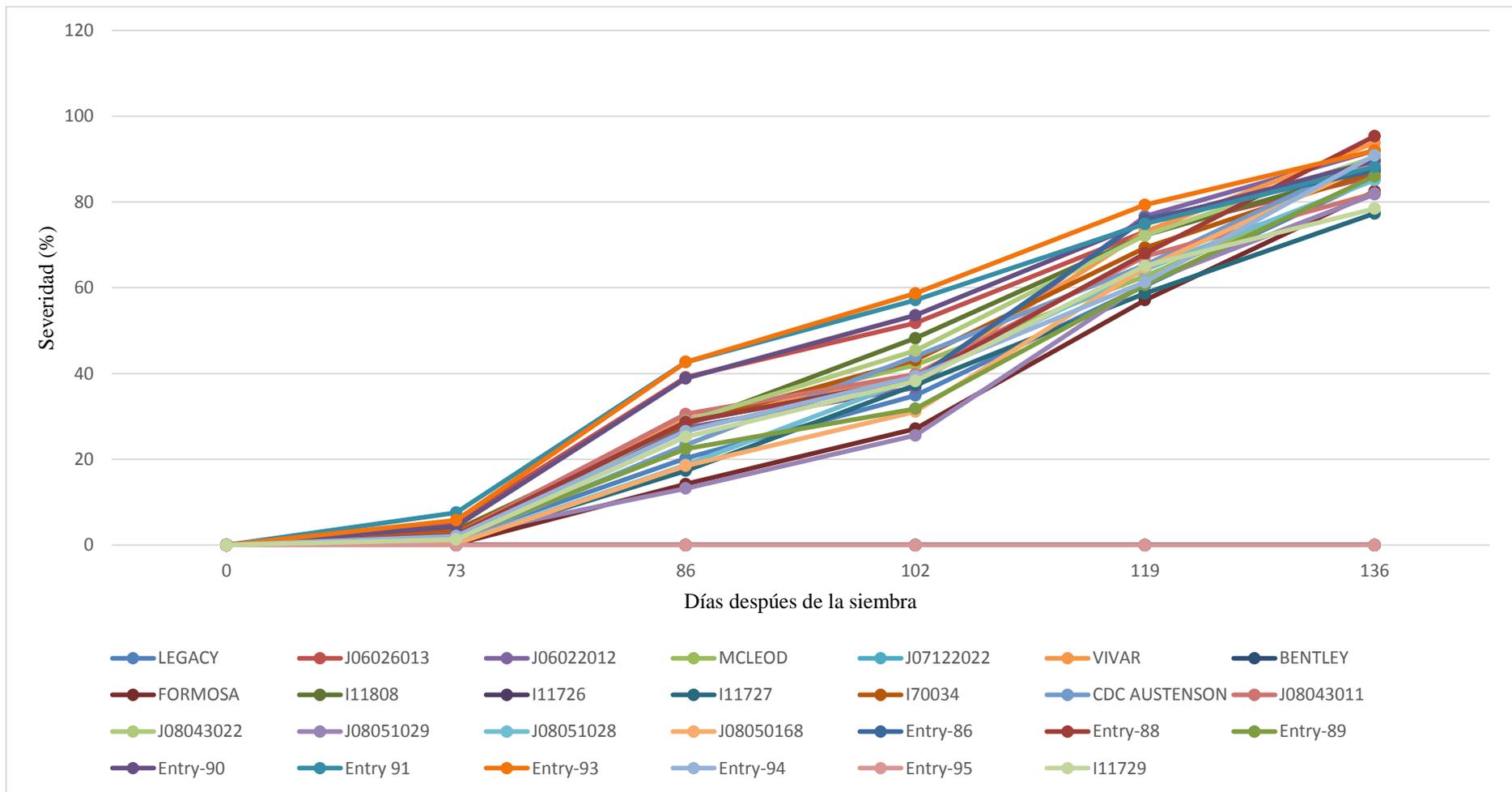


Gráfico 5-3. Porcentaje de severidad de roya amarilla en los tratamientos del cultivo de trigo.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Las plantas con sintomatología leve (1-20%) presentaron una colorosis visible con poca presencia de pústulas pequeñas uniformes en las hojas bajas iniciando el proceso de infección, para el nivel intermedio se observó el nivel de infección que va en aumento presentando pústulas ya de tamaños variados acompañados de un amarillamiento poco generalizado en las hojas infectadas, el progreso de la enfermedad es rápido para un nivel de infección severo las pústulas presentan un tamaño variado, se tornan de color anaranjado, estas se rompen y liberan un polvo naranja-amarillento que son las esporas dando ese amarillamiento ya generalizado en las hojas del cultivo, las pústulas aparecen alineadas en bandas o estrias en las hojas más maduras, conforme avanza la enfermedad para un nivel muy severo las pústulas adquieren tamaños generalmente grandes y se desarrollan en toda la superficie foliar, esto ocasiona el secado de la hoja (SENASICA, 2019, p. 1-7), plantas totalmente de tonalidad amarillenta (Figura 10-3). Para el porcentaje de severidad tomado durante la última evaluación principalmente en la hoja bandera de cada tratamiento, las líneas que menor grado de afectación alcanzaron fueron: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022, esto posiblemente debido a la activación de los distintos genes de resistencia constituyentes de cada tratamiento frente a la roya amarilla (Gráfico 5-3).

El análisis de varianza para la severidad (final) mostró un efecto significativo de los tratamientos sobre la variable severidad ($P < 0,05$) (Tabla 22-3).

Tabla 22-3: ANOVA de la severidad de los tratamientos de trigo evaluados

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	2154	5670	503,08	0,0001 **
Repetición	2	4	2	0,186	0,84 ns
Error	76	857	11		
Total	116				
CV %					86,96
Promedio	6,55				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

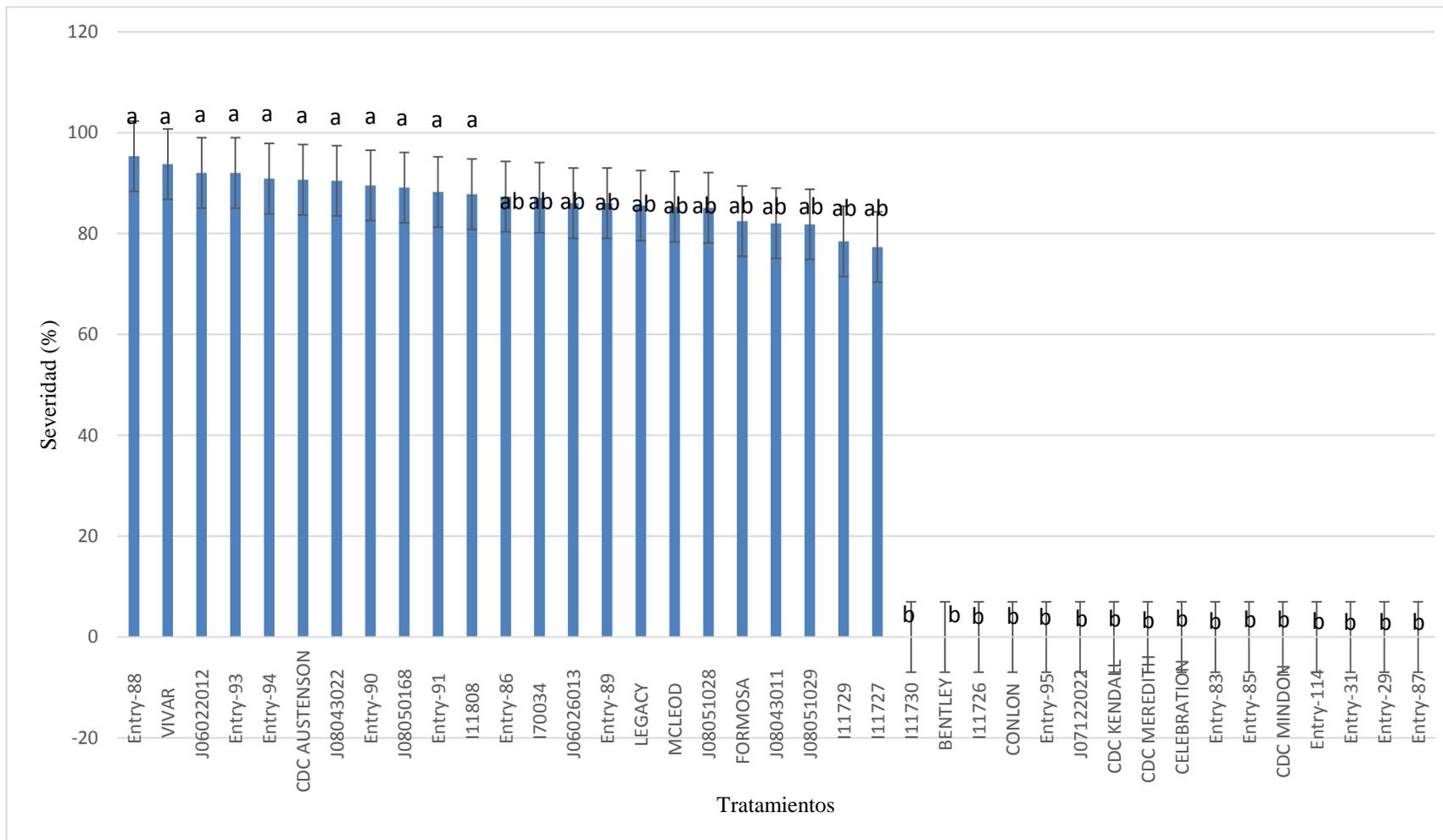


Gráfico 6-3. Promedios (%) de severidad de los tratamientos evaluados

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para la severidad final (136 dds) determino tres rangos de significancia entre los tratamientos, donde en el primer grupo (a) se ubicaron los tratamientos: Enty-94, I70034, Entry-86, I11808, Entry-91, J08050168, Entry-90, J08043022, CDC AUSTENSON, J06022012, Entry-93, VIVAR, Entry-88, con promedios 90,89%, 87,11%, 87,33%, 87,77%, 88,22%, 89,11% 89,56%, 90,44%, 90,67%, 92%, 92%, 93,78%, 95,35%, respectivamente siendo los tratamientos con la mayor expresión sintomatológica de infección relacionada a la roya amarilla del trigo, no obstante los tratamientos: I11727, I11729, J08051029, J0804311, FORMOSA, J08051028, MCLEOD, LEGACY, ENTRY-89 y J06062013 con promedios de 77,33%, 78,44%, 81,78%, 82%, 82,44%, 85,11%, 85,33%, 85,56%, 86%, 86%, respectivamente compartieron el mismo rango estableciendo medias promedio de infección altas a diferencia del último grupo significativo (b) que representa los tratamientos con el menor nivel de daño provocado por la enfermedad, (Gráfico 6-3); Anexo E.

Según Ponce-Molina et al (2019, p. 38), existen varios factores que afectan o promueven el desarrollo de las enfermedades, siendo los factores intrínsecos aquellos que tienen que ver con la constitución genética del germoplasma evaluado, es decir la presencia o no de genes de resistencia acompañadas de condiciones externas como temperatura, humedad ambiental, fotoperiodo, est. Por lo cual podemos diferenciar significativamente la resistencia que presenta cada tratamiento y la constitución genética de cada uno (Tabla 14-2).

Por lo cual, Rodríguez-García et al (2019, p. 2), menciona que aquellos 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.

Por lo cual los tratamientos Entry-85, CELEBRATION Y BENTLEY, que presentaron porcentajes de incidencia no presentan síntomas de infección para la evaluación de la severidad a nivel de la hoja bandera y esto se debe a la presencia de genes (RPA): Yr29 gen de resistencia planta adulta, Yr31 y Yr7, respectivamente cuya resistencia se hace más efectiva en la hoja bandera, manteniendo un porcentaje bajo de severidad.

Los tratamientos: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022 mostraron bajo porcentaje de severidad debido a la presencia genes: Yr7; Yr8; Yr9; Yr10, Yr31, Yr15, Yr44, Yr43, Yr44, Yr29 gen R de planta adulta, Yr18 (APR), Yr18, Yr24, YrSP, Yr5; reconocen las razas de royas presentes

condicionando la patogenicidad en el huésped manteniendo niveles bajos de severidad de la enfermedad y lo que provocó la resistencia a la roya amarilla durante todo el ciclo del cultivo.

3.5.1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la severidad

Tabla 23-3: ANOVA del área bajo la curva para el progreso de la enfermedad

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	424956984,60	11183078,54	73,53	0,0001 **
Repetición	2	700695,44	350347,72	2,30	0,1068 ns
Error	76	11555843,23	152050,57		
Total	116				
CV %					17,45
Promedio					2305,98

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Con relación al área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para la severidad, la expresión de los primeros síntomas asociados a la roya amarilla del trigo se manifestó a los 73 días en todos los tratamientos en donde el desarrollo de la enfermedad se dio gradualmente durante todo el ciclo y periodo de evaluación del cultivo. Los tratamientos: Entry-89, CDC AUSTENSON, Entry-93, Entry-86, J08050168, Entry-88, Entry-90, J08043022, Entry-94, LEGACY, mostraron mayor nivel de daño asociado a la roya amarilla del trigo con relación a los demás tratamientos, esto posiblemente estuvo relacionado a la no presencia de genes de resistencia capaces de reconocer a las razas de roya presentes y a su vez, los tratamientos: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022 alcanzaron un área bajo la curva de progreso de la enfermedad de 0, presentando el menor nivel de daño de la enfermedad (Gráfico 7-3)

Tabla 24-3: Promedios del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de los tratamientos de trigo

Tratamientos	Área bajo la curva	Grupos estadísticos
Entry-89	4531,66	a
CDC	4518	a
AUSTENSON	4362,66	a
Entry-93	4347	a
Entry-86	4319,33	a
J08050168	4255,33	a

Entry-88	4231,55	a
Entry-90	4219,33	a
J08043022	4178,33	a
Entry-94	4167,33	a
J080501029	4128,66	a
LEGACY	4089	ab
FORMOSA	3960,83	ab
VIVAR	3830,66	ab
MCLEOD	3830,66	ab
J08043011	3642,50	ab
I11727	3627,66	ab
I11808	3534,22	bc
Entry-91	3453,55	bc
J06022012	3325,45	bc
J08051028	3317,25	bc
I70034	3351,66	bc
J06026013	3322,50	bc
I11729	0,00	c
CELEBRATION	0,00	c
BENTLEY	0,00	c
Entry-85	0,00	c
Entry-83	0,00	c
CONLON	0,00	c
I11730	0,00	c
I11726	0,00	c
Entry-87	0,00	c
Entry-95	0,00	c
Entry-29	0,00	c
Entry-31	0,00	c
Entry-114	0,00	c
CDC KENDALL	0,00	c
CDC MEREDITH	0,00	c
CDC MINDON	0,00	c
J07122022	0,00	c

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para la variable del área bajo la curva del progreso de la enfermedad se identificó cuatro rangos de significancia entre los tratamientos. Así que, para el primer grupo

(a) con la mayor area estan los tratamientos: Entry-89, CDC AUSTENSON, Entry-93, Entry-86, J08050168, Entry-88, Entry-90, J08043022, Entry-94, LEGACY con promedios medios de; 4531,66; 4518; 4362,66; 4347; 4319,33; 4255,33; 4231,54; 4219,33; 4178,33; 4167,33; mostrando relación a los porcentajes de severidad de daño alcanzados por la enfermedad en cada tratamiento, mientras que los tratamientos BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726. I11730 y J07122022 con promedios de 0 comprarten el grupo (c), siendo los tratamientos que presentaron resistencia a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* al no manifestarse una severidad de daño cuantificable manteniendose en 0% a nivel de la hoja bandera. (Tabla 24-3).

Los tratamientos que mostraron el menor progreso de la enfermedad en comparación de los demás tratamientos, es probablemente por la constitución del germoplasma evaluado, los cuales pueden generar una reducción de la sintomatología asociada a la enfermedad y estos sean aquellos que condicionen su progreso infeccioso sobre el cultivo de trigo. A su vez, según Zhang et al., (2018, p. 662), mencionan la resistencia genética a menudo se rompe después de cambios en la virulencia del patógeno, lo que hace necesario identificar genes que solos o en combinación proporcionen resistencia de amplio espectro y lo cual ha desarrollado la generación de tres genes principales de resistencia a la roya Yr5; Yr7; YrSP, cada uno con una especificidad de reconocimiento de la enfermedad a nivel de campo.

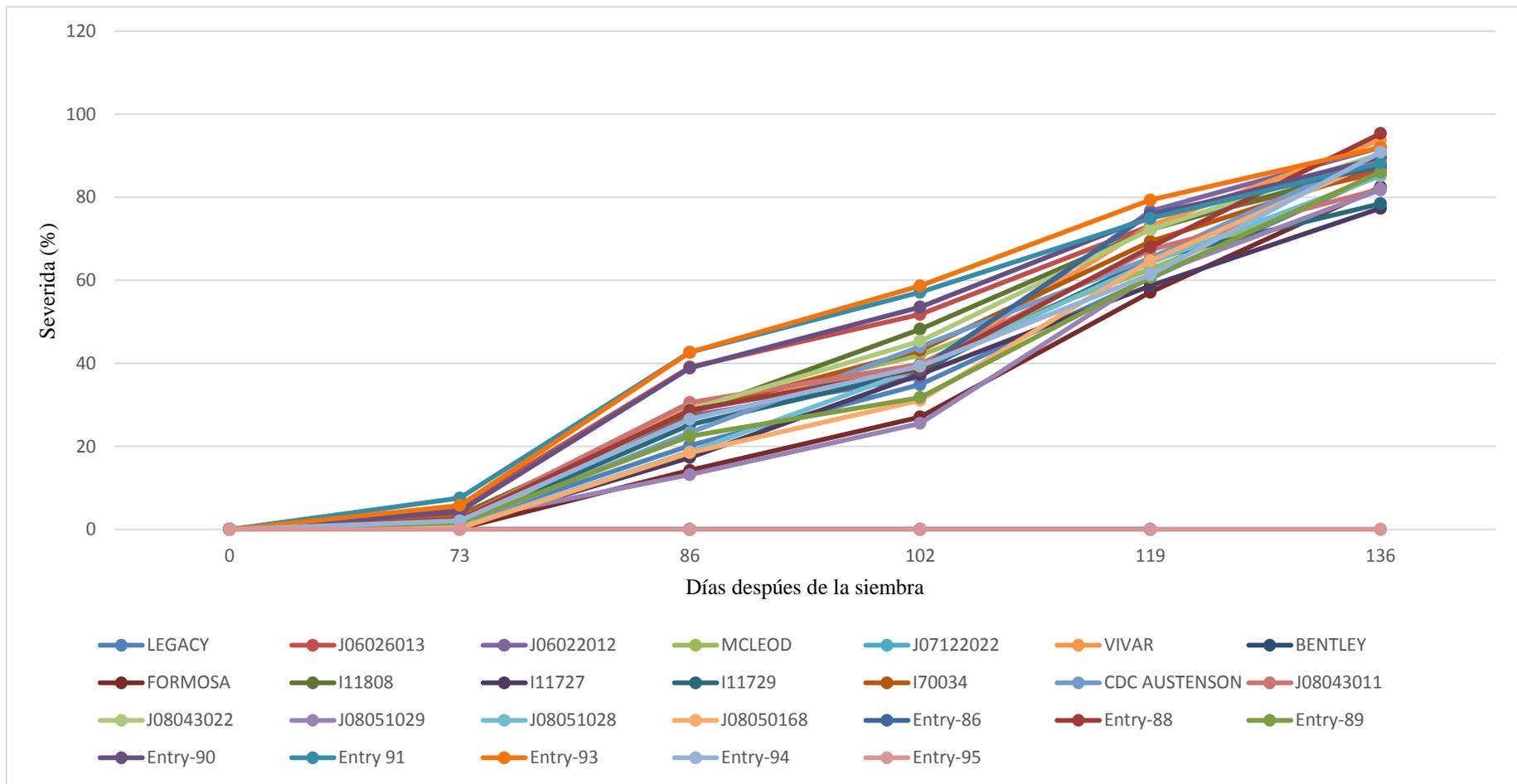


Gráfico 7-3. Curva del progreso de la enfermedad de los tratamientos de trigo frente a la roya amarilla *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

3.5.2 Tipo de reacción a roya amarilla



Figura 11-3. Tipo de reacción a roya. Ningún síntoma visible (a), clorosis visible sin presencia de uredios (b), Pequeñas uredios (c), Uredios de variados tamaños (d), Uredios de tamaño medio (e), Grandes uredios (f).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Ponce-Molina et al., (2019, p. 38), mencionan que otro de los parámetros evaluados en materiales resistentes principalmente a roya, es el tipo de reacción que tiene asociado el material genético en campo frente al ataque de patógenos, la cual dependiendo de su nivel de resistencia permite o no el desarrollo de la enfermedad.

Por lo cual se determinó distintos tipos de reacciones (Tabla 10-2), tomando en cuenta como principal criterio el porcentaje de incidencia, severidad, que mostró la enfermedad, a demás de la presencia de uredios sobre la superficie de la hoja, por lo cual los tratamientos : Entry-89, CDC AUSTENSON, Entry-93, Entry-86, J08050168, Entry-88, Entry-90, J08043022, Entry-94, LEGACY, VIVAR; mostraron una alta incidencia, severidad por lo cual se establecieron como las líneas de reacción susceptible (S), el tipo de reacción para los tratamientos: FORMOSA, MCLEOD, J08043011, I11727, I11808, Entry-91, J06022012, J08051028, I70034, J06026013, I11729, J080501029 fue (MS) de medianamente susceptible, otro tipo de reacción fue (MR) para los tratamientos Entry-85, CELEBRATION Y BENTLEY, debido a que presentaron sintomatología de la enfermedad durante el macollamiento, y el último grupo de reacción fue el grupo (R), dentro de este grupo se ubicaron los tratamientos Entry-83, CONLON, I11730, I11726, Entry-87, Entry-95, Entry-29, Entry-31, Entry-114, CDC KENDALL, CDC

MEREDITH, CDC MINDON y J07122022 al no darse la presencia de ningún síntoma visible durante la evaluaciones de la enfermedad a nivel de campo.

Así también, Ponce-Molina et al., (2020, pp. 40-42), mencionan que los distintos porcentajes de severidad e incidencia analizan la reacción que tengas los germoplasmas evaluados durante el apareamiento de la enfermedad de la roya amarilla así clasificando para estimados del 90-100% de severidad de la enfermedad a germoplasmas susceptibles, porcentaje del 60-80 % a germoplasmas medianamente susceptibles, del 20-30% germoplasmas medianamente resistentes y del 0-10% germoplasmas resistentes de acuerdo a los periodos de evaluación para cada variedad o línea indicadora de trigo.

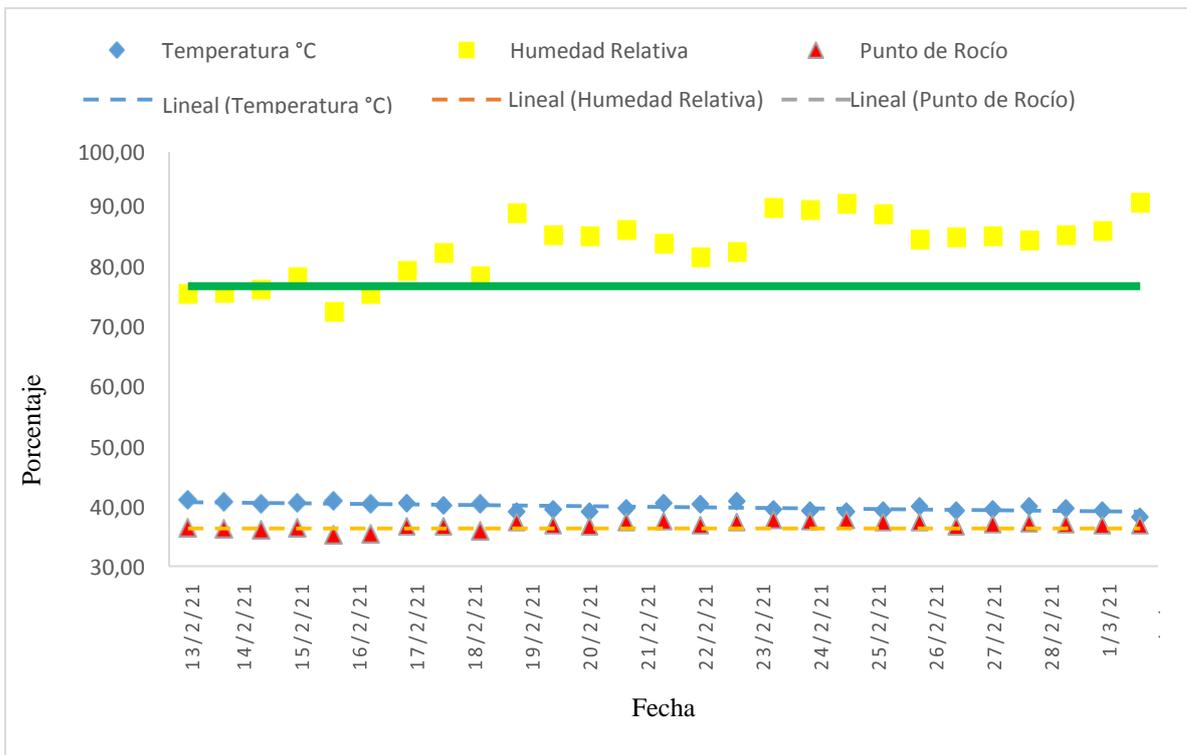


Gráfico 8-3. Condiciones climáticas de la Estacion Experimental Tunshi para el desarrollo de roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*)

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

El desarrollo de la roya amarilla se dio bajo condiciones climáticas de la zona, de esta manera se determinó la temperatura, humedad, punto de rocío, precipitaciones, etc., necesarias para su propagación, mediante la utilización de un sensor (hobo) el mismo que registro los datos necesarios para determinar al final en qué condiciones se dio la presencia de la roya amarilla en el cultivo de trigo.

Garófalo et al (2011, p. 14), menciona que la roya de la hoja *P.striiformis* f. sp. *tritici* necesita de condiciones climáticas favorables de temperatura con valores que oscilan entre los 15 y 20 °C,

asi 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. Lo cual coincide con los datos que obtuvimos, una temperatura mínima de 10 °C y una maxima de 17,3 °C, siendo un rango de temperatura adecuada para el desarrollo de la enfermedad.

De tal manera, según, Carmona, y Sautua, (2017, pp 6-7), mencionan que el rango de temperatura óptimo para una germinación de esporas oscila entre los 10-12 °C y de 7-15 °C para proceder a la infección, necesitando una relación de humedad de almenos de 3 horas con valores cercanos a la saturación.

3.6. Caracterización de la roya amarilla

Se recolectaron muestras a nivel de campo de hojas que presentaron signos y síntomas de la enfermedad de cada tratamiento y repetición para luego ser llevadas al Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.8.1. Medición de los uredios



Figura 12-3. Caracterización de los uredios. Selección de hojas de los tratamientos con signos y síntomas (a). Observación bajo el estereoscopio y microscopio (b). Tamaño de uredios (c)

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Se realizó su observación a nivel del estereoscopio para determinar la disposición en la que se encontraban los uredios, posteriormente se registró el tamaño de los uredios utilizando el microscopio óptico con el lente óptico de 4x y un ocular de calibración donde se realizaron mediciones de la longitud de un total de 10 uredios, por cada tratamiento, obteniendo un promedio del tamaño de los uredios presentados en cada tratamiento.

El tamaño de los uredios fue de 0,5 a 1 mm por pústula (Anexo F), al agruparse desarrollan series lineales estiradas y a largadas que pueden llegar a medir más de 10 cm a lo largo de la superficie de la hoja, generando áreas de tonalidades amarillentas.

Lo que concuerda con Almacellas y Sánchez (2015, p. 1), Los síntomas de roya amarilla se presentan en cualquier estado del cultivo mediante pústulas alargadas en el haz de la hoja de tamaño de 0,5 a 1 mm de longitud, aquellas rompen la cutícula para desprender las esporas. Por su parte según, Chen et al., (2010, p 435), las pústulas uredosoricas amarillentas/anaranjadas frecuentemente se encuentran dispuestas en estrías alargadas en hojas de planta adulta llegando a tamaños de hasta 0,8 mm.

3.8.2. Medición de las urediosporas

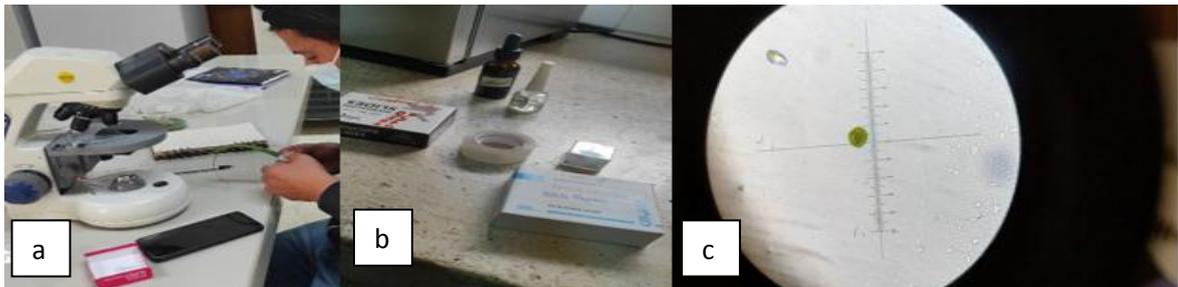


Figura 13-3. Caracterización de las urediosporas. Selección de los tratamientos con signos y síntomas (a). Preparación de placas con impregnación de esporas (b). urediosporas de *Puccinia striiformis* f. sp. tritici (c)

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Para la caracterización de las urediosporas se realizó el mismo procedimiento que con los uredios, tomando en cuenta 10 esporas por tratamiento obteniéndose dos medidas; el diámetro polar y diámetro ecuatorial, los cuales no presentaron diferencias ya que se las medias de cada tratamiento por esporas se encontraban en diámetros de de 20 - 26 x 17 - 26 μm , sobresaliendo una forma ovalada (Anexo G). Lo que concuerda con la Dirección General de Sanidad Vegetal (2020, p. 5), donde manifiesta que las urediosporas son elipsoidales a ovoides manteniendo diámetros que pueden ir desde los (16-)-18-30(-32) \times (15-)-17-27(-28) μm y que puede establecerse una media de 24,5 \times 21,6 μm , de color amarillo a naranja, con 6-18 poros germinales dispersos, requiriendo de temperaturas entre 7 a 12 $^{\circ}\text{C}$ para que puedan germinar rápidamente cuando hay humedad libre en la hoja.

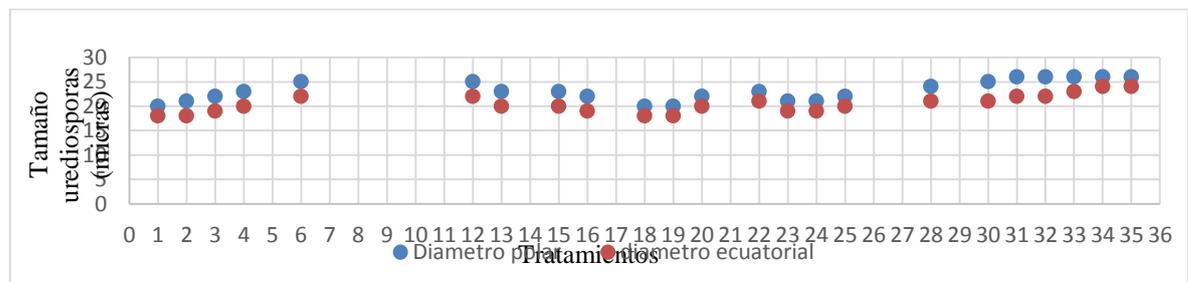


Gráfico 9-3. Tamaño urediosporas (micras) de *Puccinia striiformis* f. sp. tritici

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

3.7. Altura de Planta

El análisis de varianza para la altura de la planta al final de su desarrollo completo mostró significancia estadística para los factores de tratamientos que son evaluados ($P < 0,01$) (Tabla 25-3). Obteniéndose un promedio general 100 cm de altura.

Tabla 25-3: ANOVA de la variable altura de los tratamientos de trigo.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	25586,16	673,32	1193,19	0,0001 **
Repetición	2	2,39	1,19	2,12	0,1276 ^{ns}
Error	76	42,89	0,56		
Total	116				
CV %					0,74
Promedio	100,3				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para la altura de las plantas al final de su desarrollo completo (Gráfico 10-3), se identificó tres rangos de significancia estadística entre tratamientos. En el primer rango (a) con las mayores alturas se ubicaron a los tratamientos: Entry-29, Entry-95, Entry-114, Entry-31, con medias de 137 cm, 137cm, 136 cm y 136 cm de altura respectivamente, siendo estos tratamientos los que presenten mayor altura. En el segundo rango (b) se presentaron los tratamientos Entry-83, Entry-85, J08043022, J08051028, J08051029, J08050168 y Entry-86, con medias de 116 cm, 116 cm, 116 cm, 116cm, 115cm, 115cm. 114 cm de altura de planta respectivamente, y finalmente el rango (c) que comprende al resto de tratamientos con medias comprendidas entre los 91.53 cm y 93,83 cm de altura de las plantas al final de su desarrollo.

De acuerdo con la experimentación, el efecto estadístico de los tratamientos en relación con la altura de las plantas se deba a los diferentes factores de interacción que tuvo el cultivo con factores como: la disponibilidad de nutrientes, precipitación, condiciones climáticas, sequia, temperatura y factores genéticos, debido a que estos factores influyen en el crecimiento de las plantas al final del ciclo del cultivo Ponce-Molina et al., (2020, pp. 24-25). Al evaluar la altura de las plantas en general del cultivo se pudo observar que las características físicas de los tratamientos con alturas más altas eran distintas a las demás plantas con menor tamaño, esto puede deberse a la constitución genética de cada tratamiento, además de establecerse que los tratamientos de mayor altura correspondían a otra especie de cereal denominada "Triticale".

De acuerdo con, Bemhaja, M (1996, pp. 4-6), menciona que el triticales es el primer cereal de calor comercial creado por el hombre, resultado del cruzamiento entre el trigo y el centeno, cuyas características radican en el beneficio rendimiento al final del ciclo del cultivo, al poseer un rendimiento superior al trigo, es un cereal de apariencia similar al trigo, logrando alcanzar alturas de entre un metro y diez centímetros hasta un metro y medio.

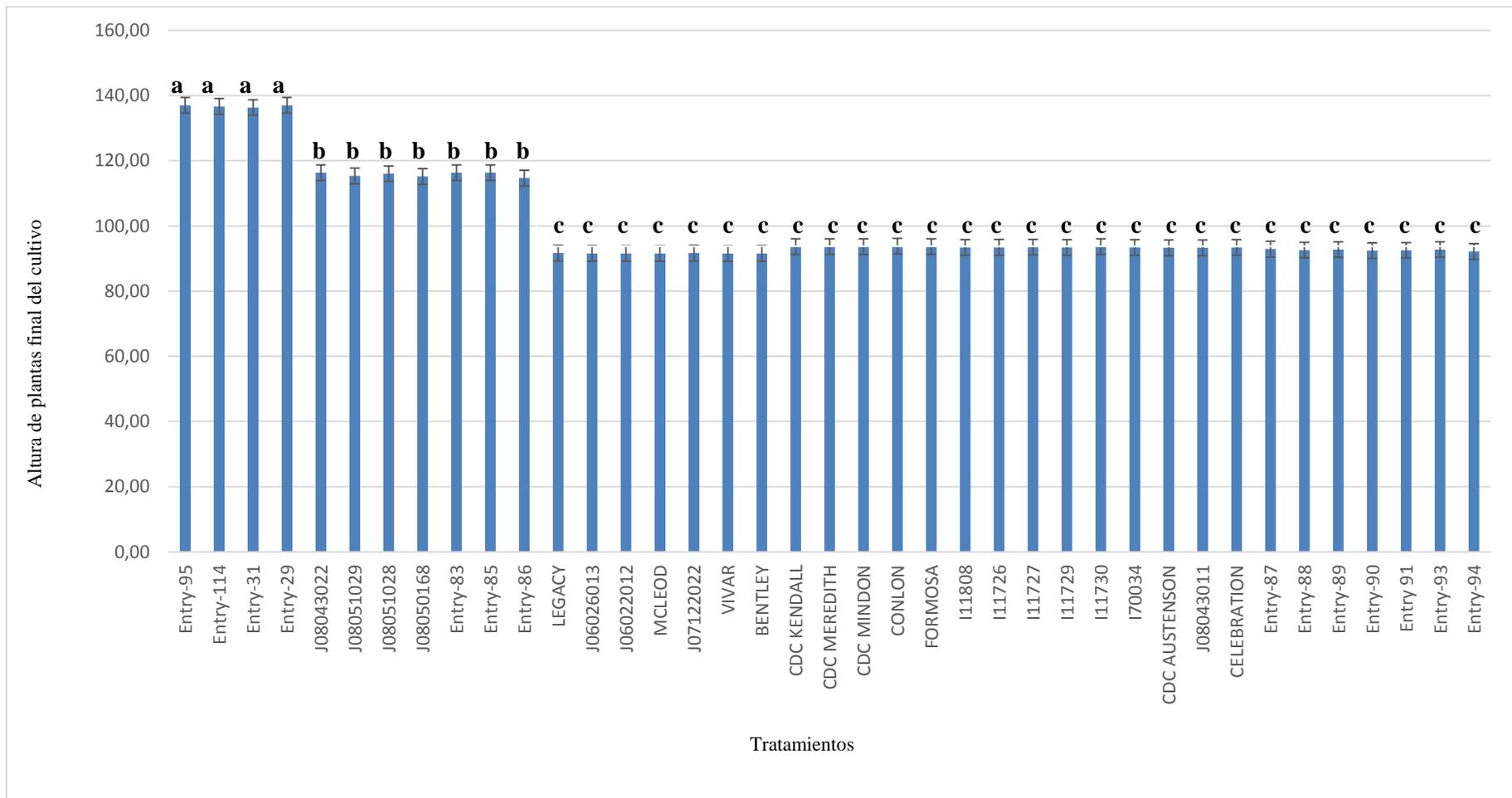


Gráfico 10-3. Altura de las plantas de los distintos tratamientos de trigo evaluados.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Lo cual concuerda con Moreno et al., (2001, pp 3-4), manifiestan que la altura final del trigo depende de la constitucion genetica y tambien de las condiciones ambientales pero por lo general, la altura del tallo oscila entre los 0,80 y 1,2 m.

Por su parte, Manangón (2012, pp. 71), manifiesta que cuando el cultivo alcanza la madurez fisiológica la altura de la planta se considera como una característica varietal que se potenciada por la fertilización nitrogenada, ya que en gran medida determina significativamente el rendimiento del cultivo. Por lo que, según INTA (2011, p. 15), las plantas de trigo se desarrollan normalmente cuando disponen de una cantidad adecuada de nutrientes, agua y factores climaticos.

3.8. Tamaño espiga

El análisis de varianza para el tamaño de las espigas de los distintos tratamientos de trigo durante el desarrollo del cultivo mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos que fueron evaluados ($P < 0,01$) (Tabla 26-3). Obteniéndose un promedio general de 8,29 cm de longitud.

Tabla 26-3: ANOVA de la variable del tamaño de espigas de los tratamientos de trigo.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	281,03	7,40	451,89	<0,0001 **
Repetición	2	0,02	0,01	0,65	0,526 ^{ns}
Error	76	1,24	0,02		
Total	116				
CV %					1,54
Promedio	8,29				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para esta variable (Gráfico 11-3), estableció 3 rangos de significancia estadística entre tratamientos. En el primer rango (a) con los mayores tamaños en longitud de espigas se ubicaron a los tratamientos Entry-29, Entry-95, Entry-114 y Entry-31, con medias de 12,83 cm, 12,83 cm, 12,93 cm y 12,70 cm de longitud respectivamente, siendo estos tratamientos los que presentaron mayor longitud de las espigas, mientras que en el grupo (b), se encuentran los tratamientos con el menor tamaño en longitud de espigas los cuales fueron, Entry-90, Entry-93, Entry-88, Entry-91, Entry-89 y Entry-94, con valores medios de 7,30 cm, 7,30 cm, 7,31 cm, 7,32 cm, 7,33 cm y 7,33 cm de longitud respectivamente. Donde los demás tratamientos tuvieron valores medios y rangos intermedios (Anexo J).

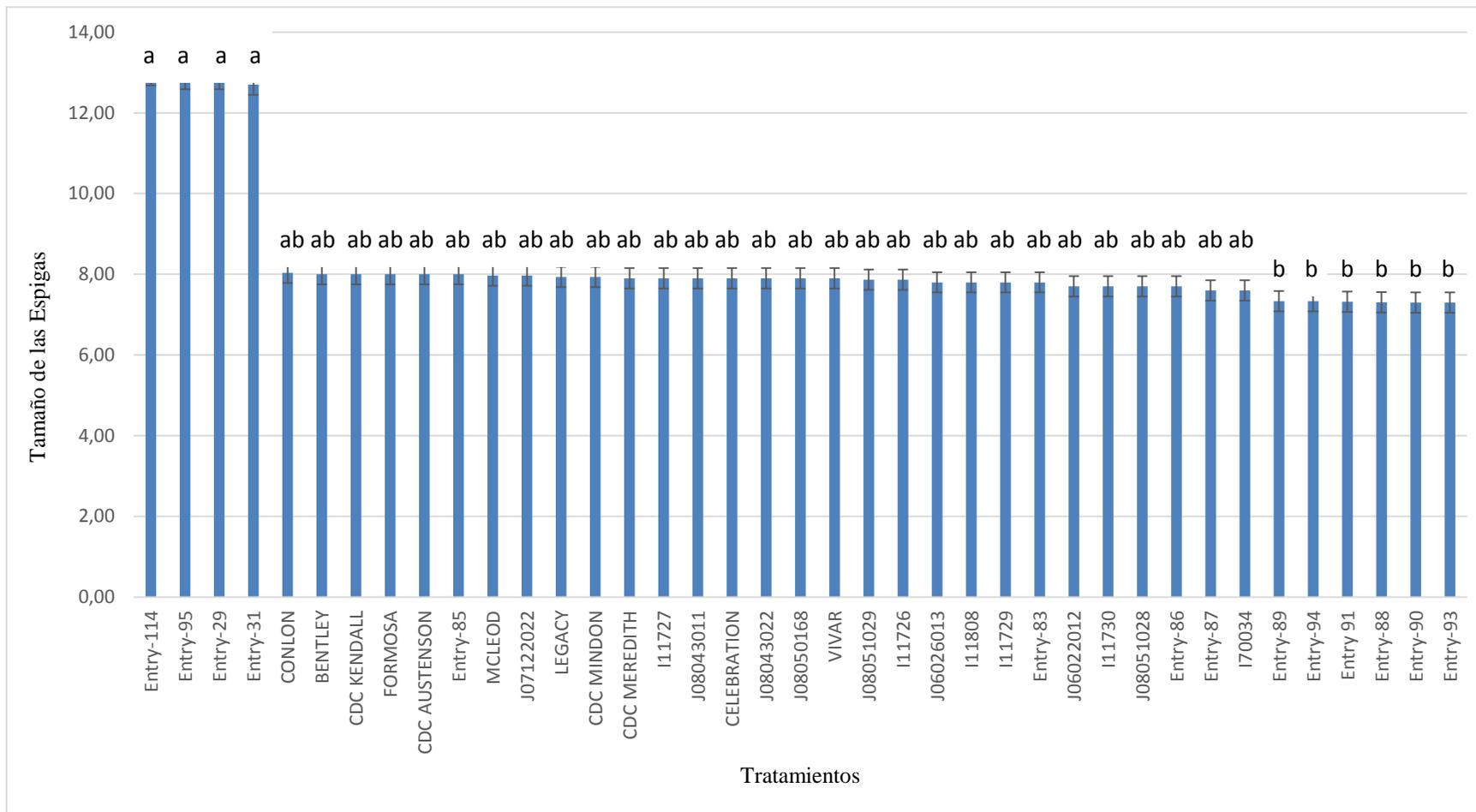


Gráfico 11-3. Tamaño de las espigas de los distintos tratamientos de trigo evaluados.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

De acuerdo a la experimentación, el efecto estadístico de los tratamientos en relación al tamaño de las espigas de las plantas pueda deberse a los diferentes factores de interacción que tuvo el cultivo: la disponibilidad de nutrientes, precipitación, condiciones climáticas, sequia, temperatura y factores genéticos, debido a que estos factores influyen en el crecimiento de las plantas e influirán significativamente en el tamaño que lleguen a tener las espigas durante el desarrollo del cultivo Ponce-Molina et al., (2020, p. 28). Al evaluar de manera visual las espigas de las plantas en general del cultivo se pudo observar que las características físicas de los tratamientos con espigas más largas eran distintas considerablemente a las espigas con menor tamaño, esto puede deberse a la constitución genética de cada tratamiento, además de establecerse que los tratamientos de mayor tamaño de espigas correspondían a otra especie de cereal denominada "Triticale", Bemhaja, M (1996, pp. 4-6), indica que la espiga se encuentra inclinada desde el espigamiento hasta la madurez alcanzando una longitud promedio de hasta 14 cm.

Lo cual concuerda con Coronel, A (1989); citado en Janeta, (2011., pp 47), se menciona que la diferencia del tamaño de la espiga llega a ser una característica propia de cada cultivar, sin embargo, además se considera la influencia de distintos factores externos ambientales como la precipitación, humedad o población de plantas. Por lo cual se puede reflejarse la diferencia de tamaños que alcanzan las espigas de los distintos cultivares durante todo el desarrollo del cultivo.

Sin embargo, Monar et al., (2012); citado en Manangón, (2014., pp 70), por su parte, manifiesta que la longitud de la espiga es un carácter varietal relacionado con la eficiencia fisiológica del cultivar para asimilar la fertilización nitrogenada, pues este elemento estimula el crecimiento vegetativo en la fase de espigado. La eficiencia agronómica con la que las plantas utilizan el nitrógeno entonces depende de la disponibilidad de agua, las características de las especies o cultivares y la disponibilidad que lleguen a tener las fuentes de nitrógeno.

3.9. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para el número de granos por espigas de los distintos tratamientos de trigo durante el desarrollo del cultivo mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos que fueron evaluados ($P < 0,01$) (Tabla 27-3). La media en promedio general fue de 34,68 granos/espiga.

Tabla 27-3: ANOVA de la variable de número de granos/espiga de los tratamientos de trigo.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	6487,33	170,72	8,10	0,0001 **
Repetición	2	47,44	23,72	1,13	0,329ns

Error	76	1601,23	21,07
<u>Total</u>	<u>116</u>		
CV %			13,24
Promedio	34,67		

Diferencias significativas *(p< 0,05), diferencias altamente significativas **(p<0,01), ns: no significativo (p>0,05).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para el número de granos por espiga (Gráfico 12-3), estableció 4 rangos de significancia estadística entre tratamientos (Anexo L). En el primer rango (a) con los mayores valores de granos/espigas se ubicaron a los tratamientos Entry-29, Entry-95, Entry-114 y Entry-31, con medias de 48,33 granos/espiga, 48,67 granos/espiga, 48,33 granos/espigas y 48,67 granos/espiga respectivamente, siendo estos tratamientos los que presentaron mayor cantidad de granos de las espigas, mientras que en el grupo (c), se encontraron los tratamientos con el menor número de granos/espigas los cuales son, Entry-86, Entry-94 y Entry-90, con valores medios de 18,33; 18,33 y 18,67 granos/espiga respectivamente. Los demás tratamientos tuvieron valores medios y rangos intermedios.

De acuerdo a la experimentación, el efecto estadístico de los tratamientos en relación al número granos contenidos en las espigas de las plantas podría estar relacionado a los diferentes factores de interacción que tuvo el cultivo con factores como: la disponibilidad de nutrientes, precipitación, condiciones climáticas, sequia, temperatura y factores genéticos, debido a que estos factores influyen en el crecimiento de las plantas e influirán significativamente en el llenado de granos que puede llegar a tener las espigas durante el desarrollo del cultivo Ponce-Molina et al., (2020, p. 29). Al evaluar de manera visual las espigas de las plantas en general del cultivo se pudo observar que las características físicas de los tratamientos con espigas más largas eran distintas considerablemente a las espigas con menor tamaño esto puede deberse a la constitución genética de cada tratamiento Ponce-Molina et al., (2020, p. 28), además de establecerse que los tratamientos de mayor tamaño de espigas correspondían a otra especie de cereal denominada "Triticale", además de la presencia de residuos de ceniza sufrida en el mes de abril considerándose para algunos tratamientos directo responsable en la poca cantidad de granos/espiga al final del ciclo del cultivo.

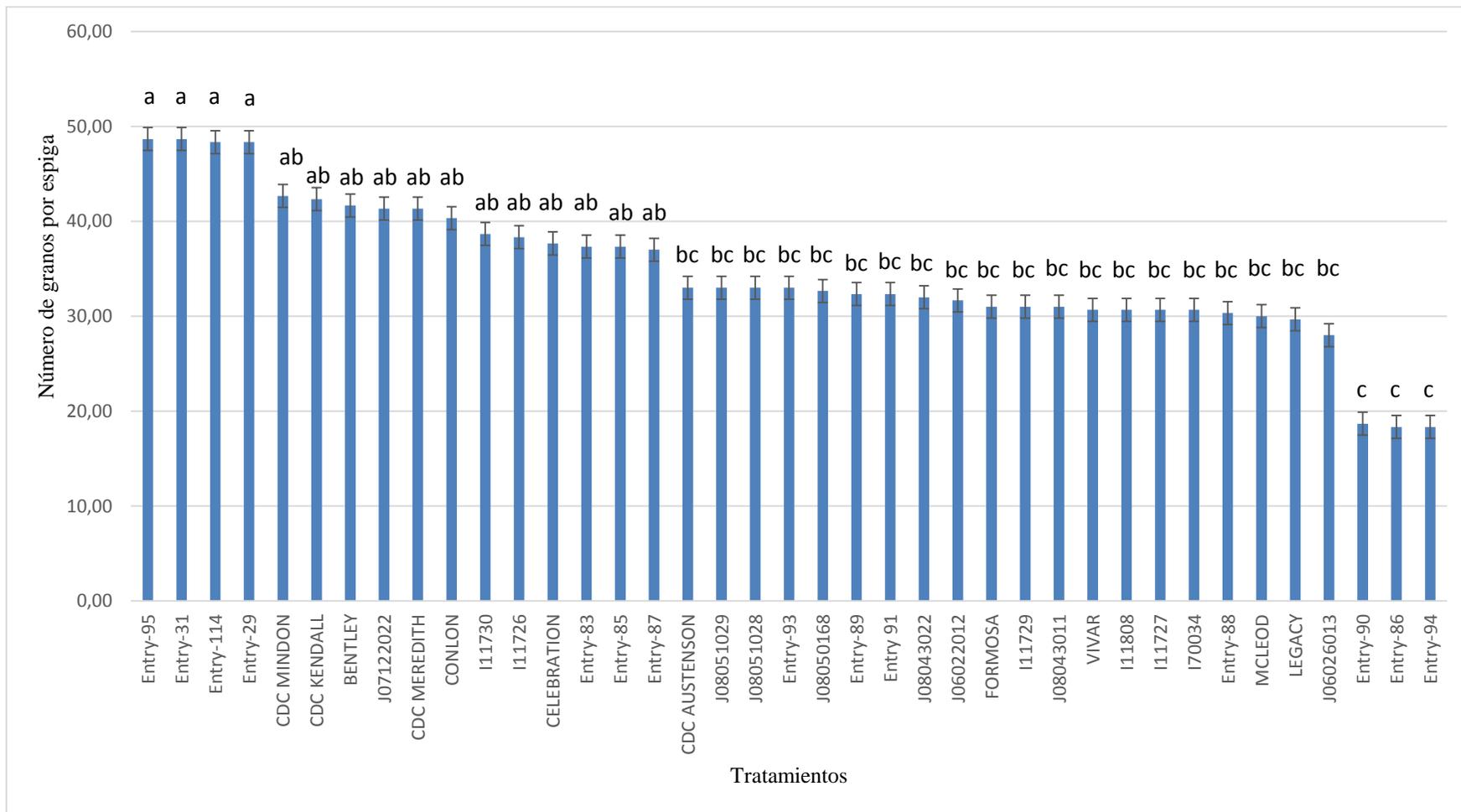


Gráfico 12-3. Número de granos por espiga de los distintos tratamientos de trigo evaluados.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Por lo cual según el CIMMYT (2010), señala que normalmente una espiga de trigo posee entre 35 a 50 granos, demostrando que la longitud de la espiga que se desarrolla de mejor manera contiene un mayor número de espiguillas y granos por espiga. Por lo que, según Juárez (2012, pp. 1-2), menciona que el número de granos por espigas se conformará en función del número de espiguillas por espigas (definido entre el estado de doble lomo y la aparición de la espiguilla terminal).

Lo que concuerda con lo mencionado por Coronel, A. (1989); citado en Janeta, (2011., pp 47), ya que el número de granos es una consecuencia del número de florecillas fertilizadas y es una característica hereditaria; además de la cantidad de fuentes nitrogenadas aplicadas al cultivo, la presencia de plagas y enfermedades. Para lo cual en ciertos tratamientos además de la presencia de roya amarilla, se dio la presencia del carbón volador (*Ustilago* spp.), y según Garófalo et al., (2011, pp. 15-16), el carbón volador provoca que la espiga sea reemplazada (excepto el raquis) por masas de esporas del carbón y no se de un buen llenado de grano de trigo, para lo cual se establece que la mejor forma de controlar el carbón es mediante una adecuada desinfección de la semilla antes de la siembra.

3.10. Tipo y color de grano

El análisis de varianza para el tipo y color de granos cosechados de los distintos tratamientos de trigo al final del ciclo del cultivo presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos que fueron evaluados ($P < 0,01$) (Tabla 28-3) tomando en cuenta las características descritas en la Tabla 11-2. La media del tamaño de los granos fue en promedio general de 2,23 dando las características de granos medianos/buenos. Ponce-Molina et al., (2020, pp. 34-35).

Tabla 28-3: ANOVA de la variable del tipo de los granos (tamaños) de los tratamientos de trigo.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	33,64	0,89	7,90	0,0001 **
Repetición	2	0,15	0,08	0,69	0,506 ns
Error	76	8,51	0,11		
Total	116				
CV %					14,83
Promedio	2,23				

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para esta variable (Gráfico 13-3), estableció 3 rangos de significancia estadística entre tratamientos (Tabla 29-3). En el primer rango (a) con los mayores valores y

características de calidad se ubicaron a los tratamientos: Entry-87, J07122022, Entry-83, CELEBRATION, CDC MINDON, I11730, BENTLEY, I11726, Entry-114, CONLON, CDC KENDALL, Entry-29, Entry-95, CDCD MEREDITH, Entry-85 y Entry-31, con medias de rangos de calidad en escala de 2,67 mm para los ocho primeros tratamientos y una media de calidad de 3 mm para los 8 tratamientos restantes respectivos, lo cual establece una calidad de grano grande, grueso, bien formado; a diferencia de los tratamientos establecidos en el rango (c), los cuales fueron: Entry-89, Entry-90, Entry-93, Entry-94 y Entry-91, con valores medios de rangos de calidad en escala de 1, 33 mm para todos estos tratamientos respectivamente, estableciendo una calidad de grano pequeño y delgado Ponce-Molina et al., (2020, pp. 34-35). Los demás tratamientos tuvieron valores medios y rangos intermedios.

En relación con la experimentación, el efecto estadístico de los tratamientos con relación al tipo de granos contenidos en las espigas de las plantas se ve influenciado por factores de interacción que tuvo el cultivo con factores como: la disponibilidad de nutrientes, precipitación, condiciones climáticas, sequía, temperatura, factores genéticos y por la incidencia de enfermedades que afectan a la espiga Ponce-Molina et al., (2020, p. 35). Al evaluar de manera visual los granos cosechados en general del cultivo se pudo observar las características físicas de cómo es el tipo del grano y el color que adquieren los distintos tratamientos así podemos establecer los distintos rangos alcanzados (Tabla 29-3).

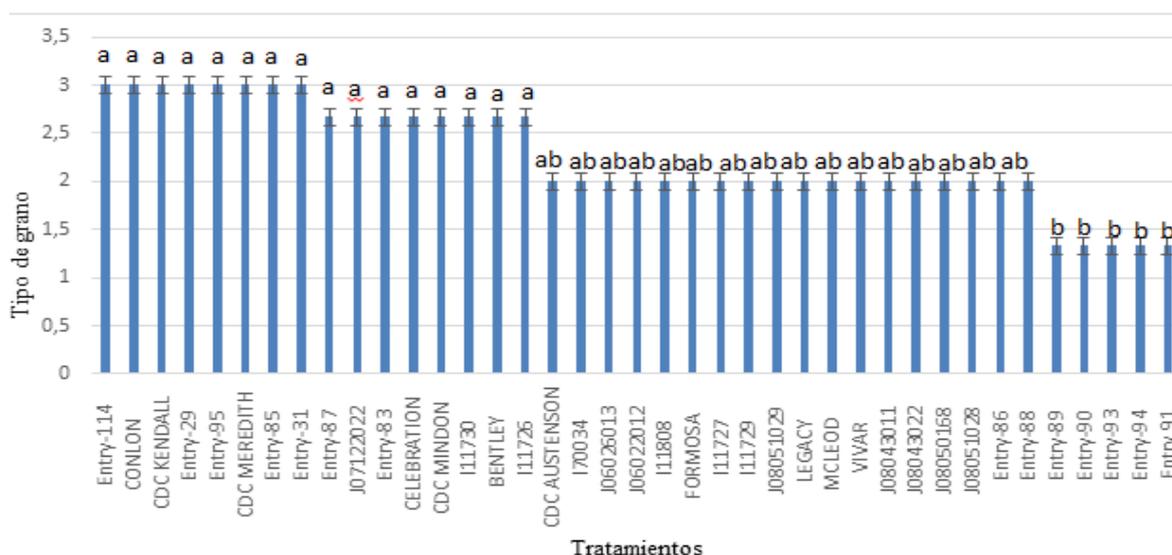


Gráfico 13-3. Tipo de grano (tamaño) de los distintos tratamientos de trigo evaluados.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Tabla 29-3: Características del tipo y color de grano

Tratamientos	Tipo grano	Color
LEGACY	2,00 (ab)	B
J06026013	2,00 (ab)	B
J06022012	2,00 (ab)	B
MCLEOD	2,00 (ab)	B
J07122022	2,67 (a)	B
VIVAR	2,00 (ab)	B
BENTLEY	2,67 (a)	B
CDC KENDALL	3,00 (a)	B
CDC MEREDITH	3,00 (a)	B
CDC MINDON	2,67 (a)	B
CONLON	3,00 (a)	B
FORMOSA	2,00 (ab)	B
I11808	2,00 (ab)	B
I11726	2,67 (a)	B
I11727	2,00 (ab)	B
I11729	2,00 (ab)	B
I11730	2,67 (a)	B
I70034	2,00 (ab)	B
CDC AUSTENSON	2,00 (ab)	B
J08043011	2,00 (ab)	B
CELEBRATION	2,67 (a)	B
J08043022	2,00 (ab)	R
J08051029	2,00 (ab)	R
J08051028	2,00 (ab)	B
J08050168	2,00 (ab)	B
Entry-83	2,67 (a)	B
Entry-85	3,00 (a)	B
Entry-86	2,00 (ab)	B
Entry-87	2,67 (a)	B
Entry-88	2,00 (ab)	B
Entry-89	1,33 (b)	R
Entry-90	1,33 (b)	R
Entry 91	1,33 (b)	R
Entry-93	1,33 (b)	R
Entry-94	1,33 (b)	R
Entry-95	3,00 (b)	B
Entry-114	3,00 (b)	B
Entry-31	3,00 (a)	B
Entry-29	3,00 (a)	B

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas la prueba de Tukey al 5%

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

Al respecto Castro et al., (2011, p. 21) mencionan que la calidad, tamaño y forma que los granos de trigo puedan llegar a tener depende de los genotipos y del ambiente donde se desarrolla, además la influencia que tenga la presencia de enfermedades combinada con temperaturas altas durante los días previos a la floración y durante el desarrollo floral puede provocar que los granos lleguen a tener un peso ligero, una forma pequeña y chupada afectando de manera significativa el rendimiento. Por otra parte se establece una diferencia entre el color que pueda llegar a tener

el grano al final del ciclo del cultivo una vez que se encuentre seco se pueda dar en relación a los contenidos proteicos que lleguen a alcanzar de esta manera según, Integrain (2020: pp. 9-10). El trigo duro rojo tiene un alto contenido de proteínas, mientras que el trigo duro blanco tiene un contenido moderado de proteínas.

3.11. Peso del trigo

El análisis de varianza para la variable del peso de los granos cosechados de los distintos tratamientos de trigo al final del ciclo del cultivo presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos que fueron evaluados ($P < 0,01$) (Tabla 30-3). La media del peso en promedio general fue de 92,91 gramos.

Tabla 30-3: ANOVA de la variable del peso de los granos de los tratamientos de trigo.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	38	209776,2	5520,43	21,12	0,0001 **
Repetición	2	61,96	30,98	0,12	0,506 ns
Error	76	19867,28	261,41		
Total	116				
CV %					17,40
Promedio		92,91			

Diferencias significativas *($p < 0,05$), diferencias altamente significativas **($p < 0,01$), ns: no significativo ($p > 0,05$).

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

La prueba de Tukey al 5% para esta variable (Gráfico 14-3), estableció 5 rangos de significancia estadística entre tratamientos (Anexo O). En el primer rango (a) con los mayores valores del peso en gramos de los granos de trigo se ubican los tratamientos: I11726, J07122022, CDC MEREDITH, Entry-31, Entry-114, I11730, Entry-87, Entry-85, BENTLEY, Entry-29, CELEBRATION, CDC MINDON, con medias de rangos de: 162,52; 154,39; 154,22; 146,98; 146,93; 146,14; 143,84; 143,67; 143,46; 141,92; 141,84; 141,57 gramos respectivamente, en el último rango (d) se posicionan los tratamientos con menor cantidad de gramos estos son: Entry-94, J8043022, Entry-90, Entry-86, obteniéndose valores medios de: 7,61; 19,43; 23,37; 29,39 gramos respectivamente.

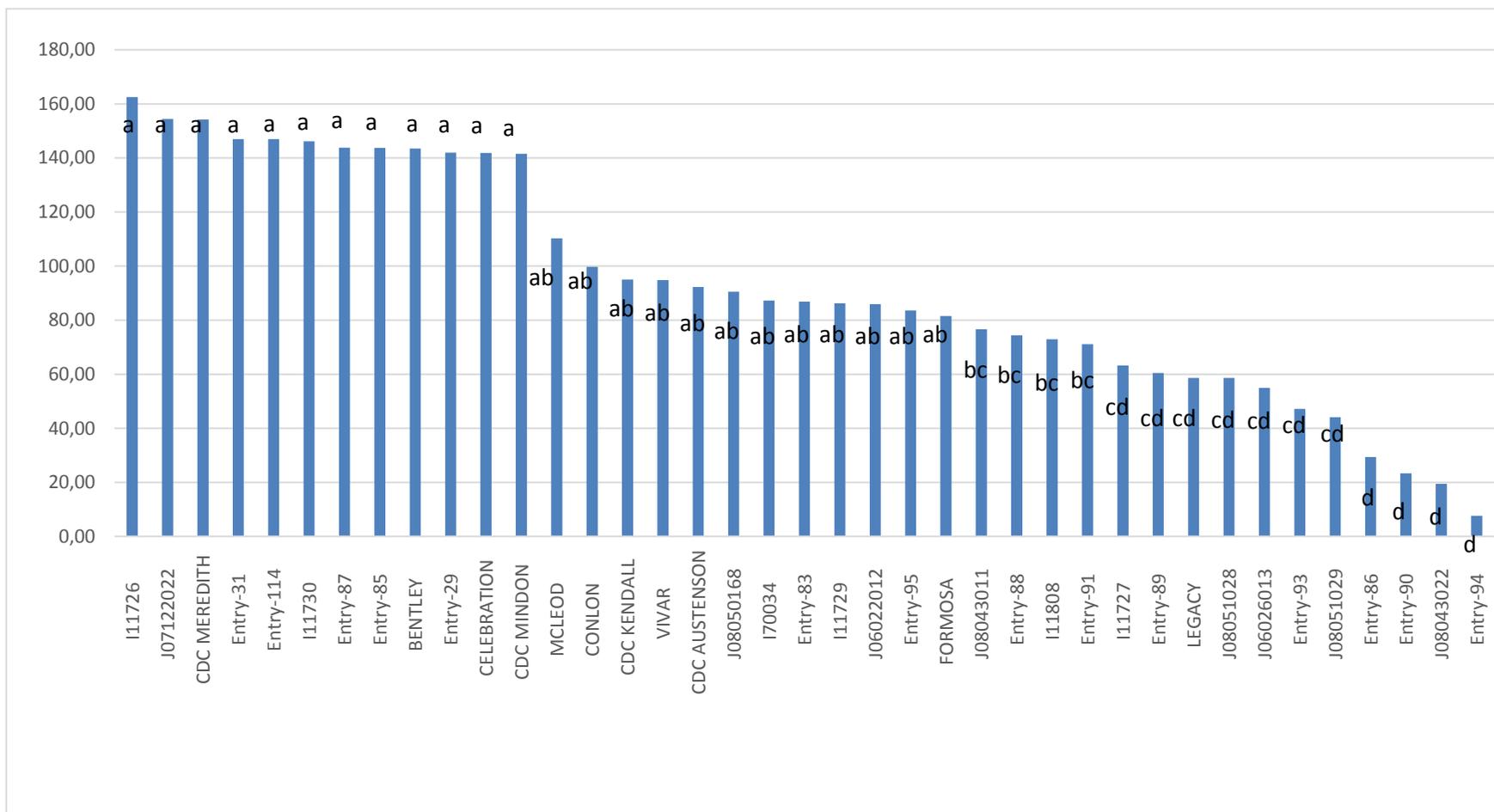


Gráfico 14-3. Peso en gramos de los granos cosechados de los distintos tratamientos de trigo evaluados.

Realizado por: Riofrio, Alexis., 2022

En relación con la experimentación, el efecto estadístico de los tratamientos con relación al peso de los granos cosechados de granos se ve influenciado por factores de interacción que tuvo el cultivo con factores como: el porcentaje de la humedad del grano, tamaño del desarrollo del grano, y por las condiciones reinantes del suelo y clima Ponce-Molina et al., (2020, pp. 32-33), durante el desarrollo del cultivo observándose una diferencia de pesos de mayor a menor, por lo cual, según Hewstone (1988, pp. 31-33), manifiesta que el peso del grano es un importante componente que puede llegar a tener el rendimiento pero este estará dependiente de las condiciones ambientales en fase de llenado del grano, esto puede estar reflejado y relacionarse de mejor manera a condiciones climáticas adecuadas mediante altos niveles de precipitación.

Desde el punto de vista de la producción de semillas, la variable del peso de los granos cosechados representa una característica utilizada para informar el tamaño y el peso de la semilla puesto que permite calcular dosis y densidades de semilla para posterior siembra mecanizada Velásquez et al, (2008, p. 1). Por lo que según, Coronel, A. 1989; citado en Janeta (2011., p 51), indica que las variaciones en el peso de las semillas que puede llegar a tener el trigo dependerá primordialmente del potencial genético que puede llegar a tener todas las variedades, las adaptaciones a las zonas de siembra y el tiempo oportuno de cosecha.

Discusión general

La roya amarilla tiene la capacidad de producir pérdidas en el rendimiento de hasta el 100%, cuando los cultivares infectados son susceptibles desde etapas tempranas, acompañada de las condiciones ambientales, el desarrollo de nuevas razas el patógeno y el nivel susceptible de las distintas variedades, (Roelfs et al., 1992: pp. 10-12), las pérdidas en el rendimiento de manera general se debe a la falta del llenado del grano cuando ataca principalmente a los procesos fotosintéticos de la hoja bandera, además cuando la enfermedad se presenta en el embuche, puede disminuir el número de macollos (Roelfs et al., 1992: p. 12)

Dentro de los resultados podemos determinar se obtuvieron resultados de severidad en porcentajes altos para ciertas líneas indicadoras que son: Enty-94, I70034, Entry-86, I11808, Entry-91, J08050168, Entry-90, J08043022, CDC AUSTENSON, J06022012, Entry-93, VIVAR, Entry-88, con promedios establecidos entre 90,89%-95,35%, con mayor susceptibilidad a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* al, esto puede darse debido a que los genes constitutivos: Yr1, Yr2, Yr6, Yr17, Yr26, Yr27, Yr32, Yr28, Yr29(APR), Yr30, Yr36, YrPr1, Yr26/YrUnk, y algunos genes desconocidos no presentaron un nivel de resistencia adecuada al desarrollo de la enfermedad, debido a que son genes que en las últimas décadas han sido reportados en epidemias en cualquier región del mundo debido a la evolución continua del patógeno (Ali et al., 2017: pp. 15-17).

También se estableció la presencia de líneas indicadoras resistentes: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022 ya que presentaron el porcentaje más bajo de severidad (0%), adoptando una reacción resistente a la enfermedad respectivamente, así se concluyó que la constitución genética de estas líneas presenta genes: Yr7, Yr8, Yr9, Yr10, Yr31, Yr15, Yr44, Yr44, Yr43, Yr18(ARP), Yr29 gen R planta adulta, Yr18, Yr24, YrSP, Yr5, resistentes a las distintas razas de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Se han identificado 78 genes (Yr) de resistencia a distintas razas e roya amarilla, algunos de ellos son de raza específica: Yr5, Yr15, a excepción de: Yr18, Yr29, Yr 46, Yr31, Yr24, dependiendo de la continua evolución del patógeno mostrando resistencia durante etapas fenológicas específicas del cultivo y según la zona de producción (Valdez, 2020, pp. 19-22).

El control genético en la actualidad es considerado como una estrategia que presenta varios beneficios ante el ataque del patógenos generando tolerancia o inmunidad, para lo cual ciertos estudios han generado la obtención de genes de resistencia a la enfermedad (INIAP, 2013, p. 3), buscando de tal manera genes de resistencia específica (gen por gen) de niveles altos desde la etapa de plántulas hasta las etapas adultas, para lograr controlar la roya amarilla a nivel global (Valdez, 2020, p 24).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos para las variables de severidad (%), incidencia (%) y el ABCPE; se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

1. Se evaluaron treinta y nueve líneas de trigo con diferente germoplasma constitutivo provenientes de Canadá, de acuerdo con la experimentación se logró determinar el porcentaje de severidad alcanzado por las líneas de trigo evaluadas en relación con las principales enfermedades, se demostró que la enfermedad con mayor incidencia fue la roya amarilla, obteniéndose promedios de severidad del 90 - 95% para los tratamientos: Entry-94, I70034, Entry-86, I11808, Entry-91, J08050168, Entry-90, J08043022, CDC AUSTENSON, J06022012, Entry-93, VIVAR, Entry-88, siendo porcentajes altos lo cual provocó una considerable afectación en el desarrollo general de cada tratamiento, tomando en cuenta que los genes Yr de algunas líneas son desconocidos y los otros genes Yr no presentaron resistencia a las poblaciones de *P. striiformis* presentes durante el ensayo. Mientras que los tratamientos: BENTLEY, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON, CELEBRATION, CONLON, Entry-114, Entry-29, Entry-31, Entry-83, Entry-85, Entry-87, Entry-95, I11726, I11730 y J07122022 los cuales presentan genes: Yr7; Yr8; Yr9; Yr10, Yr31, Yr15, Yr44, Yr43, Yr44, Yr29 gen R de planta adulta, Yr18 (APR), Yr18, Yr24 y YrSP; respectivamente que han sido adecuados al presentar resistencia a las diferentes razas de *P. striiformis* presentes durante el ensayo, manteniendo un porcentaje de 0% de severidad durante el ciclo del cultivo.
2. Por medio del ABCPE se pudo establecer que ninguna de las líneas mostro una resistencia parcial a *P. striiformis*. Debido a que los valores de ABCPE no presentaron niveles intermedios o bajos de severidad.
3. Mediante la reacción a *P. striiformis* se obtuvieron: 11 líneas indicadoras (S) susceptibles: Entry-89, CDC AUSTENSON, Entry-93, Entry-86, J08050168, Entry-88, Entry-90, J08043022, Entry-94, LEGACY, VIVAR; 12 líneas isogénicas de trigo (MS): FORMOSA, MCLEOD, J08043011, I11727, I11808, Entry-91, J06022012, J08051028, I70034, J06026013, I11729, J080501029; 3 líneas isogénicas (MR): Entry-85, CELEBRATION, BENTLEY; al final se determinó 9 líneas isogénicas de trigo: : Entry-83, CONLON, I11730, I11726, Entry-87, CDC KENDALL, CDC MEREDITH, CDC MINDON y J07122022; y 4 líneas isogénicas de Triticale: Entry-95, Entry-29, Entry-31, Entry-114, (R) que llegaron a ser resistentes.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con los procesos de evaluación de las líneas indicadoras de trigo usadas en el presente estudio en diferentes localidades de la provincia de Chimborazo para monitorear la eficacia de los diferentes genes de resistencia y así poder recomendar cuales genes se pueden utilizar todavía en procesos de mejoramiento.
2. Continuar con estudios de la época de siembra, densidad de siembra, condiciones de riego y dosis de fertilización de las diferentes líneas indicadoras de trigo para determinar las mejores condiciones de desarrollo de estas.
3. Repetir el ensayo para validar los resultados experimentales en la zona de estudio en diferentes épocas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abióticos: son los elementos del ecosistema que no tienen vida pero necesitamos para vivir como lo es el agua, el oxígeno, temperatura, y la luz solar (Madrid, 2018, p.1)

Agricultura sustentable: aquellos sistemas de producción que permiten obtener alimentos de forma saludable, semillas de calidad, económicamente viable y aceptable, buscando preservar el potencial de los recursos productivos sin alterar la calidad del suelo (Asamblea del Ecuador, 2017).

Áreas erosionadas: zonas con poca cobertura vegetal, pastizales, matorrales o bosques muy abiertos. El suelo mineral está muy expuesto, en estas partes el material parental (rocas) se encuentran parcialmente expuesto (Buendía-Rodríguez et al., p. 1)

Aurícula: son apéndices que se proyectan como prolongaciones de la lámina, a través de un plano horizontal imaginario, circundando el tallo, en el caso del trigo las aurículas son cortas y se entrecruzan ligeramente (Pontificia Universidad de Chile, 2015, pp. 1-2)

Bióticos: son los organismos que vivos que interactúan con otros organismos, refiriéndose a la flora y la fauna así también las interacciones con otros organismos vivos o seres vivos de un ecosistema (Madrid, 2018, p 1).

Canasta básica familiar: La Canasta Familiar Básica (CFB) es un conjunto de bienes y servicios que son imprescindibles para satisfacer las necesidades básicas del hogar tipo compuesto por 4 miembros con 1,6 perceptores de ingresos, que ganan la remuneración básica (INEC, 2020, p. 1)

Clorosis: es el amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila, las posibles causas muchas de las veces están asociadas con problemas de drenaje, presencia de enfermedades que afectan al tejido foliar y provoca deficiencias nutricionales (Schuster, y Paulsrud, 2015, p. 2)

Días al espigamiento: corresponde al número de días transcurridos desde la siembra hasta que las espigas de las plantas de trigo aparecen tomando un estimado del 50% de espigas/ parcela hasta que aparezcan en su totalidad (Ponce et al., 2011, p. 22).

Germoplasma: toda parte de un ser vivo que tiene capacidad para generar un nuevo ser, las semillas son el ejemplo más claro de germoplasma, cuyo objetivo principal es la conservación de la variabilidad genética de las especies (UNC, 2000, p. 1)

Hibridaciones: es la acción de fecundar dos individuos de distinta constitución genética, es decir, cruzar dos variedades o especies diferentes para conseguir reproducir en la descendencia, alguno de los caracteres parentales (Cervantes, 2020, p. 1)

Lígula: corresponde a una lengüeta membranosa y transparente, su forma y tamaño también son útiles para diferenciar las especies de cereales durante los estados vegetativos. (Pontificia Universidad de Chile, 2015, pp. 1-2)

Líneas isogénicas: son líneas genéticamente elaboradas en su mayoría presentan un solo gen cuya ventaja radica en ser un huésped diferencial, en donde cuando se encuentra un gen de resistencia nuevo (Kutcher y Brar, 2016, pp. 2-3).

Macollamiento: Consiste en el desarrollo de hijuelos o tallos secundarios, terciarios a partir de los nudos subterráneos. Los macollos secundarios pueden desarrollarse a partir de la base de macollos primarios si las condiciones favorecen el desarrollo del tallo (Martin, 2000, p. 3)

Minifundio: es una pequeña extensión de tierra donde se desarrolla una actividad agrícola y/o ganadera que no permite que su explotación sea rentable, relacionándola con una economía de subsistencia para los productores (Westreicher, 2020, p. 1)

Parásitos biotróficos: especializados para alimentarse de los tejidos celulares de plantas vivas, es decir toman los nutrientes a partir de células del hospedante, siendo incapaces de a partir de células muertas (Sutua y Carmona, 2018, p. 1)

Patógeno: son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped, este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos, los cuales acceden al interior de la planta ya sea penetrando la superficie de la hoja o de la raíz directamente, o ingresando a través de heridas o aberturas naturales (Sutua y Carmona, 2018, p. 1).

Resistencia Alta: variedades que en un alto grado limitan el crecimiento y/o desarrollo de una plaga específica y/o el daño que esta causa, bajo una presión normal de la plaga, en comparación con variedades susceptibles (ISF, 2017, pp. 1-2).

Resistencia Intermedia; variedades que limitan el crecimiento y/o desarrollo de una plaga específica y/o el daño que esta causa, pero pueden mostrar un mayor rango de síntomas o daños en comparación con variedades con resistencia alta. (ISF, 2017, pp. 1-2).

Resistencia: es la capacidad de una variedad para limitar el crecimiento y/o desarrollo de una plaga específica y/o el daño que ésta causa cuando se compara con variedades susceptibles, bajo condiciones medioambientales y presiones de plaga similares (ISF, 2017, pp. 1-2).

Retrocruzamientos: consiste en realizar un cruzamiento inicial entre las dos variedades seguido de varios retro cruzamientos entre plantas seleccionadas de cada generación que muestren el fenotipo deseado y la variedad que se quiere mejorar como parental recurrente (Cervantes, 2020, p. 1).

Seguridad alimentaria: condiciones que posibilitan a la humanidad a tener acceso físico, económico y social a una dieta segura que les permita satisfacer sus necesidades alimentarias y vivir de una manera productiva y saludable acorde a sus preferencias culturales (Asamblea del Ecuador, 2017).

Síntoma: aquella expresión visible de la condición patológica que presenta una planta sensible (Cuervo et al, 2006 p. 49).

Sintomatología: estudia los síntomas y aquellos signos que producen los patógenos en las plantas que atacan, es indispensable para la identificación de enfermedades (Pieterse et al, 2014, p. 355).

Susceptibilidad: es la incapacidad de una variedad para limitar el crecimiento y/o desarrollo de una plaga específica (ISF, 2017, pp. 1-2).

Técnica de selección de pedigree: resulta en combinar genes deseables de 2 o más genotipos en una variedad superior a ambos padres (Ponce et al., 2020, p. 1).

Uredios: pequeña herida alargada de color rojo pardusco producida en la epidermis foliar de la planta parasitada y donde se forman uredósporas: término más apropiado uredosoros. (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020, pp. 1-2)

Urediosporas: esporas generadas de la mitosis de micelio dicariótico y que son típicamente repetitivas, dando lugar a nuevas uredósporas o teliosporas (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2020, pp. 1-2)

Variedad: aquellas agrupaciones de plantas dentro de un taxón botánico único del rango más bajo conocido, que se define por la expresión de carácter genético (Asamblea del Ecuador, 2017, p. 20).

Virulencia: aquella habilidad que tiene un organismo patógeno para originar una enfermedad describiendo las razas específicas para un cultivar (Roelfs et al., 1992, p. 45)

BIBLIOGRAFÍA

ALMACELLAS, J y SANCHEZ. *La roya amarilla del trigo: características, situación actual y claves para el control.* [en línea]. Cataluña-España, 2015. pp 1-6 [Consultado el: 5 de Octubre de 2021]. Disponible en <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/131497-La-roya-amarilla-del-trigo-caracteristicas-situacion-actual-y-claves-para-el-control.html>.

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Ley orgánica de agro biodiversidad, semillas y fomento de agricultura.* [en línea]. Pichincha-Quito-Ecuador, 2017 [Consultado el: 20 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf>.

BRAR, G. S. y KUTCHER. *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.* [en línea] United States 2016. [Consultado el: 10 de Octubre de 2021]. Disponible en <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-12-15-1410-RE>.

BUENDIA-RORIGUEZ, E, ISLAS-GUTIERREZ, F y GUERRA-DE LA CRUZ, V. *Identificación de áreas erosionadas por medio de imágenes Landsat ETM+, en Tlaxco y Terrenate, Tlaxcala, México.* *SciElo.* [en línea]Tlaxcala-México 2007. [Consultado el: 22 de Diciembre de 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000100001.

CARMONA, M y SAUTA, F. *Roya amarilla, Nuevas razas en el mundo, monitoreo y uso de funguicidas.* *FAUBA.* [en línea] Buenos Aires-Argentina, 2017, pp. 6-7, [Consultado: 15 de Diciembre de 2021]. Disponible en: https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2016/03/CARMONA-SAUTUA_Roya-amarilla-2017_FAUBA.pdf.

CASTRO, A, HOFFMAN, E y VIEGA, L. 2011. *Limitaciones para la productividad de trigo y cebada.* *CYTED.* [en línea]. Montevideo-Uruguay, 2011. [Consultado el: 15 de Diciembre de 2021].
Disponible en: http://www.metrice.udl.cat/es/misc/Limitaciones_para_la_productividad_de_trigo_y_cebada_2011.pdf.

CERVANTES, M. *HIBRIDACIONES EN PLANTAS, MEJORA VEGETAL. INFOAGRO.* [en línea] cMéxico. 2020. [Consultado el: 22 de Diciembre de 2021]. Disponible en: https://infoagro.com/hortalizas/hibridaciones_horticolas.htm#:~:text=La%20hibridaci%C3%B3n%20es%20la%20acci%C3%B3n,alguno%20de%20los%20caracteres%20parentales.

CHEN, W; WELLINGS, C; CHEN, X; KANG, Z; LIU, T . *Wheat stripe (yellow) rust caused by Puccinia striiformis f. sp. tritici. Molecular Plant Pathology.* [en línea] United States, 2010. [Consulta: 25 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6638732/>.

CIMMYT. 2010. *Partes de la planta de Trigo.* [en línea]. D.F. México, 2010. [Consulta: 9 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <http://wheatdoctor.org/es/partes-de-la-planta-del-trigo>.

CORONEL, A. Comportamiento agronómico de 6 variedades de Trigo en dos zonas de la provincia de Bolivar. [en línea] (Trabajo de titulación).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 1989. pp. 45-47 [Consulta: 7 de Diciembre de 2021.] <http://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=39220>.

CROPCHECK CHILE. *MANUAL DE RECOMENDACIONES CULTIVO DE TRIGO. Fundación Chile.* [en línea] Santiago-Chile, 2011. [Consulta: 5 de Diciembre de 2021]. Disponible: en: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-trigo.pdf?sfvrsn=0>.

CUBERO, J. *Introducción a la Mejora Genética Vegetal.* [en línea] Córdova-Chile, 2011. p. 1. [Consulta: 5 de Diciembre de 2021]. Disponible: en: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-trigo.pdf?sfvrsn=0>Cordova: Mundi-Prensa, 2013.

CUERVO, Y; ESPADAS, M.; ZITA, G. *Manual de prácticas de Ingeniería Agrícola.* Cuautitlán-México: UNAMFRESC, 2006. p. 49

DE WOLF, E; MURRAY, T; PAUL, P; OSBORNE, L; TENUTA, A., et al. *Identificando a las Royas de Trigo y Cebada. Universidad Estatal de Oklahoma.* [en línea] Oklahoma-United States 2010. [Consulta: 1 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/identificando-a-las-royas-del-trigo-y-cebada.html>.

DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. *Roya Amarilla del Trigo. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.* [en línea] México,

2020. pp 1-8 [Consulta: 5 de Octubre de 2021]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600886/Roya_amarilla_del_trigo.pdf.

FAOSTAT. *Área cosechada, Producción y Rendimiento de trigo en Ecuador.* [en línea] 2019, Quito. Ecuador, pp. 1-2. [Consulta: 1 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.

GARCÍA-LÓPEZ, J; RUIZ-TORRES, N; LIRA-SALDIVAR, R; VERA-REYES, I. et al. *Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas.* CONACYT-CIQA. Saltillo, Coah. [en línea] Coahuila-México, 2016. [Consulta: 2 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9nicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>.

GARÓFALO, J.; PONCE-MOLINA, L.; ABAD, S. *Guía del cultivo de trigo, Boletín divulgativo N° 411.* [en línea] Pichincha-Quito-Ecuador, 2011, p. 20 [Consulta: 17 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/381>.

GOMEZ, H. *Factores de manejo del cultivo de Trigo.* [en línea] D.F. México, 2010. [Consulta el: 1 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s09.htm#TopOfPage>.

GONZÁLEZ, M.; ZAMORA, M.; HUERTA, R & SOLANO, S. "Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [en línea] 2013, (México) 4(8), pp 1237-1250 [Consulta: 1 de Octubre de 2021]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263128356010.pdf>.

GRIJALVA, L.; ROBLES-CONTRERAS, F.; MACIAS-DUARTE, R. et al. "Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo" *Acta universitaria*. [en línea] 2016, (México) 26(5) pp. 4-6 [Consulta: 20 de Septiembre de 2021]. ISSN 2007-9621. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/sccielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662016000500048.

GUTIERREZ, A, SALDAÑA, C & PUERTAS, J. *El desarrollo de la roya amarilla en los trigos de castilla y león.* [en línea] Catilla-España 2018. [Consulta: 2021 de Septiembre de 5].

Disponible en: https://nanopdf.com/download/el-desarrollo-de-la-roya-amarilla-en-los-trigos-de-castilla-y-leon-1_pdf#.

GUTIERREZ-GARCIA, A.; CARBALLO, A.; MEJIA-CONTRERAS, J. et al. "Caracterización de trigos harineros mediante parámetros de calidad física y fisiológica de la semilla". *Agricultura técnica en México* [en línea] 2006, (México) 32(1) [Consulta: 1 de Diciembre de 2021.] ISSN 0568-2517. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000100005.

HEWSTONE, C. *Los cambios genéticos y agronómicos que incrementan el rendimiento de trigo*, Colonia-Uruguay: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, pp. 21-46.

INEC. *Índice de precios al consumidor (IPC) canastas. Instituto Nacional de estadísticas y censos.* [en línea] Quito-Ecuador 2020, p. 1 [Consulta: 22 de Dicimebre de 2021]. Disponible en:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/#:~:text=La%20Canasta%20Familiar%20B%C3%A1sica%20\(CFB,ganan%20la%20remuneraci%C3%B3n%20b%C3%A1sica%20unificada](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/#:~:text=La%20Canasta%20Familiar%20B%C3%A1sica%20(CFB,ganan%20la%20remuneraci%C3%B3n%20b%C3%A1sica%20unificada).

INFOAGRO. *El cultivo de trigo primera parte.* [en línea] México, 2000, p. 1 [Consulta: 13 de Septiembre de 2020] Disponible en: <https://infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>.

INIAP. *Inventario tecnológico del Programa de Cereales del INIAP.* [en línea] Quito-Ecuador 2013. [Consulta: 20 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/955/1/iniapscP.G896e2013.pdf>.

INTA. 2011. *Factores abióticos que limitan el rendimiento en maíz, soja y trigo.*[en línea] La plata-Buenos aires, 2011. [Consulta: 20 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/consejo/factores-abioticos-que-limitan-el-rendimiento-en-maiz-soja-y-trigo>.

INTEGRRAIN. *La diferencia entre trigo rojo y blanco.* [en línea] Chihuahua-México, 2020. [Consulta: 15 de Diciembre de 2021] Disponible en: <https://www.integrainflour.com/>.

ISF. 2017. *Definición de los Términos que Describen la Reacción de las Plantas Frente plagas para la industria de semillas.* [en línea]Nyon-Switzerland, 2017, pp. 1-2 [Consulta: 23 de Diciembre de 2021] Disponible en: https://worldseed.org/wp-content/uploads/2017/11/Definition-Terms-Reaction-Plants-to-Pests_2017_SPANISH.pdf.

JANETA, P. Evaluación Agronomica de cinco materiales promisorios de trigo (*Triticum vulgare* L.), en dos localidades de la provincia de Chimborazo y una en la provincia de Bolivar. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superios Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador 2011. pp 47-51 [Consulta: 7 de Diciembre de 2021.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/784/1/13T0706%20.pdf>.

JUÁREZ, M. *Cultivo de trigo: Bases para la toma de decisiones en zonas subhúmedas.* [en línea] Madrid-España 2012, pp 1-2 [Consulta: 9 de Diciembre de 2021] Disponible en: [http://www.agrobit.com/Documentos/A_1_4_Trigo/607_ag_000003tr\[1\].htm](http://www.agrobit.com/Documentos/A_1_4_Trigo/607_ag_000003tr[1].htm).

MADRID, A. *Factores bióticos y factores abióticos.* [En línea] Barcelona- España 2018, p. 1 [Consulta: 22 de Diciembre de 2021] Disponible en: <https://www.oas.org/ext/es/desarrollo/recursos-educacion-docente/Planes-de-Clase/Detalles/ArtMID/2250/ArticleID/2191/Factores-bi-ticos-y-factores-abi-ticos>.

MANANGÓN, P. *Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m.s.n.m. Juan Montalvo- Cayambre 2012.* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador 2012. pp 65-71 [Consulta: 5 de Diciembre de 2021] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6717/1/UPS-YT00040.pdf>.

MARTIN, V. *El trigo, información general morfología y fisiología,* [en línea] La Rioja-España 2000, pp. 1-2 [Consulta: 15 de Octubre de 2021] Disponible en: <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>

MILLER, T. *Estadios de crecimiento del cultivo de trigo. La identificación y su entendimiento para un mejor manejo de los cultivos.,* [En línea] Texas-United States 1992. [Consulta: 5 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.lgseeds.es/media/Estadios-de-crecimiento-del-Trigo-1.pdf>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. *Sistema de Informacion Pública Agropecuaria.* [en línea] Quito-Ecuador 2019. [Consulta: 15 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/>.

MIRALLES, D. *Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo.* INTA. [en línea] Buenos Aires-Argentina, 2004, pp 1-5 [Consulta: 25 de Septiembre de 2020]. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004_n1.pdf.

MONAR, C; ORTA, I; PISUÑA, L. *Evaluación agronómica de la eficiencia del uso de nitrógeno en el cultivo de trigo harinero (Triticum Vulgare L.) variedades, Ueb - Carnavalero E Iniap - mirador con cinco niveles de fertilización nitrogenada granja Laguacoto III, cantón Guaranda,* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal de Bolivar, Guaranda 2012. pp 65-70 [Consulta: 7 de Diciembre de 2021] Disponible en: <https://www.dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1014>.

MORENO, I; RAMÍREZ, A; PLANA, R; IGLESIAS, L. "El cultivo del trigo. algunos resultados de su producción en cuba " *Cultivos Tropicales.* [en línea] 2001, (Cuba) 22(4), pp 55-67 [Consulta: 5 de Diciembre de 2021] ISSN 0258-5936 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>.

OCHOA, J; DANIAL, D; PAUCAR , B. *Virulence of wheat yellow rust races and resistance genes of wheat cultivars in Ecuador.* INIAP. [en línea] Quito-Ecuador 2007. [Consulta: 10 de Octubre de 2021.] <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4378>.

PALAMA, E. *EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA AMARILLA..* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. pp 12-35 [Consulta: 15 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2478/1/T-UCE-0004-65.pdf>.

PIETERSE, C; ZAMIOUDIS, C; BERENDSEN, R. "Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes". *Revisión anual de Fitopatología.* [en línea] 2014, (United States) 52(347), pp. 347-375 [Consulta: 23 de Diciembre de 2021.] ISSN 082712-102340 Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>.

PONCE-MOLINA, L; CAMPAÑA, D; NOROÑA, P; GARÓFALO, J. *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales.* Manual No. 111. INIAP. Quito-Ecuador, 2019, pp. 16-41

PONCE-MOLINA, L; CAMPAÑA, D; NOROÑA, P; GARÓFALO, J. *Actividades de Investigación en cereales año 2019.* Boletín Técnico No. 175. INIAP. Quito-Ecuador, 2020, p. 36-40.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE CHILE. *Cultivo de cereales, Trigo.* [en línea] Santiago-Chile 2015, pp. 1-2. [Consulta: 23 de Diciembre de 2021]. Disponible en: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/trigo.htm.

RAMIREZ, R. *Historia del Trigo.* [en línea] Madrid - España, 2007, pp. 3-10. [Consulta el: 14 de Septiembre de 2020] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/11880373/Historia-Del-Trigo>.

RODRIGUEZ-GARCÍA, MARÍA, et al. "Genética de la resistencia a roya amarilla causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* w. en tres genotipos de trigo (*triticum aestivum* L.). [en línea] 2019, (México) 42(1), pp. 31-38 [Consulta: 9 de Octubre de 2021.] ISSN 0187-7380 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000100031.

ROELFS, A.P., SINGH, R.P. Y SAARI, E.E. *Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades.* México, DF: CYMMYT, pp. 1-100.

SCHUSTER, J; PAULSRUD, B. *Enfoque: Plantas y Enfermedades. Departamento de Agricultura.* [en línea] Illinois-United States, 2015, p. 2. [Consulta: 22 de Diciembre de 2021] Disponible en: https://web.extension.illinois.edu/focus_sp/chlorosis.cfm#:~:text=La%20clorosis%20es%20el%20amarillamiento,deficiencias%20nutricionales%20de%20la%20planta..

SENASICA. 2019. *Guía de síntomas y daños del roya lineal amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria.* [en línea] México, 2019, pp. 1-7, [Consulta: 16 de Diciembre de 2021.] Disponible en: [https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20\(Puccinia%20striiformis%20f.%20s.p.%20tritici\).pdf](https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Vigilancia%20pasiva/Guias%20de%20síntomas/Roya%20lineal%20amarilla%20del%20trigo%20(Puccinia%20striiformis%20f.%20s.p.%20tritici).pdf).

SICA. 2008. *Balance de la Oferta y Demanda del Trigo, Servicio de Información de Censos Agropecuarios,* Quito, Ecuador. p. 193

SOTO, F; PLANA, R; HERNÁNDEZ, N. "Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero y triticale y su relación con el rendimiento " [en línea] 2009, (Cuba) 30(2), pp. 32-36 [Consulta: 15 de Septiembre de 2021] ISSN 0258-5936. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215048006.pdf>.

STUBBS, R.W; PRESCOTT, J; SAARI, E.E; DUBIN, H. *Manual de metodología sobre las enfermedades de los Cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).* México, DF, México, pp. 36- 46.

SUTUA, F; CARMONA, M. *Como las plantas de cereales reconocen a los patógenos y se defienden. FAUBA.* [en línea] Buenos Aires-Argentina, 2018, p. 1 [Consulta: 23 de Diciembre de 2021] Disponible en: https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=6060#:~:text=Las%20plantas%20est%C3%A1n%20constantemente%20expuestas,de%20heridas%20o%20aberturas%20naturales.

UNC. 200. *Bancos de Germoplasma. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba.* [en línea]Córdoba-Argentina 2000.p. 1-2 [Consulta: 22 de Diciembre de 2021.] Disponible en: <http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/servicios/germo/queson.html>.

VELÁSQUEZ, J, MONTEROS, A; TAPIA, C. *Semillas, Tecnologías de producción y Conservación de trigo.* Quito: editorial Chiriboga Quito-Ecuador.

VERA, CARLOLA. 2018. *Roya estriada, la principal patología foliar del trigo en Chile. INIA Quilamapu.* [en línea] Quilamapu-Chile, 2018. pp. 1-5. [Consulta: 25 de Octubre de 2021.] Disponible en: [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/67190/NR42384.pdf?sequence=31&isAllo wed=y.](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/67190/NR42384.pdf?sequence=31&isAllo wed=y)

WESTREICHER, G. *Minifundio. Economipedia.* [en línea] Madrid-España 2020. p. 1 [Consulta: 22 de Diciembre de 2021.] Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/minifudio.html>.

YARA. *Nutrición Vegetal Trigo..* [en línea] Guayaquil-Ecuador, 2010. p. 1 [Consulta: 15 de Septiembre de 2021.] Disponible en: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/trigo/clasificacion-de-trigo/>.

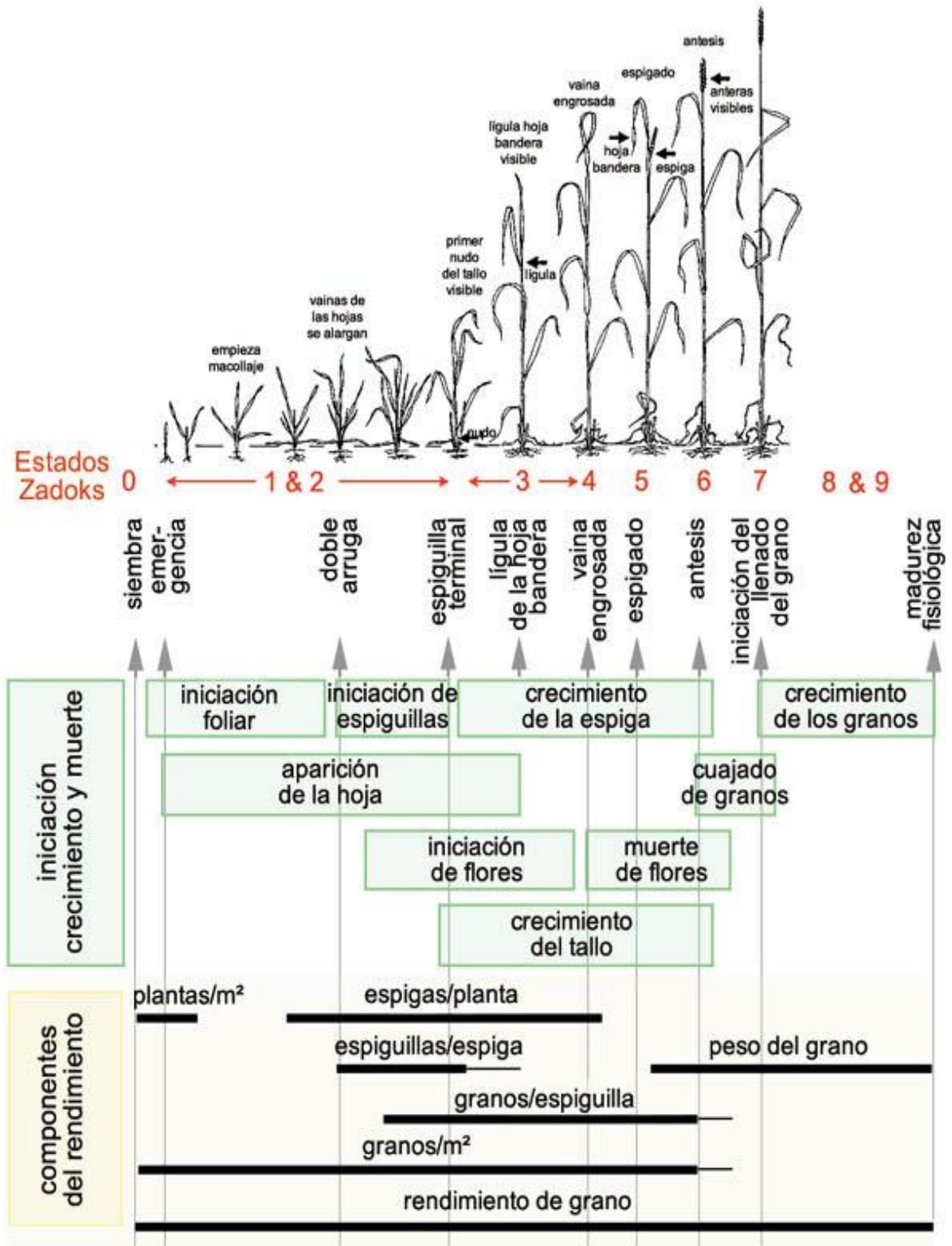
ZHANG, P; ZHANG, J; MARCHAL,C; FENWICK,P, et al. "BED-domain-containing immune receptors confer diverse resistance spectra to yellow rust". [en línea] 2018, (Australia) 4(2), pp662-668 [Consulta: 15 de Diciembre de 2021] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41477-018-0236-4>.


Ing. Cristian Castillo



ANEXOS

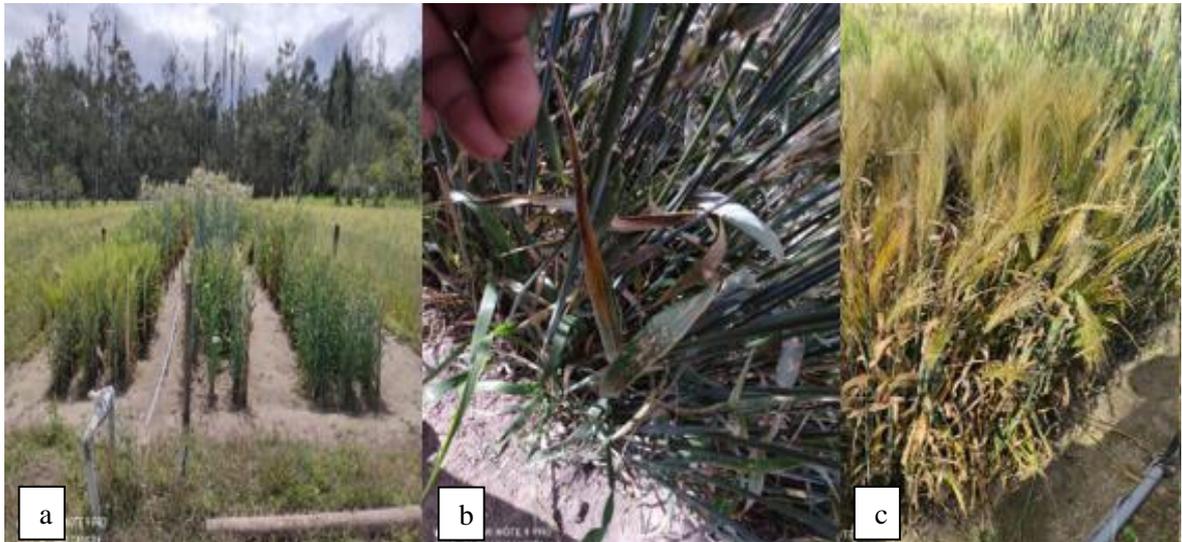
ANEXO A: ESCALA GRAFICA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DESDE LA GERMINACIÓN HASTA LA MADUREZ DE COSECHA (ZADOKS).



**ANEXO B: ESCALA DESCRIPTIVA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO
DESDE LA GERMINACION HASTA LA MADUREZ DE COSECHA.**

0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollaje
21	Un tallo principal y un macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
30	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable
37	Hoja bandera visible
39	Ligula de hoja bandera visible
40	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles
50	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

ANEXO C: INCIDENCIA DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



a) Diferencias de coloración general del cultivo de tonalidad verdusco a tonalidades claras. b) Aparecimiento de pústulas anaranjadas en hojas bajas y bandera. c) Coloración amarilla en hojas bajera, bandera y espiga.

ANEXO D: SEVERIDAD DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO E: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SEVERIDAD DE ROYA AMARILLA DEL TRIGO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022

Tratamientos	% Severidad	Grupos estadísticos
Entry-94	90,89%	a
I70034	87,11%	a
Entry-86	87,33%	a
I11808	87,77%	a
Entry-91	88,22%	a
J08050168	89,11%	a
Entry-90	89,56%	a
J08043022	90,44%	a
CDC AUSTENSON	90,67%	a
J06022012	92%,	a
Entry-93	92%	a
VIVAR	93,78%	a
Entry-88	95,35%	a
I11727	77,33%	ab
I11729	78,44%	ab
J08051029	81,78%	ab
J0804311	82%	ab
FORMOSA	82,44%	ab
J08051028	85,11%	ab
MCLEOD	85,33%	ab
LEGACY	85,56%	ab
ENTRY-89	86%,	ab
J06062013	86%	ab

I11730	0,00	b
BENTLEY	0,00	b
I11726	0,00	b
CONLON	0,00	b
Entry-95	0,00	b
J07122022	0,00	b
CDC KENDALL	0,00	b
CDC MEREDITH	0,00	b
CELEBRATION	0,00	b
Entry-83	0,00	b
Entry-85	0,00	b
CDC MINDON	0,00	b
Entry-114	0,00	b
Entry-31	0,00	b
Entry-29	0,00	b
Entry-87	0,00	b

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

ANEXO F: TAMAÑO ALCANZANDO POR LOS UREDIOS DE EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. tritici, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

Tratamiento	Mayor longitud (mm)	Menor longitud (mm)	Promedio (mm)
LEGACY	0,8	0,5	0,65
J06026013	0,8	0,5	0,65
J06022012	0,7	0,5	0,6
MCLEOD	0,5	0,5	0,5
J07122022	0	0	0

VIVAR	0,7	0,7	0,7
BENTLEY	0	0	0
CDC KENDALL	0	0	0
CDC MEREDITH	0	0	0
CDC MINDON	0	0	0
CONLON	0	0	0
FORMOSA	0,6	0,5	0,55
I11808	0,5	0,5	0,5
I11726	0	0	0
I11727	0,6	0,4	0,5
I11729	0,8	0,6	0,7
I11730	0	0	0
I70034	0,7	0,4	0,55
CDC AUSTENSON	0,7	0,7	0,7
J08043011	0,8	0,6	0,7
CELEBRATION	0	0	0
J08043022	0,5	0,5	0,5
J08051029	0,7	0,7	0,7
J08051028	0,6	0,6	0,6
J08050168	0,9	0,7	0,8
Entry-83	0	0	0
Entry-85	0	0	0
Entry-86	0,7	0,5	0,6
Entry-87	0	0	0
Entry-88	0,9	0,6	0,75
Entry-89	1	0,5	0,75
Entry-90	0,9	0,5	0,7
Entry 91	1	0,6	0,8
Entry-93	0,8	0,5	0,65
Entry-94	0,9	0,7	0,8

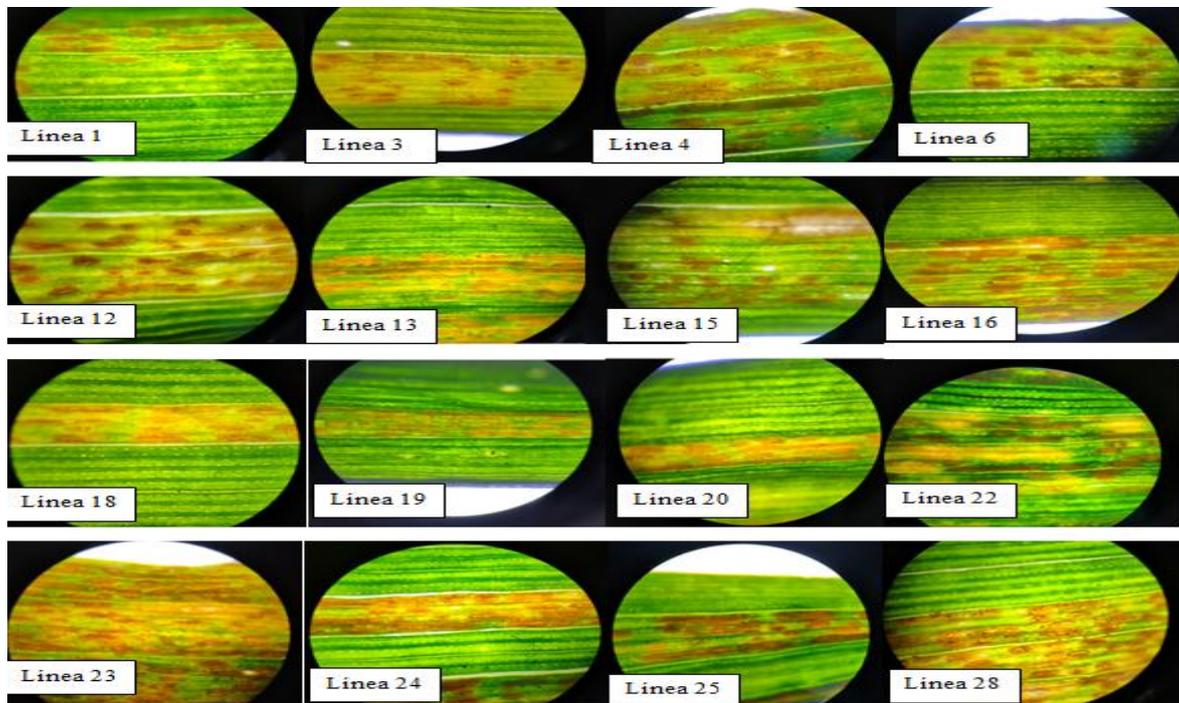
Entry-95	0	0	0
Entry-114	0	0	0
Entry-31	0	0	0
Entry-29	0	0	0

ANEXO G: TAMAÑO ALCANZANDO POR LOS UREDIOSPORAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

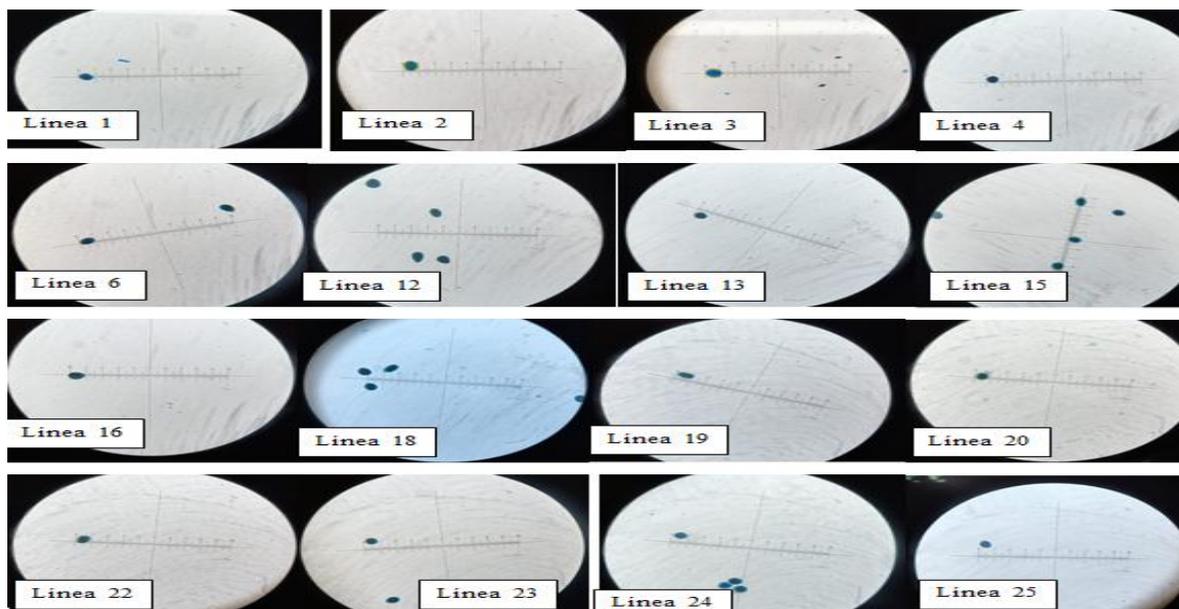
Tratamiento	Diámetro Polar (µm)	Diámetro ecuatorial (µm)	Promedio (µm)
LEGACY	20	18	19
J06026013	21	18	19,5
J06022012	22	19	20,5
MCLEOD	23	20	21,5
J07122022	0	0	0
VIVAR	25	22	23,5
BENTLEY	0	0	0
CDC KENDALL	0	0	0
CDC MEREDITH	0	0	0
CDC MINDON	0	0	0
CONLON	0	0	0
FORMOSA	25	22	23,5
I11808	23	20	21,5
I11726	0	0	0
I11727	22	19	20,5
I11729	20	18	19
I11730	20	18	19
I70034	22	20	21
CDC AUSTENSON	23	21	22

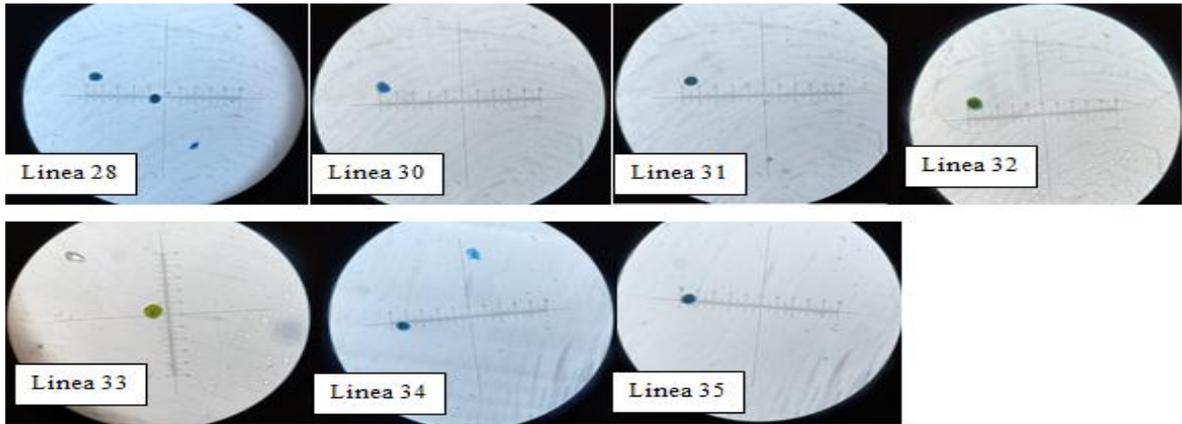
J08043011	21	19	20
CELEBRATION	0	0	0
J08043022	21	19	20
J08051029	22	20	21
J08051028	24	21	22,5
J08050168	25	21	23
Entry-83	0	0	0
Entry-85	0	0	0
Entry-86	26	22	24
Entry-87	0	0	0
Entry-88	25	21	23
Entry-89	26	22	24
Entry-90	26	22	24
Entry 91	26	23	24,5
Entry-93	26	24	25
Entry-94	26	24	25
Entry-95	0	0	0
Entry-114	0	0	0
Entry-31	0	0	0
Entry-29	0	0	0

ANEXO H: CARACTERIZACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS UREDIOS DE ROYA AMARILLA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO I: CARACTERIZACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS UREDIOSPORAS DE ROYA AMARILLA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.





ANEXO J: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE DEL TAMAÑO DE LAS
 ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE
 TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO,
 2022.

Tratamientos	Longitud (cm)	Grupos estadísticos
Entry-114	12,93	a
Entry-95	12,83	a
Entry-29	12,83	a
Entry-31	12,70	a
CONLON	8,03	ab
BENTLEY	8,00	ab
CDC KENDALL	8,00	ab
FORMOSA	8,00	ab
CDC AUSTENSON	8,00	ab
Entry-85	8,00	ab
MCLEOD	7,97	ab
J07122022	7,97	ab
LEGACY	7,93	ab
CDC MINDON	7,93	ab
CDC MEREDITH	7,90	ab
I1127	7,90	ab
J0804311	7,90	ab

CELEBRATION	7,90	ab
J08043022	7,90	ab
J08050168	7,90	ab
VIVAR	7,90	ab
J08051029	7,87	ab
I11729	7,87	ab
J06026013	7,80	ab
I11808	7,80	ab
I11729	7,80	ab
Entry-83	7,80	ab
J06022012	7,70	ab
I11730	7,70	ab
J08051028	7,70	ab
Entry-86	7,70	ab
Entry-87	7,60	ab
I70034	7,60	ab
Entry-89	7,33	b
Entry-94	7,33	b
Entry 91	7,32	b
Entry-88	7,31	b
Entry-90	7,30	b
Entry-93	7,30	b

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

ANEXO K: DETERMINACION DE LA VARIABLE TAMAÑO DE ESPIGA EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO L: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE DEL NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

Tratamientos	Media #granos	Grupos estadísticos
Entry-95	48,67	a
Entry-31	48,67	a
Entry-114	48,33	a
Entry-29	48,33	a
CDC MINDON	42,67	ab
CDC KENDALL	42,33	ab
BENTLEY	41,67	ab
J07122022	41,33	ab
CDC MEREDITH	41,33	ab
CONLON	40,33	ab
I11730	38,67	ab
I11726	38,33	ab
CELEBRATION	37,67	ab
Entry-83	37,33	ab
Entry-85	37,33	ab
Entry-87	37,00	ab
CDC AUSTENSON	33,00	bc
J08051029	33,00	bc
J08051028	33,00	bc
Entry-93	33,00	bc
J08050168	32,67	bc
Entry-89	32,33	bc
Entry 91	32,33	bc
J08043022	32,00	bc

J06022012	31,67	bc
FORMOSA	31,00	bc
I11729	31,00	bc
J08043011	31,00	bc
VIVAR	30,67	bc
I11808	30,67	bc
I11727	30,67	bc
I70034	30,67	bc
Entry-88	30,33	bc
MCLEOD	30,00	bc
LEGACY	29,67	bc
J06026013	28,00	bc
Entry-90	18,67	c
Entry-86	18,33	c
Entry-94	18,33	c

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

ANEXO M: DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DEL NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO N: DETERMINACION DE LA VARIABLE DE TIPO Y COLOR DE GRANOS POR ESPIGAS EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



Granos de trigo de coloración roja (a-b), Granos de trigo de coloración blanca (c-d)

ANEXO O: PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE PESO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

Tratamientos	Media #granos	Grupos estadísticos
I11726	162,52	a
J07122022	154,39	a
CDC MEREDITH	154,22	a
Entry-31	146,98	a
Entry-114	146,93	a
I11730	146,14	a
Entry-87	143,84	a
Entry-85	143,67	a
BENTLEY	143,46	a

Entry-29	141,92	a
CELEBRATION	141,84	a
CDC MINDON	141,57	a
MCLEOD	110,30	ab
CONLON	99,75	ab
CDC KENDALL	95,01	ab
VIVAR	94,81	ab
CDC AUSTENSON	92,25	ab
J08050168	90,48	ab
I70034	87,25	ab
Entry-83	86,85	ab
I11729	86,23	ab
J06022012	85,97	ab
Entry-95	83,54	ab
FORMOSA	81,53	ab
J08043011	76,60	bc
Entry-88	74,33	bc
I11808	72,97	bc
Entry-91	71,07	bc
I11727	63,28	cd
Entry-89	60,44	cd
LEGACY	58,62	cd
J08051028	58,59	cd
J06026013	54,93	cd
Entry-93	47,19	cd
J08051029	44,07	cd
Entry-86	29,39	d
Entry-90	23,37	d

J08043022	19,43	d
Entry-94	7,61	d

Letras iguales indican promedios sin diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%

ANEXO P: DETERMINACION DE LA VARIABLE PESO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO Q: PREPARACIÓN DEL SUELO EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.

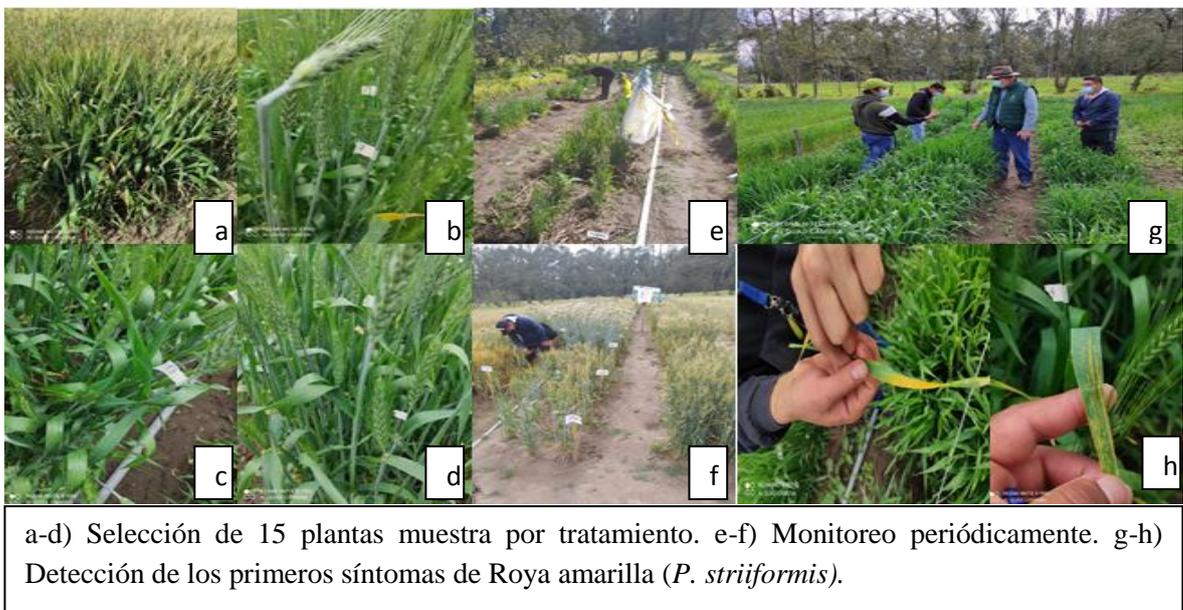


a-b) Preparación del suelo y elaboración de parcelas chicas. c-d) Diseño y siembra del ensayo. e) Colocación de la cobertura del sarán al 50% de sombra.

ANEXO R: REALIZACIÓN DE LABORES CULTURALES Y APLICACION DE ÚREA EN LA EXPERIMENTACION PARA EL MANEJO Y DESARROLLO DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.



ANEXO S: DETECCIÓN Y MONITOREO DE *P.striiformis* EN LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LÍNEAS DE TRIGO FRENTE A *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, LICTO, CHIMBORAZO, 2022.





i) Primeros niveles de severidad de roya amarilla. j-k) incremento de la severidad: 30-80%. l) Severidad al 100%. m-n) Plantas sanas. o-p) Plantas con presencia de roya amarilla



epoch

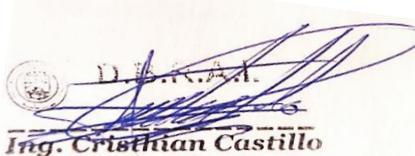
Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 04 / 07 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Alexis Fabian Riofrio Proaño
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Castillo



1302-DBRA-UTP-2022