



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

TRABAJO FINAL DE CARRERA

“Efecto de la aplicación de fungicidas en la severidad de enfermedades foliares y detección de genotipos resistentes en una población de genotipos de trigo”

Alumno: Juan Albina Sarubbi

Legajo: 27994/8

E-mail: albinajuan@hotmail.com

Alumno: Facundo Mendy

Legajo: 27882/1

E-mail: mendyfacundo@gmail.com

Directora: Dra. María Rosa Simón, Profesora Titular Ordinaria de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP Argentina.

Co-Director: Dr. Matías Schierenbeck, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Alemania); Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP Argentina.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

- a. Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.
- b. Generación del rendimiento.
- c. Enfermedades que afectan el rendimiento del cultivo.

2. HIPÓTESIS

3. OBJETIVOS

- a. Objetivos generales.
- b. Objetivos específicos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

- a. Diseño experimental del ensayo a campo.
- b. Evaluaciones realizadas.
- c. Análisis estadísticos.

5. RESULTADOS

- a. Datos climáticos.
- b. Análisis de severidad y área bajo la curva de las enfermedades.

6. DISCUSIÓN

7. CONCLUSIONES

8. BIBLIOGRAFÍA

RESUMEN

Las enfermedades foliares del trigo, cuando están presentes en el cultivo, podrían impactar directa o indirectamente en la disminución del índice de área foliar verde, en la intercepción de radiación acumulada, en la producción de materia seca y su partición y en la generación del rendimiento y sus componentes. El objetivo general es contribuir al mejoramiento del trigo a través de la detección de genotipos de trigo sobresalientes para la resistencia a enfermedades foliares. En este trabajo se evaluó el impacto de la aplicación de fungicidas foliares sobre la severidad causada por las enfermedades fúngicas foliares en una colección de 107 genotipos de trigo derivados de una población del cruzamiento de los trigos Synthetic 6x × Opata. La población de los 107 genotipos proviene del banco de germoplasma alemán (IPK Gatersleben), y posee caracteres contrastantes para diversas características agronómicas. El ensayo se condujo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de Los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de La Plata. Se realizaron evaluaciones de severidad de las enfermedades presentes más importantes en inicios de encañazón, floración y grano pastoso. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela principal fueron los tratamientos: sin (SF) y con (CF) funguicida; y la subparcela de los genotipos. Las evaluaciones se realizaron en EC31, EC60 y EC80 para determinar severidad y ABCPE. Fue posible detectar genotipos resistentes que los habilita a ser utilizados en cruzamientos en planes de mejoramiento de resistencia a enfermedades foliares. Si bien los fungicidas decrecieron la severidad de las enfermedades, su efecto dependió del genotipo, lo que puede atribuirse a diferencias en los patógenos predominantes, lo que incide en su control.

1) INTRODUCCIÓN

a) Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.

El trigo pan (*Triticum aestivum* L) es uno de los cultivos agrícolas considerado esencial y básico como fuente de alimentación a nivel mundial, siendo la principal fuente de hidratos de carbono. Varios organismos internacionales, como la FAO, destacan su importancia como fuente nutricional y de energía en la dieta diaria de los seres humanos. Junto a los granos de maíz y arroz, es uno de los cereales más ampliamente cultivados ya que mueve un activo mercado a nivel mundial.

Del grano de trigo se obtiene como producto principal harina proveniente del endosperma del grano para producir pan. Del endosperma, también se obtienen sémolas y almidón, el cual se utiliza como adhesivo, en la industria del papel, y en la obtención de alcohol. Las envolturas del grano de trigo (salvado o afrecho) se utilizan como ingrediente de alimentos para ganado. El contenido de aceite es reducido, del orden del 1-2%. A su vez se utiliza el grano del trigo para elaborar harina integral, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios (galletas, pastas, aperitivos) (Passarella & Savin, 2003).

El trigo es un cultivo perteneciente a la familia *Poaceae*, subfamilia *Pooideae*, tribu *Triticeae*, género *Triticum*. Más del 90% del trigo producido es el denominado trigo harinero, perteneciente a la especie *Triticum aestivum*, aunque también se utiliza la especie *Triticum durum* o trigo candeal, mayormente para la producción de pastas (SISA, INASE, 2022-2023).

La distribución geográfica mundial es muy amplia a causa de su gran importancia como fuente de alimento y a su gran variabilidad genética en la respuesta fisiológica al fotoperíodo y temperatura, incluyendo la vernalización (Satorre & Slafer, 1999). Si bien en 120 de los 193 países reconocidos por las Naciones Unidas se produce trigo, según los datos de la FAO (FAOSTAT, 2017), la mayor parte se siembra y produce entre los 35° y 55° de latitud del hemisferio norte y entre los 25° y 45° de latitud en el hemisferio sur. En el hemisferio sur, la producción de trigo llega al límite norte de la Patagonia en Argentina, la Región XI en Chile, la isla de Tasmania en Australia y hasta la región más austral (Southland) en Nueva Zelanda. Sin embargo, en el hemisferio norte se siembra el 90%, se produce el 93% y se consume la mayor parte del trigo mundial (promedio del período 2012-2014, FAOSTAT, 2017) (Abbate, 2017).

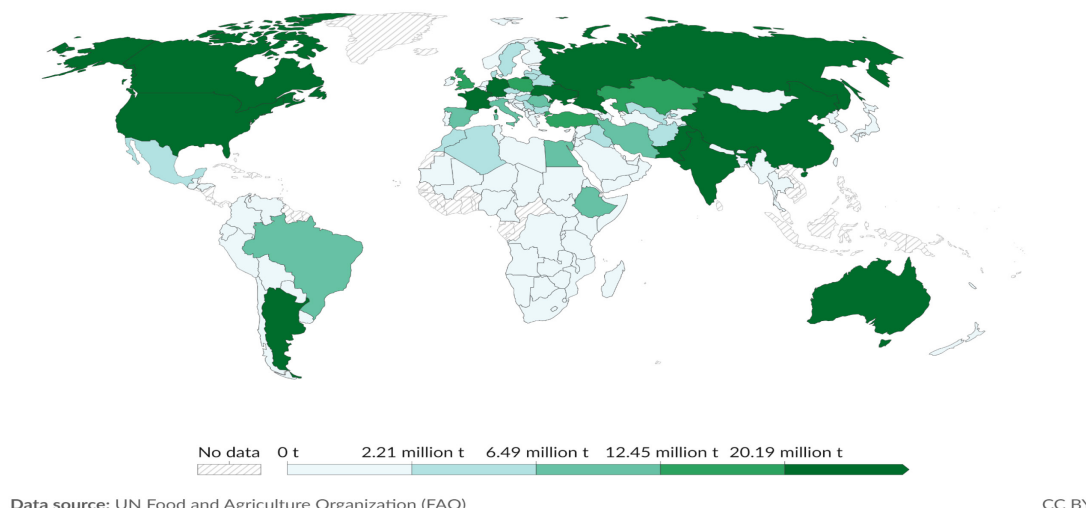


Figura 1. Producción de trigo a nivel mundial en el año 2022.

En la actualidad, se modificó el mapa de regiones trigueras a 26 subregiones, diferenciando regiones de producción permanente y otras de producción ocasional. Dichas regiones varían en función de las temperaturas, duración del día, fecha media de última helada, precipitaciones, condiciones edáficas y bióticas (Abbate et al., 2021).

La superficie sembrada según la Bolsa de Cereales en la campaña 2022/2023 fue de 6.1 millones de hectáreas, con un rinde promedio 22,8 qq/ha, generando una menor producción de casi 6,6 millones de toneladas menos, con respecto al promedio de las últimas 5 campañas (18,9 MTn). En la campaña 2023/2024 descendió a 5.5 millones de hectáreas, también como consecuencia de las condiciones de sequía, con una estimación de 16 millones de toneladas (Bolsa de Cereales, 2023). Analizando en más detalle la ubicación geográfica de los lugares en los que se registra la siembra, se observa que Buenos Aires es la provincia donde se informó mayor superficie sembrada para trigo, representando 43,47%. En el segundo y tercer lugar están las provincias de Santa Fe y Córdoba con 16,85% y 14%, respectivamente. Entre las tres provincias representan el 74,31% de la superficie sembrada total. Teniendo en cuenta el volumen de información recibida, comparada con las campañas anteriores (2020/2021 y 2021/2022), se observa una disminución del 21,21% y 18,35% en la superficie de siembra declarada en ambas campañas anteriores y una caída del 14,17% y del 14,28% en el total de productores que

efectuaron su declaración jurada, para las mismas campañas (SISA, INASE, 2022-2023). El trigo utilizado para alimentación humana directa per cápita en Argentina es de 115,38 kilogramos (FAO, 2021).

b) Generación del rendimiento

El rendimiento en trigo queda establecido, a priori una vez finalizado el ciclo del cultivo, momento en el cual es factible de ser cuantificable. El rendimiento se define como “la tasa de producción de un cultivo por unidad de superficie y tiempo” (Cubillos, 2003) y queda determinado a lo largo de toda la ontogenia por el aporte de un conjunto de componentes, que se van generando en distintos momentos del desarrollo del cultivo. Entre estos componentes, por un lado, los hay de orden fisiológico cuando el enfoque está puesto principalmente en la generación de biomasa y, por otro lado, todos aquellos factores implicados en su formación.

El rendimiento (kg/ha) de un cultivo de grano puede ser explicado a través de la biomasa total (BT) y el índice de cosecha (IC). La biomasa total del cultivo va estar determinada por la radiación solar incidente (Rinc), la eficiencia de intercepción de radiación diaria (e_i), la eficiencia de conversión (EUR) y la duración del periodo de crecimiento (n). La radiación solar incidente va a depender de la latitud y de la época del año. La eficiencia de conversión del cultivo va estar condicionada por la arquitectura de la planta, el ángulo de las hojas, la densidad, del índice de área foliar y la eficiencia de conversión está relacionada con la capacidad fotosintética (Cárcova et al., 2003).

c) Enfermedades fúngicas que afectan el rendimiento del cultivo

Las enfermedades forman parte del conjunto de adversidades responsables de importantes mermas en el cultivo de trigo. Su importancia relativa varía según la región y el cultivo. La enfermedad se define como el proceso a lo largo del cual ocurre una progresión de cambios morfológicos que inciden en forma negativa sobre el rendimiento y calidad del producto cosechable. Se las puede clasificar en bióticas (hongos, bacterias, virus, viroides, micoplasmas) o abióticas (temperaturas extremas, granizos, excesos o déficits nutricionales, sequías, pesticidas). Para que la enfermedad se genere y evolucione, deberán confluir en el espacio y en el tiempo el huésped susceptible, el patógeno virulento y el ambiente favorable (Windauer et al., 2003).

Las enfermedades fúngicas se clasifican en función del hábito nutricional del patógeno en: (i) biotróficos, definidos como los patógenos que obtienen nutrientes del tejido vivo del hospedante, son altamente específicos y sobreviven en la continua presencia del tejido huésped susceptible durante la estación de crecimiento del cultivo; (ii) necrotróficos, son hongos que obtienen su fuente energética a partir de tejidos vivos y muertos, de acuerdo se encuentren en su fase parasítica o saprofítica, infectan tejidos vivos y matan las células por la producción de enzimas y toxinas, extrayendo nutrientes de esos tejidos muertos del huésped y (iii) situaciones intermedias, es decir patógenos hemibiotróficos, donde el organismo cumple una etapa asintomática sobre tejido vivo, pero a medida que avanza la infección se establecen finalmente como necrotróficos (Koeck et al., 2011). Por otro lado, dependiendo del número de ciclos de infección y desarrollo que cumpla el patógeno durante una estación de crecimiento de su huésped, se clasifican en (i) monocíclicos: un solo ciclo de infección, teniendo como responsable al inóculo primario, y (ii) policíclicos: cumpliendo varios ciclos por año, donde el inóculo primario causa la infección primaria y el inóculo secundario las sucesivas reinfecciones. Estos últimos, pueden causar epifitias que son rápidas y explosivas (Wiik, 2009).

Entre las enfermedades foliares fúngicas se encuentran: la “mancha amarilla -MA-” (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem), la “roya de la hoja -RH-” (*Puccinia triticina* Eriks) y la roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks). Todas impactan sobre el rendimiento y los componentes numéricos que lo conforman (peso de mil granos, número de espigas por m², número de granos por espiga), al provocar alteraciones en los sistemas responsables de la producción y distribución de asimilados dentro de la planta, como disminuciones en el índice de área foliar verde, en la intercepción de radiación acumulada, y consecuentemente, en la acumulación de materia seca y su partición (Satorre et al., 2003). La mancha amarilla, por ser producida por un patógeno necrotrófico, se ha incrementado en los últimos años por el uso de la siembra directa.

Las royas son organismos biotróficos que extraen nutrientes únicamente de tejidos vivos, afecta el rendimiento a través de la reducción en el peso y/o número de granos. La roya amarilla y roya de la hoja son las de mayor importancia y difusión en la región triguera por su mayor frecuencia de aparición y por su plasticidad en requerimientos térmicos. El manejo de las royas se logra a través de la resistencia

genética, control químico, prácticas culturales (siembra directa contribuye al aumento de la epidemia).

La roya de la hoja requiere condiciones climáticas particulares, siendo favorables para su desarrollo temperaturas de 15 a 22 °C, con una óptima de 20 °C y un período de mojado de hoja o rocío no menor a 6 horas (Prescott et al., 1986). Puede completar su ciclo de infección a formación de nuevas pústulas en períodos relativamente cortos (8 a 10 días), por lo que su desarrollo epidémico se hace exponencial en forma rápida (Roelf et al., 1992). Los síntomas se presentan como pústulas rojizo-anaranjadas subepidérmicas (Figura 2). Los uredosoros de aproximadamente 2 mm se distribuyen irregularmente en el haz de la hoja, pudiendo alcanzar las vainas y espiguillas. Al final del ciclo del cultivo aparecen teleosoros castaño oscuros a negros, dispuestos al azar en el envés de las hojas y en las vainas. En el país se han detectado reducciones en el rendimiento de hasta de 40 a 50% en cultivos ante infecciones tempranas de este patógeno (Annone, 2001).



Figura 2. Sintomatología de la roya de la hoja.



Figura 3. Sintomatología de la roya amarilla.

Las manchas foliares son organismos necrotróficos, persistentes en restos vegetales y semillas. Las plantas afectadas producen granos chuzos, en ataques tempranos intensos producen menor número de granos/espiga. Se registran pérdidas de rendimiento que varían entre un 6 y 20%. El control de las manchas foliares se logra a través de curasemillas, rotación de cultivos, control químico, descomposición del rastrojo (Windauer et al., 2003).

Py. tritici repentis puede generar inóculo, infectar al trigo y causar lesiones en un rango considerablemente amplio de condiciones ambientales. Esos procesos ocurren normalmente con temperaturas de 10 a 30 °C (siendo óptimas 19-22 °C) y períodos de 6 a 48 h de alta humedad relativa (Moreno et al., 2012). La mayoría de los cultivares de trigo son severamente afectados después de ser expuestos a alta humedad relativa por 48-54 h después de inoculados.

La sintomatología que provoca la enfermedad está asociada a la producción de manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro, de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por las toxinas que secreta el hongo. Las infecciones secundarias forman los típicos puntos de infección castaño oscuro redondeado de un halo amarillo. En condiciones de alta humedad aparecen bandas alargadas con conidióforos de color castaño oscuro con conidios de color

claro (Carmona et al., 1999). Se han documentado reducciones en el rendimiento de entre 6 y 55% debido a la presencia de mancha amarilla (Pérez Fernández, 2000; Annone et al., 2001).

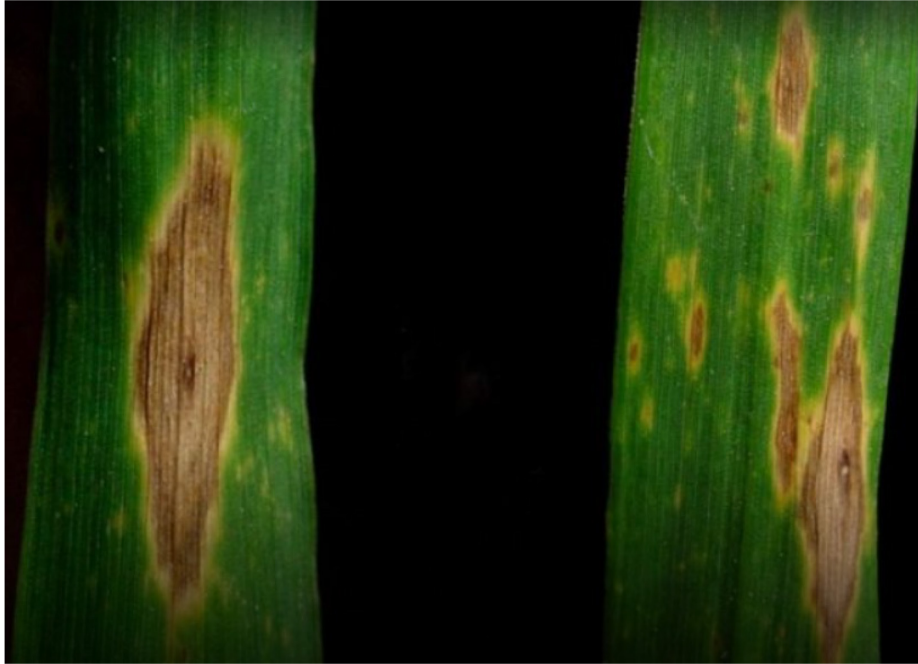


Figura 4. Sintomatología de la mancha amarilla.

Para evitar daños severos y lograr altos rendimientos, el productor cuenta con una herramienta denominada Manejo Integrado de Enfermedades (MIE) en el cual se emplean todas las tácticas disponibles (resistencia genética, semilla tratada, control químico, rotación de cultivos, fertilización) teniendo en cuenta la sustentabilidad ecológica y el retorno económico (Carmona, 2001).

La resistencia genética es la base del manejo integrado, ya que tiene una baja relación costo/beneficio y preserva el medio ambiente. La resistencia es una reacción de defensa del hospedante, resultante de una suma de factores que tienden a disminuir la agresividad y/o la virulencia del patógeno, una vez establecido el contacto con el hospedante (Carmona, 2008). La resistencia genética se obtiene a partir de un mejoramiento planificado, donde se estudia la variabilidad y luego se determina la localización molecular de la resistencia a las enfermedades.

Las enfermedades pueden evaluarse en base a dos parámetros: la incidencia y la severidad. La primera se define como el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total, con este se evalúa la presencia o ausencia de enfermedad o la cantidad de hojas enfermas sobre el total de hojas de la planta. En

cambio, la severidad es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad. La severidad es un parámetro que refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño que le provoca al cultivo. Su evaluación es más compleja que la determinación de la incidencia, porque puede ser subjetiva y por lo tanto requiere de un entrenamiento previo por parte del evaluador (Ivancovich et al., 1998).

Las principales enfermedades foliares que afectan al cultivo de trigo en nuestro país son la roya amarilla (*Puccinia striiformis* West), roya de la hoja o roya anaranjada (*Puccinia triticina* Eriks) y la mancha amarilla [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.

Por un lado resulta de importancia conocer la resistencia de los genotipos que permita su utilización sin aplicación de fungicidas, por el otro para aquellos genotipos susceptibles es importante determinar la efectividad de fungicidas de reciente uso en trigo como son las carboxamidas.

En el contexto del mejoramiento de trigo, este trabajo final evaluó la severidad de enfermedades foliares en una población segregante de trigo con el objetivo de identificar genotipos resistentes que puedan utilizarse en planes de mejoramiento.

2) HIPÓTESIS

- Es factible detectar genotipos resistentes a enfermedades foliares en una población segregante de trigo.
- Los fungicidas foliares que utilizan triazoles y carboxamidas en mezcla son eficientes en el control de las enfermedades foliares.

3) OBJETIVOS

A) Generales

- Contribuir al mejoramiento del trigo a través de la detección de genotipos de trigo sobresalientes para la resistencia a enfermedades foliares y evaluar la eficiencia de control de los fungicidas utilizando mezclas de triazoles y carboxamidas.

B) Específicos

- Evaluar el comportamiento de genotipos de una población segregante de trigo para resistencia a enfermedades foliares, detectando su comportamiento en tratamientos con y sin aplicación de fungicidas.

4) MATERIALES Y MÉTODOS

a) Diseño experimental del ensayo a campo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Ing. Agrónomo Julio Hirschhorn, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

En el ensayo se utilizó una población de 107 genotipos derivados de una población del cruzamiento de los trigos Synthetic 6x × Opata. La población fue multiplicada en el Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK) de Alemania y los progenitores difieren en resistencia a enfermedades foliares.

El diseño del ensayo se realizó en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal fueron los tratamientos de fungicidas (con y sin fungicidas) y la subparcela los genotipos.

La preparación del terreno para la siembra, consistió en una aplicación química con glifosato a principios de mayo, y una labranza posterior con rastra de disco y rastra rotativa. En el mes de junio se llevó a cabo la siembra, buscando una densidad de siembra de 200 plantas/m². Se fertilizó con fósforo en forma de fosfato diamónico (18-46-0), con una dosis de 50 kg/ha, y urea (46-0-0) con una dosis de 50 kg/ha a la siembra. Se realizaron dos tratamientos (con y sin aplicación de fungicida). En el tratamiento con fungicida se aplicó Elatus Ace de Syngenta, sus principios activos son propiconazol 25 g + benzovindiflupyr 4 g. una mezcla de triazol y carboxamida en tres estadios 15 días previos a la observación de enfermedades (fin de macollaje EC 24, Zadoks et al. 1974, hoja bandera desplegada, EC 39 e inicio de formación de grano, EC 70) para poder evaluar en EC31, EC60 y EC80.

b) Evaluaciones realizadas

Durante el transcurso del cultivo, se evaluó la severidad en tres estadios y se calculó el área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE) en todas las hojas verdes, determinándose las enfermedades foliares predominantes por

apreciación visual. En cada medición, se tomaron 10 plantas como muestra de cada parcela, de cada uno de los bloques.

c) Análisis estadísticos

Se realizó un análisis estadístico mediante análisis de varianza para parcelas subdivididas. Los datos se corrigieron mediante $\arcseno \sqrt{\text{severidad}/100}$ para homogeneizar las varianzas y normalizar los residuos. Asimismo se realizó un análisis de covarianza utilizando la fecha de espigazón como covariante, dada la asociación entre la severidad y dicha fecha. Los datos se compararon mediante test de LSD, $P \leq 0.05$.

5) RESULTADOS

A) Datos climáticos

En el Gráfico 1, se observan los valores de precipitaciones mensuales, la temperatura media mensual y la humedad relativa mensual durante el ciclo del cultivo (julio – diciembre). Los datos fueron registrados en la estación agrometeorológica de la Estación Experimental Julio Hirschhorn de Los Hornos, lugar en el cual se llevaron a cabo los estudios de este trabajo.

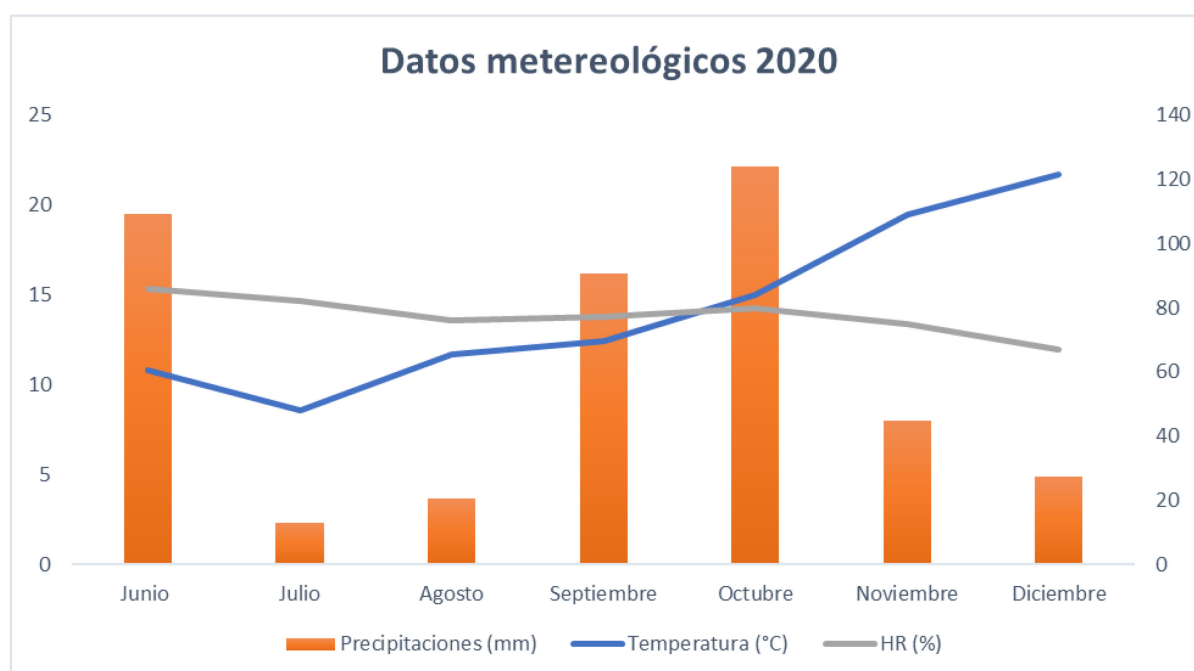


Gráfico 1. Precipitaciones mensuales, temperatura media mensual y humedad relativa mensual, que se presentaron durante el ciclo del cultivo en un ensayo con dos tratamientos (con y sin aplicación de fungicida) y 115 genotipos de trigo.

En el Gráfico 2, se observa que la precipitación acumulada de julio-diciembre 2020 fue de 429,2 mm; con respecto a la serie histórica de datos (1964 - 2018) donde el acumulado fue de 531,9 mm, indicando una reducción en las precipitaciones de 102,7 mm en 2020.

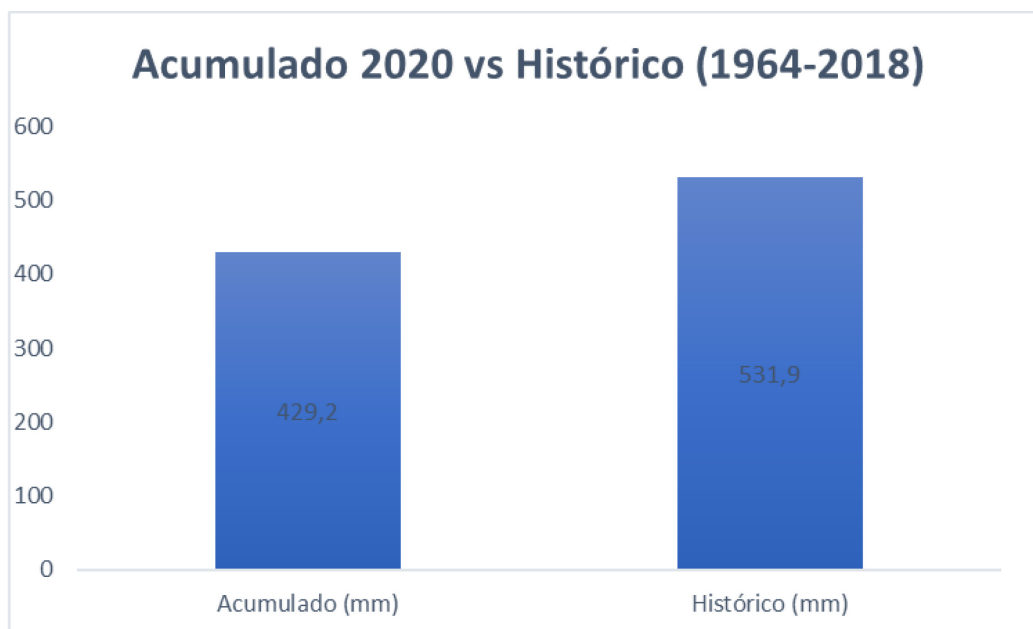


Gráfico 2. Comparación gráfica de las precipitaciones acumuladas en el año 2020, expresadas en milímetros, con respecto a las precipitaciones mensuales de la serie histórica 1964 - 2018.

En el Gráfico 3, se presenta un análisis comparativo de las precipitaciones que se dieron en los meses de julio a diciembre en el año 2020, con respecto a la serie histórica de datos climáticos (1964 - 2018). Se puede observar que en los meses julio, agosto, noviembre y diciembre las precipitaciones mensuales estuvieron por debajo de la media histórica. Contrariamente en los meses junio, septiembre y octubre las precipitaciones tuvieron valores más elevados con respecto a la media histórica.

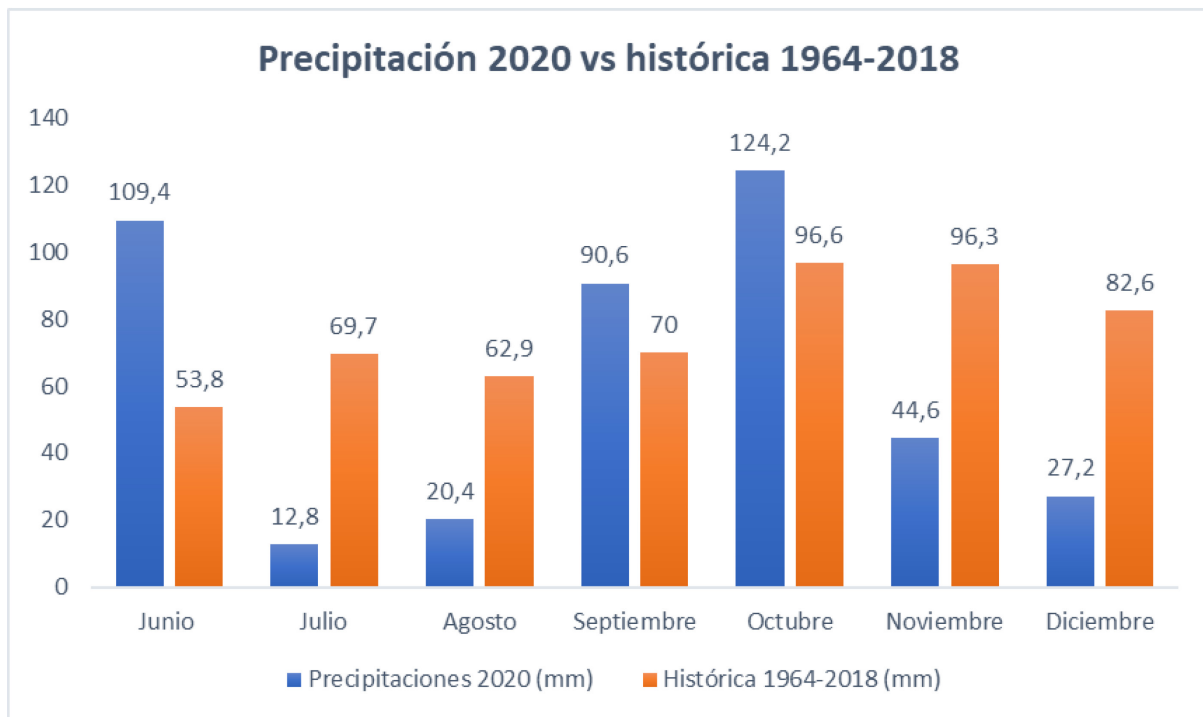


Gráfico 3. Comparación gráfica de precipitaciones mensuales expresadas en milímetros, durante el ciclo del cultivo durante el año 2020 con respecto a las precipitaciones mensuales de la serie histórica 1964 – 2018.

En el Gráfico 4, se presenta un análisis comparativo de las temperaturas medias mensuales que se dieron en los meses de julio a diciembre en el año 2020, con respecto a la serie histórica de datos climáticos (1964 – 2018). En el mes julio de 2020 la temperatura media fue de 8,6 °C, en septiembre (12,4), en octubre (15) y en diciembre (21,7), durante este periodo las temperaturas fueron inferiores comparando con la media histórica para estos meses julio (10,1), septiembre (13,5), octubre (16,4) y diciembre (22,3).

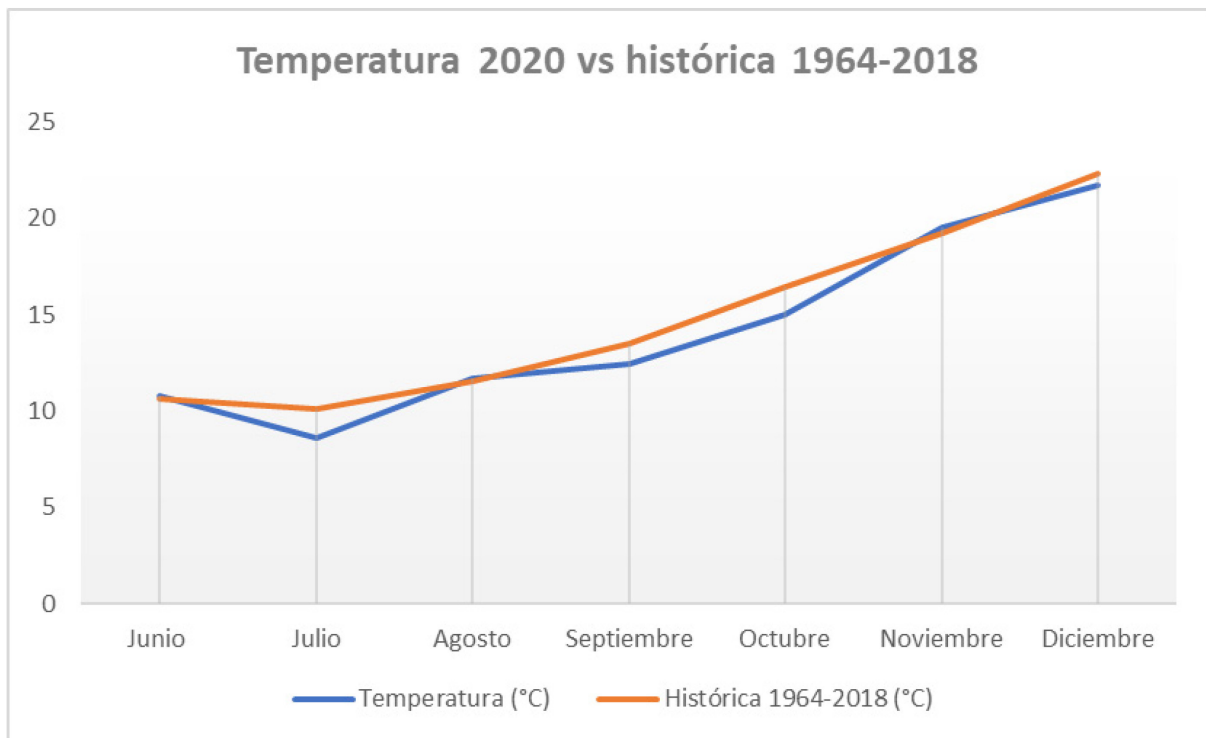


Gráfico 4. Comparación gráfica de temperaturas medias mensuales expresadas en grados centígrados, durante el ciclo del cultivo en el año 2020 con respecto a las temperaturas medias mensuales de la serie histórica 1964 – 2018.

B) Análisis de severidad y área bajo la curva de las enfermedades.

Las evaluaciones se realizaron cuando cada grupo de cultivares llegó a los estadios establecidos. Se detectaron asociaciones significativas entre las variables evaluadas y las fechas de espigazón por lo que los datos fueron corregidos por análisis de covarianza, tal como se indicó en materiales y métodos.

Como se puede observar en la Tabla 1, en el análisis de severidad hubo diferencias significativas entre los distintos genotipos en los estadios evaluados, encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80). También se obtuvieron diferencias significativas para los tratamientos con aplicación de fungicida y sin fungicida para los tres estadios mencionados anteriormente. Con respecto al análisis de severidad de enfermedades fúngicas para la interacción genotipo × tratamiento, únicamente en el estadio de encañazón (EC31) no se presentaron diferencias

significativas, a diferencia de los otros dos estadíos que si las evidenciaron ($P \leq 0,001$).

En el análisis del área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE), se obtuvieron diferencias significativas entre los distintos genotipos evaluados, entre los tratamientos con y sin aplicación de fungicida y para la interacción genotipo \times tratamiento.

Tabla 1. Grados de libertad, cuadrados medios y valor p (ANOVA) para severidad en EC31, EC60, EC80 y área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE) en un ensayo con dos tratamientos con y sin aplicación de fungicida y 107 genotipos de trigo evaluados.

Fuente de variación	Grados de libertad	Severidad en EC31	Severidad en EC60	Severidad en EC80	ABCPE
Genotipo	106	0.0247 $P \leq .001$	0.04244 $P \leq .001$	0.0703 $P \leq .001$	582152 $P \leq .001$
Tratamientos fungicida	1	3.1799 $P \leq .001$	6.1458 $P \leq .001$	16.762 $P \leq .001$	206260485 $P \leq .001$
Genotipo \times Tratamiento	106	0.0100 $P = 0.51$	0.01890 $P \leq .001$	0.0438 $P \leq .001$	210937 $P = 0.043$

En EC31, la severidad de enfermedades arrojó una media de 2,76% para las parcelas con aplicación de fungicida y 11,71% para las parcelas sin fungicida, mostrando una disminución en la severidad de 8,95%, la cual es significativa comparando con el valor LSD (1,097) correspondiente a los tratamientos.

En este estadio se analizaron los valores medios de severidad, debido a que no hubo diferencias significativas en la interacción de genotipo \times tratamiento. Los valores de severidad entre los distintos genotipos fluctuaron desde 0,02% (genotipo 145) y el valor más elevado de severidad observado fue de 21,76% (genotipo 116).

En la Tabla 2, se indican aquellos genotipos que presentaron los valores más bajos de severidad señalados en color verde y por otro lado los genotipos con los valores más elevados de severidad indicados con color naranja, las medias fueron comparadas por el test LSD con el valor correspondiente al análisis de genotipos.

Tabla 2. Análisis de valores medios de severidad entre 107 genotipos de trigo, para el estadio de cultivo encañazón-EC31.

Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %
145	0,02	196	5,38	52	8,52
147	0,05	97	5,56	199	8,69
161	0,25	141	5,6	124	8,86
104	0,29	14	5,7	20	8,88
193	0,52	200	5,87	179	9,26
148	0,56	213	5,91	175	9,33
160	0,87	136	5,92	129	9,4
167	0,91	122	6,02	2	9,92
74	1,74	182	6,06	77	9,93
109	1,81	73	6,07	83	9,96
172	2,14	90	6,08	42	10,08
142	2,25	126	6,16	163	10,37
150	2,37	165	6,18	80	10,59
183	2,41	34	6,25	112	10,77
95	2,48	101	6,26	132	10,92
159	2,72	138	6,31	26	10,95
156	2,81	140	6,71	115	11,07
88	2,82	85	6,77	15	11,25
206	3,25	113	6,84	185	11,42
53	3,3	151	6,88	13	11,55
60	3,56	40	6,89	64	11,76
30	3,63	117	6,92	171	12,01
173	3,96	84	7,02	61	12,5
35	4,01	212	7,31	105	12,59
203	4,03	125	7,44	118	12,69
9	4,24	87	7,55	108	12,8
71	4,28	86	7,57	137	12,88
110	4,46	78	7,59	23	12,89
168	4,77	154	7,67	56	13,44
67	4,81	89	7,75	50	15,51
99	4,81	55	7,82	18	16,38
215	4,9	121	8	92	16,6
164	5,19	33	8,1	181	17,77
10	5,21	188	8,28	133	19,54
144	5,37	96	8,34	116	21,76
31	5,38	82	8,42		

Los genotipos que se encuentran resaltados dentro del cuadrante verde no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de severidad observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, no presentan diferencias significativas con el mayor valor de severidad. Las medias se evaluaron

tomando el valor de LSD (8,672) correspondiente a los genotipos. Los progenitores de la población tuvieron valores de 0.66 para Synthetic 6x y de 3,16 para Opata en EC 31.

En floración (EC60), la severidad de enfermedades tuvo diferencias significativas tanto para los genotipos, tratamientos y para la interacción genotipo × tratamiento. Las parcelas que fueron tratadas con fungicida presentaron valores medios de severidad de 18% y en las que no tuvieron aplicación de fungicida la severidad tuvo un valor medio de 37,84%. Hubo una disminución de 19,84% en la severidad de enfermedades la cual es significativa comparando las medias de ambos tratamientos con el valor LSD (2,208) correspondiente.

En este estadio, analizando los valores de severidad de los tratamientos con y sin fungicida, podemos observar que no tienen el mismo orden y misma respuesta al tratamiento ya que la interacción de genotipo × tratamiento fue significativa.

Para el tratamiento sin fungicida, el valor más bajo fue 12,52% para el genotipo 67, mientras que el valor más alto fue 78,85% correspondiente al genotipo 33. La diferencia total fue 66,33% entre los dos valores extremos. En la Tabla 3, se presentan aquellos genotipos que tuvieron los valores más bajos de severidad indicados en color verde y por otro lado los genotipos con los valores más elevados de severidad en naranja. Los valores fueron comparados por el test LSD con el valor correspondiente a la interacción genotipo × tratamiento. En EC 60 los progenitores tuvieron valores de 47,2 y 13,8 para Synthetic 6x y Opata respectivamente en el tratamiento sin fungicida y 13,21 y 11,3 para los mismos en el tratamiento con fungicida.

Tabla 3. Análisis de valores medios de severidad entre 107 genotipos de trigo sin fungicida, para el estadio de cultivo encañazón-EC60.

Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %
137	17.58	20	36.51
144	17.89	14	36.75
196	19.01	96	36.86
163	20.81	122	37.33
52	20.89	213	37.45
30	22.01	105	37.92
35	22.01	193	37.97
83	22.57	171	38.27
77	22.72	97	38.54
125	23.79	9	38.68

133	25.26	89	38.97
168	25.49	115	39.45
147	25.6	40	40.54
50	25.78	82	41.2
175	25.91	95	41.21
142	26.34	34	41.31
53	26.6	71	41.39
185	26.7	203	41.44
99	26.75	101	41.59
18	26.99	126	41.63
31	27.49	113	42.76
212	27.63	150	43.21
129	28.64	15	43.22
10	28.73	64	43.35
92	29.04	108	43.39
164	29.1	141	43.66
80	29.23	60	44.12
55	29.42	179	44.33
160	29.64	42	44.75
161	30.13	110	44.95
167	30.45	200	45.97
124	31.31	148	47.15
181	31.7	151	47.28
2	31.9	88	47.64
136	32.19	61	47.76
56	32.55	173	48.37
85	32.73	182	48.39
121	33.44	84	50.56
188	33.61	26	50.58
156	33.84	23	51.27
87	34.14	199	51.45
172	34.3	140	51.57
145	34.48	86	52.56
74	34.49	165	55.68
117	34.52	183	56.91
116	34.73	154	58.29
118	34.75	159	66.78
13	34.99	112	66.89
138	35	90	68.59
78	35.09	73	71.25
104	35.45	109	75.75
206	36.31	33	78.85
215	36.36		

Los genotipos que se encuentran resaltados dentro del cuadrante verde no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de severidad observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, no presentan diferencias

significativas con el mayor valor de severidad. Las medias se evaluaron tomando el valor de LSD (16,85) correspondiente a la interacción genotipo por tratamiento.

Podemos observar que los genotipos que tuvieron un mejor comportamiento sin la aplicación de un fungicida fueron los siguientes: 67, 137, 144, 196, 163, 52, 30, 35, 83, 77, 125, 133, 168, 147, 50, 175, 142, 53, 185, 99, 18, 31, 212, 129, 10, 92, 164 y 80. Entre estos genotipos no hay diferencias significativas. Mientras que los genotipos que peor comportamiento tuvieron son: 159, 112, 90, 73, 109 y 33.

Para el tratamiento con fungicida, el valor más bajo fue 0% para el genotipo 185, mientras que el valor más alto fue 46,26% correspondiente al genotipo 154. La diferencia total fue 46,26% entre los dos valores extremos. En la Tabla 4, se presentan aquellos genotipos que tuvieron los valores más bajos de severidad indicados en color verde y por otro lado los genotipos con los valores más elevados de severidad en naranja. Los valores fueron comparados por el test LSD con el valor correspondiente a la interacción genotipo por tratamiento.

Tabla 4. Análisis de valores de severidad con fungicida para el estadio de cultivo floración-EC60.

Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %
185	0	142	18.74
83	0.55	121	18.78
188	1.53	33	18.96
40	2.5	140	19.07
175	3.48	34	19.16
42	6.36	115	19.23
60	6.47	15	19.41
164	6.8	92	20.01
77	6.81	97	20.13
206	7.84	53	20.93
145	7.91	129	21
173	8.24	85	21.09
137	8.76	199	21.45
30	8.82	86	21.6
104	9.25	95	21.75
203	9.37	96	22.01
35	9.68	13	22.12
10	9.92	156	22.12
9	10.21	159	22.17
125	10.3	136	22.18
31	10.64	18	22.29
99	11	144	22.59
67	11.04	105	22.72

200	11.06	113	22.76
71	11.57	82	23.03
183	12.14	193	23.13
50	12.39	147	23.74
78	12.74	160	23.88
52	12.78	181	24.01
133	12.94	132	24.02
2	13.06	124	24.05
196	13.22	20	24.12
215	13.77	116	24.14
87	13.87	150	24.55
118	14.09	90	24.95
161	14.5	108	25.12
73	14.55	213	25.15
212	14.7	64	25.61
168	14.91	26	26.64
88	15.24	61	26.99
138	15.58	14	27.13
163	15.65	101	27.28
80	15.83	117	27.31
109	15.88	56	27.48
179	15.89	126	27.65
172	16.15	23	28.29
122	16.64	89	29.57
141	16.68	148	30.45
74	17.1	182	31.23
171	17.25	112	31.92
167	17.89	84	32.59
110	18.26	165	35.99
151	18.45	154	46.26
55	18.71		

Los genotipos que se encuentran pintados dentro del cuadrante verde no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de severidad observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, no presentan diferencias significativas con el mayor valor de severidad. Las medias se evaluaron tomando el valor de LSD (16,85) correspondiente a la interacción genotipo por tratamiento.

Podemos observar que los genotipos que tuvieron un mejor comportamiento con la aplicación de fungicida fueron los siguientes: 185, 83, 188, 40, 175, 42, 60, 164, 77, 206, 145, 173, 137, 30, 104, 203, 35, 10, 9, 125, 31, 99, 67, 200, 71, 183, 50, 78, 52, 133, 2, 196, 215, 87, 118, 161, 73, 212, 168, 88, 138, 163, 80, 109, 179, 172, 122 y 141. Entre estos genotipos no hay diferencias significativas. Mientras que

los genotipos que peor comportamiento tuvieron son: 154, 165, 84, 112, 182, 148 y 89.

Comparando aquellos que han tenido mejor respuesta a enfermedades tanto sin la aplicación y con aplicación fueron: 185,137, 196, 52, 30, 83, 77, 125, 133, 168, 50, 175, 99, 31, 212, 10, 164 y 80. Mientras que los siguientes genotipos, tuvieron solamente buena respuesta a severidad sin la aplicación de fungicidas: 67, 144, 163, 35, 147, 142, 53, 18, 129 y 92. Los siguientes genotipos sólo tuvieron buena respuesta a severidad con la aplicación de fungicidas: 188, 40, 42, 60, 206, 145, 173, 137, 104, 203, 9, 67, 200, 71, 183, 78, 2, 215, 87, 118, 161, 73, 88, 138, 109, 179, 172, 122 y 141.

En la siguiente tabla, unificamos los valores de severidad en cada uno de los genotipos en cada tratamiento, con y sin fungicida. Se puede observar claramente una disminución de los valores en los genotipos con tratamiento de fungicida, pero se observa que en algunos genotipos la reducción fue muy importante, en tanto en otros fue pequeña. Esto puede estar relacionado con varios factores, entre ellos el tipo de enfermedad predominante.

Tabla 5. Valores de severidad tanto con y sin fungicida para cada uno de los genotipos.

Genotipo	Severidad (CF%)	Severidad (SF%)	Genotipo	Severidad (CF%)	Severidad (SF%)
2	13.06	31.9	115	19.23	39.45
9	10.21	38.68	116	24.14	34.73
10	9.92	28.73	117	27.31	34.52
13	22.12	34.99	118	14.09	34.75
14	27.13	36.75	121	18.78	33.44
15	19.41	43.22	122	16.64	37.33
18	22.29	26.99	124	24.05	31.31
20	24.12	36.51	125	10.3	23.79
23	28.29	51.27	126	27.65	41.63
26	26.64	50.58	129	21	28.64
30	8.82	22.01	132	24.02	36.47
31	10.64	27.49	133	12.94	25.26
33	18.96	78.85	136	22.18	32.19
34	19.16	41.31	137	8.76	17.58
35	9.68	22.01	138	15.58	35
40	2.5	40.54	140	19.07	51.57
42	6.36	44.75	141	16.68	43.66
50	12.39	25.78	142	18.74	26.34

52	12.78	20.89	144	22.59	17.89
53	20.93	26.6	145	7.91	34.48
55	18.71	29.42	147	23.74	25.6
56	27.48	32.55	148	30.45	47.15
60	6.47	44.12	150	24.55	43.21
61	26.99	47.76	151	18.45	47.28
64	25.61	43.35	154	46.26	58.29
67	11.04	12.52	156	22.12	33.84
71	11.57	41.39	159	22.17	66.78
73	14.55	71.25	160	23.88	29.64
74	17.1	34.49	161	14.5	30.13
77	6.81	22.72	163	15.65	20.81
78	12.74	35.09	164	6.8	29.1
80	15.83	29.23	165	35.99	55.68
82	23.03	41.2	167	17.89	30.45
83	0.55	22.57	168	14.91	25.49
84	32.59	50.56	171	17.25	38.27
85	21.09	32.73	172	16.15	34.3
86	21.6	52.56	173	8.24	48.37
87	13.87	34.14	175	3.48	25.91
88	15.24	47.64	179	15.89	44.33
89	29.57	38.97	181	24.01	31.7
90	24.95	68.59	182	31.23	48.39
92	20.01	29.04	183	12.14	56.91
95	21.75	41.21	185	0	26.7
96	22.01	36.86	188	1.53	33.61
97	20.13	38.54	193	23.13	37.97
99	11	26.75	196	13.22	19.01
101	27.28	41.59	199	21.45	51.45
104	9.25	35.45	200	11.06	45.97
105	22.72	37.92	203	9.37	41.44
108	25.12	43.39	206	7.84	36.31
109	15.88	75.75	212	14.7	27.63
110	18.26	44.95	213	25.15	37.45
112	31.92	66.89	215	13.77	36.36
113	22.76	42.76			

En grano pastoso (EC80), la severidad de enfermedades tuvo diferencias significativas para los genotipos, los tratamientos y para la interacción genotipo xtratamiento. Las parcelas que fueron tratadas con fungicida presentaron valores medios de severidad de 45,64% y en las que no tuvieron aplicación de fungicida, la severidad tuvo un valor medio de 78,59%. Hubo una disminución 32,95% en la severidad de enfermedades la cual es significativa comparando las medias de ambos tratamientos con el valor de LSD (2,163) correspondiente.

En este estadio, analizando los valores de severidad de los tratamientos con y sin fungicida, podemos observar que no tienen el mismo orden y misma respuesta al tratamiento ya que la interacción de genotipo por tratamiento fue significativa.

Para el tratamiento sin fungicida, el valor más bajo fue 42,34% para el genotipo 137, mientras que el valor más alto fue 100% correspondiente a los genotipos 61, 141, 96, 33, 60 y 95. La diferencia total fue 57,66% entre los dos valores extremos. En la Tabla 5, se presentan los valores de severidad de cada uno de los genotipos sin la aplicación de fungicidas. Aquellos genotipos que tuvieron los valores más bajos de severidad están indicados en color verde y por otro lado los genotipos con los valores más elevados de severidad en naranja. En este estadio los progenitores tuvieron valores de 74,45 y 72,77 para Synthetic y Opata respectivamente en el tratamiento sin fungicida y de 23,46 y 36,8 en el tratamiento con fungicida. Los valores fueron comparados por el test LSD con el valor correspondiente a la interacción genotipo por tratamiento.

Tabla 6. Análisis de valores de severidad sin fungicida para el estadio de cultivo grano pastoso-EC80.

Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %
137	42.34	67	78.97
164	52.11	185	79.13
203	52.98	84	79.14
179	55.55	99	79.14
212	55.83	14	79.3
172	55.85	23	79.78
97	56.12	138	80.15
167	59.53	56	81.11
92	60.17	30	81.27
117	60.74	125	81.64
132	61.36	199	81.68
136	61.36	215	82.66
101	62.01	159	82.74
18	62.18	78	83.14
206	62.26	142	83.15
89	63.64	140	83.17
188	63.99	26	83.39
213	64.34	122	83.87
151	64.51	171	84.68
2	64.59	200	84.87
196	65.3	154	85.29
50	66.5	118	85.38
121	66.57	64	85.53

42	66.71	53	87.89
126	67.58	31	89.06
168	67.62	40	89.38
144	67.76	80	89.62
133	69.19	34	90.57
10	71.1	156	92.02
115	71.26	116	92.08
71	71.7	173	92.21
150	71.75	35	92.4
113	71.79	73	92.78
9	72.15	86	92.96
124	72.3	160	93.13
175	72.46	110	93.68
83	72.62	109	94.7
148	72.81	74	95.26
163	72.85	55	96.36
182	72.89	87	96.58
13	73.78	20	96.86
105	73.86	112	96.94
161	74.04	88	98.31
85	74.08	90	98.95
52	74.4	145	99.05
181	75.7	193	99.06
15	75.74	104	99.53
129	75.96	61	100
165	76.04	141	100
147	76.82	96	100
82	77.49	33	100
183	77.53	60	100
108	77.63	95	100
77	78.32		

Los genotipos que se encuentran pintados dentro del cuadrante verde no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de severidad observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, no presentan diferencias significativas con el mayor valor de severidad. Las medias se evaluaron tomando el valor de LSD (23,37) correspondiente a la interacción genotipo x tratamiento.

Podemos observar que los genotipos que tuvieron un buen comportamiento a las enfermedades sin aplicación de fungicidas fueron: 137, 164, 203, 179, 212, 172, 97, 167, 92, 117, 132, 136, 101, 18, 206, 89, 188, 213, 151, 2 y 196 (entre ellos no hubo diferencias significativas). Mientras que los genotipos que peor comportamiento

tuvieron fueron: 147, 82, 183, 108, 77, 159, 78, 142, 140, 26, 122, 171, 200, 154, 118, 64, 53, 31, 40, 80, 34, 156, 116, 173, 35, 73, 86, 160, 110, 109, 74, 55, 87, 20, 112, 88, 90, 145, 193, 104, 61, 141, 96, 33, 60 y 95 (sin diferencias significativas entre estos genotipos).

Para el tratamiento con fungicida, el valor más bajo fue 15,13% para el genotipo 203, mientras que el valor más alto fue 75,49% correspondiente al genotipo 108. La diferencia total fue 60,36% entre los dos valores extremos. En la tabla 6, se presentan aquellos genotipos que tuvieron los valores más bajos de severidad indicados en color verde y por otro lado los genotipos con los valores más elevados de severidad en naranja. Los valores fueron comparados por el test LSD con el valor correspondiente a la interacción genotipo × tratamiento.

Tabla 7. Análisis de valores de severidad con fungicida para el estadio de cultivo grano pastoso-EC80.

Genotipo	Severidad %	Genotipo	Severidad %
203	15.13	67	43.78
83	19.79	53	44.82
74	22.5	173	45.5
168	26.05	129	45.71
164	28.05	171	46.02
40	28.35	71	46.14
30	28.62	140	46.19
167	29.01	85	46.52
77	29.99	80	46.65
61	30.14	150	47.21
179	31.3	161	47.25
213	32.39	133	47.44
172	32.44	193	48.13
137	32.57	145	48.35
206	32.68	200	48.58
35	32.95	147	48.81
188	33.25	117	49.42
104	33.31	15	49.97
13	33.44	121	50.57
42	33.53	144	50.79
148	33.55	33	51.4
212	34.22	60	51.52
122	34.77	101	52.31
89	34.92	151	53.13
9	35.51	23	53.16
34	35.85	84	53.31
90	36.33	109	54.05

10	37.34	56	55.89
141	37.69	115	56
97	37.79	86	56.07
52	37.85	95	56.18
215	37.91	113	56.4
199	37.96	125	57.37
31	38.13	87	57.59
124	39.17	154	57.61
132	39.17	138	57.86
78	39.48	163	58.7
2	39.68	142	59.24
18	40.44	99	61.25
92	40.52	73	61.66
88	40.91	14	62.36
165	41.2	105	62.53
96	41.45	110	63.25
126	41.57	185	64.56
50	41.75	55	64.89
156	42.11	118	68.05
182	42.15	159	69.99
181	42.16	116	71.09
136	42.22	112	71.16
175	42.3	183	71.42
20	42.32	26	73.57
82	42.58	64	73.89
196	43.12	108	75.49
160	43.3		

Los genotipos que se encuentran pintados dentro del cuadrante verde no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de severidad observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, no presentan diferencias significativas con el mayor valor de severidad. Las medias se evaluaron tomando el valor de LSD (23,37) correspondiente a la interacción genotipo x tratamiento.

Podemos observar que los genotipos que tuvieron un mejor comportamiento sin la aplicación de un fungicida fueron los siguientes: 203, 83, 74, 168, 164, 40, 30, 167, 77, 61, 179, 213, 172, 137, 206, 35, 188, 104, 13, 42, 148, 212, 89, 9, 34, 90, 10, 141, 97, 52, 215, 199 y 31 (no hubo diferencias significativas entre estos genotipos). Mientras que los siguientes genotipos fueron los que peor comportamiento tuvieron: 101, 151, 23, 84, 109, 56, 115, 86, 95, 113, 125, 87, 154, 138, 163, 142, 99, 73, 14, 105, 110, 185, 55, 118, 159, 116, 112, 183, 26, 64 y 108.

Comparando aquellos genotipos que han tenido buena respuesta a enfermedades tanto sin la aplicación y con aplicación fueron: 137, 164, 203, 179, 212, 172, 97, 167, 206, 188 y 213. Mientras que los siguientes genotipos, tuvieron solamente buena respuesta a severidad sin la aplicación de fungicidas: 92, 117, 132, 136, 101, 18, 89, 151, 2 y 196. Mientras que los siguientes, solo tuvieron buena respuesta a severidad frente a la aplicación de fungicida: 83, 74, 168, 40, 30, 167, 77, 61, 35, 104, 13, 42, 148, 89, 9, 34, 90, 10, 141, 52, 215, 199 y 31.

En conclusión, en los estadios EC60 y EC80, se puede evidenciar que algunos genotipos tuvieron una mayor resistencia a enfermedades sin la necesidad de aplicar un fungicida. En algunos casos, se evidenció que ante una aplicación, ciertos genotipos tuvieron una mejor respuesta, mientras que otros, a pesar de que tuvieron buen comportamiento sin la aplicación de fungicida, no tuvieron la misma respuesta al fungicida. Por otro lado, algunos genotipos que no tuvieron buen comportamiento sin la aplicación de fungicida, sí evidenciaron una buena respuesta a la aplicación. Esto nos da lugar a identificar aquellos genotipos que tuvieron mayor resistencia genética al ataque de patógenos cuando no se agregó el fungicida.

Por último, comparando en ambos estadios sin la aplicación de fungicida, los genotipos que mejor se comportaron fueron: 137, 164, 212, 18, 92 y 196. Comparando en ambos estadios, con la aplicación de fungicidas, los genotipos que mejor se comportaron fueron: 203, 83, 168, 164, 40, 30, 77, 179, 172, 137, 206, 35, 188, 104, 42, 212, 122, 9, 10, 141, 52, 215 y 31. Los genotipos que tuvieron buena respuesta en ambos estadios y en ambos tratamientos fueron: 137, 164 y 212. Los genotipos que peor se comportaron, sin la aplicación de fungicida son: 159, 112, 90, 73, 109 y 33. Con aplicación, los peores que se comportaron fueron el 112, 84, y 154. El que peor respuesta tuvo en ambos tratamientos y en ambos estadios fue el 112.

En el Gráfico 5, pueden observarse los porcentajes de severidad promedio para los dos tipos de tratamientos y cómo fue su progreso en los distintos estadios evaluados a lo largo del ciclo del cultivo. A medida que avanzó el ciclo del cultivo, puede identificarse un aumento en el valor promedio del porcentaje de severidad en cada uno de los estadios. Las líneas naranjas representan los aumentos de valores entre estadios. Para el tratamiento sin fungicida, el aumento entre EC31 a EC60 fue de 26.13, mientras que de EC60 a EC80 fue de 40.75; por el otro lado, el tratamiento

con fungicida entre el estadio EC31 y EC60 el aumento fue de 15.24, mientras que del EC60 al EC80 fue de 27.64.

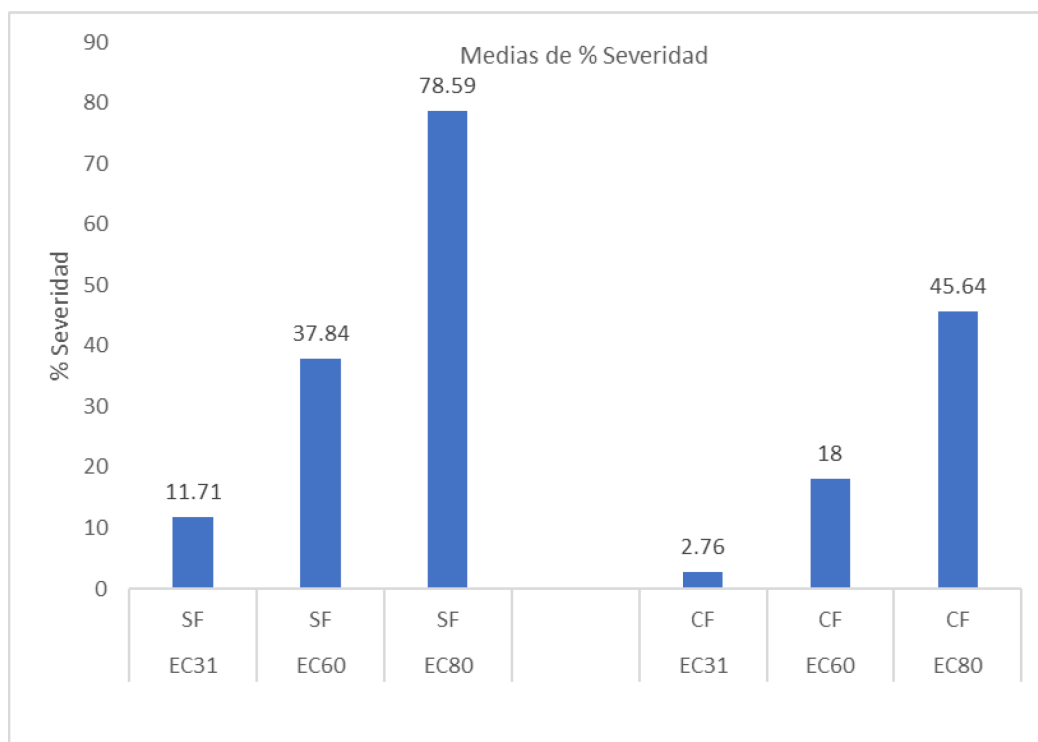


Gráfico 5. Comparación entre los porcentajes de severidad promedio de los distintos estadios evaluados para los tratamientos sin fungicida y con fungicida.

En el análisis del área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE), las parcelas que fueron tratadas con fungicidas presentaron una media en el valor de 1213 y en aquellas que no tuvieron aplicación de fungicida, la media fue de 2602, siendo la diferencia de 1389.

En las parcelas con aplicación de fungicida los valores de ABCPE fluctuaron desde 380 para el genotipo 83 hasta 2434 en el genotipo 116. Para las parcelas sin aplicación de fungicidas el genotipo 196 presentó el valor más bajo de área bajo la curva siendo el mismo 1667 y el valor más elevado fue de 3988 para el genotipo 112. En la Tabla 7, se presentan aquellos genotipos con los valores más bajos de ABCPE indicados en verde y los genotipos con los valores más elevados con color naranja, para ambos tratamientos con y sin aplicación de fungicida. Los progenitores tuvieron valores de 2171,3 y 1472,1 para Synthetic y Opata en el tratamiento sin fungicida y de 647,7 y 812,9 en el tratamiento con fungicida.

Tabla 8. Comparación de valores medios de área bajo la curva, en dos tratamientos con y sin aplicación de fungicida.

Con Fungicida				Sin Fungicida			
Genotipo	ABCPE	Genotipo	ABCPE	Genotipo	ABCPE	Genotipo	ABCPE
83	380	121	1231	196	1667	179	2603
77	532	160	1233	67	1705	50	2607
40	557	61	1236	147	1722	121	2607
203	560	82	1239	99	1754	113	2622
164	588	33	1249	164	1754	89	2623
188	609	193	1256	161	1764	132	2635
206	697	136	1257	172	1783	122	2656
104	710	138	1262	167	1785	140	2678
145	754	126	1266	30	1885	95	2692
42	761	129	1266	137	1960	182	2706
168	782	147	1268	35	1974	151	2708
74	789	163	1269	144	2000	115	2714
30	811	85	1277	136	2012	60	2731
31	813	150	1303	206	2044	165	2736
167	827	20	1320	203	2063	124	2765
215	834	86	1323	142	2070	173	2773
10	847	144	1328	97	2084	40	2776
185	890	95	1331	160	2084	82	2801
35	897	142	1356	9	2087	34	2825
173	911	50	1388	168	2106	171	2839
212	918	133	1392	175	2114	42	2847
52	922	13	1396	148	2130	84	2848
172	939	132	1407	156	2157	92	2850
9	943	80	1414	10	2171	110	2852
179	949	181	1414	212	2173	88	2857
78	951	124	1417	117	2205	18	2864
200	971	117	1432	53	2241	87	2869
88	973	23	1438	104	2245	78	2885
71	977	15	1442	150	2271	200	2890
196	987	110	1450	2	2280	118	2892
137	1007	18	1451	77	2294	141	2961
161	1021	101	1457	71	2308	15	3007
60	1022	182	1469	145	2312	20	3007
141	1027	113	1470	52	2317	159	3071
34	1028	92	1472	74	2318	23	3075
122	1056	171	1482	14	2340	80	3096
175	1062	165	1494	193	2354	96	3152
97	1068	55	1541	85	2370	133	3178
199	1080	105	1551	188	2370	199	3192
67	1082	115	1562	31	2373	64	3240
213	1086	140	1567	213	2381	109	3267

99	1106	84	1587	125	2391	26	3301
90	1133	159	1613	83	2455	86	3330
96	1138	183	1628	215	2492	108	3352
148	1154	118	1646	13	2493	181	3362
125	1155	64	1695	129	2495	61	3448
109	1169	14	1750	55	2511	105	3473
87	1188	112	1894	183	2514	116	3520
89	1190	154	1898	163	2524	154	3691
2	1194	108	1957	56	2527	90	3710
53	1199	26	2184	126	2546	73	3723
151	1202	56	2287	138	2551	33	3793
73	1215	116	2434	185	2575	112	3988
156	1229			101	2597		

Los genotipos que se encuentran dentro de los cuadrantes verdes, sus valores medios de ABCPE, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al menor valor de área bajo la curva observado en este estadio de cultivo. Aquellos genotipos que se encuentran dentro del cuadrante naranja, sus valores medios de ABCPE, no presentan diferencias significativas con el mayor valor de área bajo la curva. Las medias se evaluaron tomando el valor LSD (807,1) correspondiente a la interacción genotipo × tratamiento.

En el Gráfico 6, podemos observar comparativamente las áreas bajo la curva de todos los genotipos de los dos tratamientos. En azul se identifican los valores de ABCPE de los tratamientos sin aplicación de fungicidas, y en naranja los valores de los tratamientos con aplicación de fungicida. Se puede evidenciar una disminución del área afectada bajo el efecto de los fungicidas aplicados, notándose una mejor sanidad en las plantas que fueron tratadas con el fungicida.

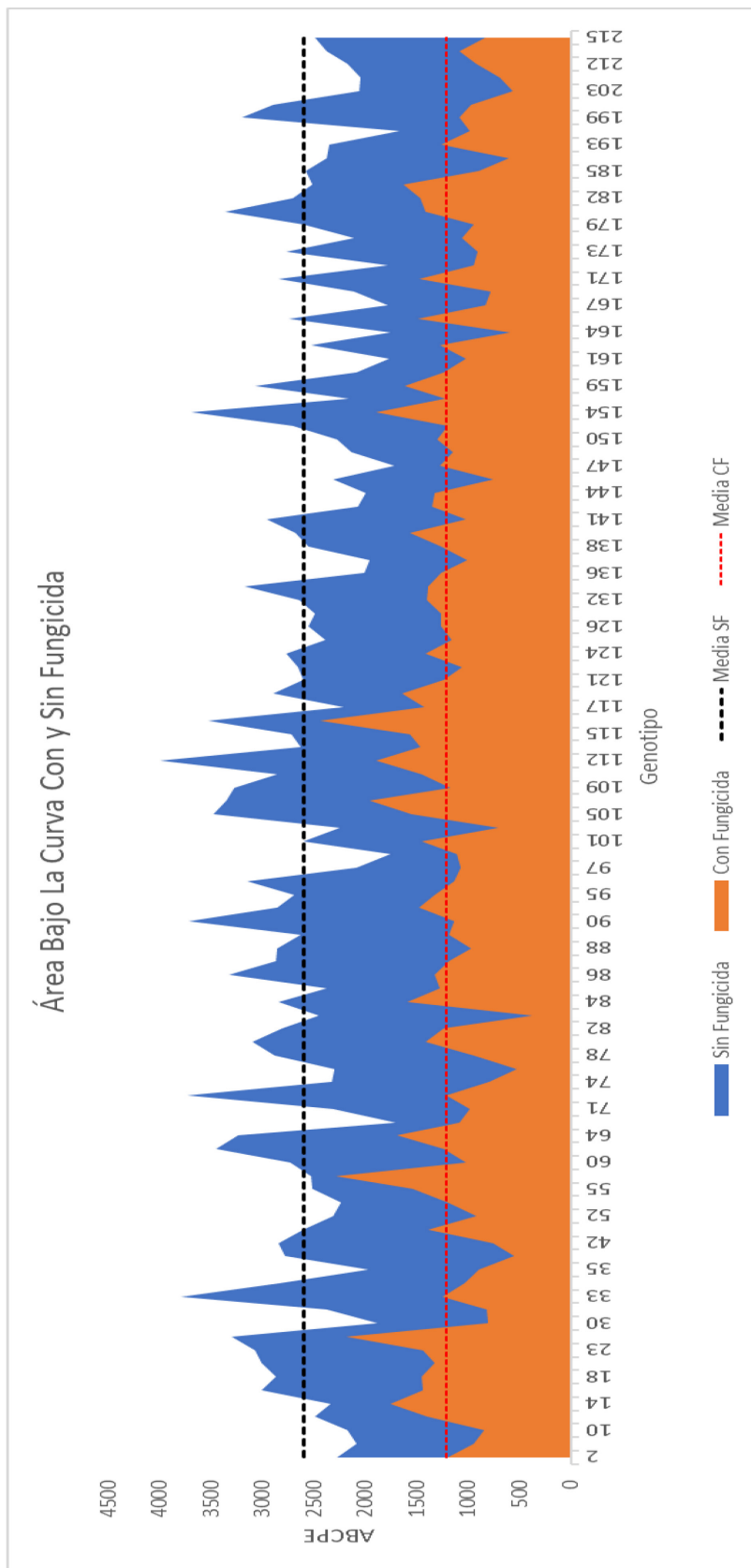


Gráfico 6. Gráfico comparativo de área bajo la curva de progreso de las enfermedades de los genotipos de trigo de los tratamientos sin fungicida y con fungicida.

En el estudio del área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE) se puede apreciar cómo disminuyen los valores de área bajo la curva en las parcelas que fueron tratadas con el fungicida. Podemos destacar también el comportamiento diferencial de los genotipos evaluados, ya que el estudio estadístico también demostró diferencias significativas entre los mismos, con genotipos que presentaron un muy buen comportamiento frente a la severidad de las enfermedades foliares a lo largo del ciclo del cultivo lo cual se ve reflejado en valores bajos de ABCPE.

6) DISCUSIÓN

Una de las principales limitaciones biológicas que disminuyen la expresión de la potencialidad de los rendimientos del cultivo de trigo en Argentina son las enfermedades foliares de origen fúngicas por lo que las medidas de manejo que puedan utilizarse resultan de fundamental importancia, entre ellas la resistencia genética ocupa un papel preponderante. La resistencia genética es la base del manejo integrado de plagas y enfermedades, ya que tiene una baja relación costo/beneficio y preserva el medio ambiente. La resistencia es una reacción de defensa del hospedante, resultante de una suma de factores que tienden a disminuir la agresividad y/o virulencia del patógeno, una vez establecido el contacto con el hospedante.

Aquellos genotipos que presenten mayor resistencia podrán luego generar una mayor biomasa y lograr un mayor rendimiento final. En este sentido, Waggoner & Berger (1987) y Bancal et al. (2007) afirman que las enfermedades foliares afectan la producción de biomasa al reducir el índice de área foliar total (IAFT) y el índice de área foliar verde (IAFV), asociado con los procesos de senescencia foliar que generan (Bergamin Filho et al., 1997; Jesus Junior et al., 2001; Schierenbeck et al., 2014; Schierenbeck 2015), pudiendo afectar la supervivencia de macollos (Lim & Gaunt, 1986; Whelan et al., 1997). Por su parte, Schierenbeck et al. 2016 documentó reducciones de entre 8-20% en la generación de biomasa aérea ante inoculaciones de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis*. Dentro de los componentes del rendimiento, la disminución en el PMG ante infecciones generadas por patógenos foliares en trigo ha sido ampliamente documentada (Gooding et al., 2000; Dimmock & Gooding, 2002; Ishikawa et al., 2011; Simón et al., 2011; Serrago et al., 2014).

Las condiciones climáticas del año de estudio influenciaron fuertemente el desarrollo epidemiológico de las enfermedades evaluadas, coincidiendo con Wegulo et al. (2012) y Campbell & Madden (1990). A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que el desarrollo de enfermedades mostró valores de severidad significativamente altos en el estadio EC80 a medida que aumentó la presión de inóculo debido a condiciones ambientales de humedad y temperatura predisponentes, provocando aumentos en el ABCPE. Esto se puede asociar con incrementos en la temperatura media, humedad relativa ambiente y precipitaciones que inciden en la supervivencia, reproducción y sobrevivencia de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, patógenos que preponderaron en el ensayo ejecutado.

En EC 31, hubo varios cultivares que presentaron baja severidad, debido a condiciones ambientales no predisponentes y la escasa reproducción de los patógenos presentes. En EC 60, correspondiente a la floración, la enfermedad que predominó fue la mancha amarilla y en estadios más avanzado tuvo mayor importancia la roya de la hoja. En el estadio EC 80, el aumento en los valores medios de severidad puede estar condicionado además por la senescencia del cultivo.

Se comprueba la existencia de variabilidad genotípica para la severidad de enfermedades foliares, ya que se observaron diferencias significativas entre los distintos genotipos para la severidad en los tres estadios. El tratamiento con fungicida presentó diferencias significativas para los valores de severidad en los tres estadios (EC 31, EC 60, EC 80) y en ABCPE. Analizando los progenitores y los genotipos, podemos determinar que no hubo herencia transgresiva con respecto a Opata. Con respecto a Synthetic, observamos que hay ciertos genotipos que tuvieron mayor resistencia respecto a este progenitor. El progenitor Opata presentó una mayor resistencia en el tratamiento sin fungicida con respecto a Synthetic, pero luego en el tratamiento con fungicida, su comportamiento se invirtió. Esto se debió a que en Synthetic la enfermedad predominante fue roya de la hoja, mientras que en Opata hubo solo mancha y en general una mayor respuesta al fungicida en el control de roya de la hoja que en el de mancha.

Por último, luego del análisis, la interacción genotipo × tratamiento de fungicida solo tuvo respuestas significativas en la severidad en los estadios EC 60 y EC 80, además del ABCPE, indicando que la respuesta de los genotipos fue diferente frente a la aplicación de fungicidas. Esto se puede asociar con lo

mencionado anteriormente, en donde se establece que también intervienen otros factores como la susceptibilidad del genotipo a dicha enfermedad y que patógenos se encuentran presentes.

La respuesta al control químico es función, entre otros factores, del comportamiento sanitario del cultivar. Normalmente, los materiales categorizados como resistentes o moderadamente resistentes a una determinada enfermedad no requieren aplicación de fungicidas para esa enfermedad en particular y no presentarán respuesta en rendimiento a la aplicación. Por otra parte, en cultivares altamente susceptibles, la mayor respuesta se obtiene mediante la aplicación de fungicidas con mayor eficiencia de control y residualidad (Pereyra & Germán, 2012).

7) CONCLUSIONES

La contrastación de hipótesis permite determinar que:

Hipótesis 1: Es factible detectar genotipos resistentes a enfermedades foliares en una población segregante de trigo.

La hipótesis no se rechaza ya que en los tratamientos sin fungicida se evidenciaron notorias diferencias en resistencia a enfermedades foliares, lo que implica que algunos de los genotipos son potenciales candidatos a ser utilizados en cruza para mejorar la resistencia a dichas enfermedades.

Hipótesis 2: Los fungicidas foliares que utilizan triazoles y carboxamidas en mezcla son eficientes en el control de las enfermedades foliares

La hipótesis no se rechaza, ya que en todos los estadios analizados los resultados estadísticos demostraron diferencias significativas en los niveles de severidad de las parcelas tratadas con fungicidas en contraposición a las que no tuvieron aplicación. El fungicida demostró disminuir los valores en la severidad de las enfermedades en forma diferencial, lo que demuestra la eficacia de la mezcla triazol-carboxamida

8) BIBLIOGRAFÍA

- **Abbate, P.** 2017. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. En: Manual del cultivo de trigo. Divito, G.A. & García, F.O. Ed. Guillermo A.

Divito y Fernando Oscar García, International Plant Nutrition Institute, Acassuso. pp:7-21.

- **Abbate, P., Miralles, D. & Ballesteros, A.** 2021. Nuevo mapa de subregiones trigueras y de otros cereales invernales. Revista Visión Rural Julio - Agosto 2021. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/subregiones_trigueras_2021-06-18_final.pdf.
- **Annone, J.G.** 2001. Principales enfermedades foliares del trigo asociadas a siembra directa en Argentina. Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR, Montevideo. pp. 73-88.
- **Annone, J.G., R. García, G. Botta, A. Ivancovich.** 2001. Pérdidas de rendimiento ocasionadas por la "Roya de la Hoja" y la "Mancha Amarilla" del trigo: estimaciones en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Revista de Tecnología Agropecuaria Vol. VI, Núm. 16. E.E.A. INTA Pergamino. pp 21-23.
- **Bancal, M.O., C. Robert & B. Ney.** 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. Annals of Botany. Oxford. 100: 777-789.
- **Bergamin Filho, A., S.M.T.P.G. Carneiro, C.V. Godoy, L. Amorim, R.D. Berger & B. Hau.** 1997. Angular leaf spot of Phaseolus beans: Relationship between disease, healthy leaf area and yield. Phytopathology 87:506-515.
- **Campbell C.L. & L.V. Madden.** 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- **Carmona, M.** 2001. Manual para el manejo Integrado de enfermedades en el cultivo de trigo, pág. 32.
- **Carmona, M.** 2008. El manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo (en línea). Rafaela, INTA. 46 p. (Publicación miscelánea no. 109). Disponible en http://www.inta.gov.ar/Rafaela/info/documentos/misc109/trigo2008_044.pdf
- **Carmona, M., E.M. Reis & P. Cortese.** 1999. Mancha Amarilla y Septoriosis de la Hoja. Diagnóstico, Epidemiología y Nuevos Criterios para el Manejo. Pp 32.
- **Cárcova, J., Abeledo, G.L. & Lopez Pereira, M.** 2003. Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre, E.,

- Benech Arnold, L.R., Slafer, A.G., B. de la Fuente, E., Miralles, D.J., Otegui, M.E. & Savin, R. Ed. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. pp: 75-95.
- **Cubillos, A. G.** 2003. La utilización de los recursos genéticos por la genotecnia. En: Estrategias y Metodologías utilizadas en el Mejoramiento de Trigo. Kohli, M. M.; Díaz, M.; Castro, M., Seminario Internacional, La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA. pp 205-220.
 - **Dimmock, J.P.R.E. & M.J. Gooding.** 2002. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. *Journal of Agricultural Science* 138: 1-16.
 - **Gooding, M.J., J.P. Dimmock, R.E. France & J. Jones.** 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology* 136: 77–84.
 - **Ishikawa, S., M.C. Hare & P.S. Kettlewell.** 2011. Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*, leaf senescence and yield. *The Journal of Agricultural Science* 150: 1-16.
 - **Ivancovich, A., Botta, G., Ploper, D.A., Laguna, I. & Annone, J.G.** 1998. IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. EEA INTA Pergamino. pp 54.
 - **Jesus Junior WC, F.X.R. Vale, R.R. Coelho, B. Hau, L. Zambolim, L.C. Costa & A. Bergamin Filho.** 2001. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology* 91:1045-1053.
 - **Koeck M., A.R. Hardham & P.N. Dodds.** 2011. The role of effectors of biotrophic and hemibiotrophic fungi in infection. *Cellular microbiology* 13: 1849-1857.
 - **Lim, L.G. & R.E. Gaunt.** 1986. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. *Plant Pathology* 35: 44-53.
 - **Moreno, M.V., S.A. Stenglein & A.E. Perelló.** 2012. *Pyrenophora tritici-repentis*, Causal Agent of Tan Spot: A Review of Intraspecific Genetic Diversity, The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), InTech. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/themolecular-basis-of-plant-genetic->

[diversity/pyrenophora-tritici-repentis-causal-agent-of-tan-spot-a-reviewofintraspecific-genetic-diversity](#)

- **Passarella, V. S. & Savin, R.** 2003. Características físico-químicas de los granos y usos principales. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre, E., Benech Arnold, L.R., Slafer, A.G., B. de la Fuente, E., Miralles, D.J., Otegui, M.E. Savin, R. Ed. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. pp: 11-23.
- **Pereyra, S., German, S.** 2012. Manejo de enfermedades en trigo y cebada en un contexto de márgenes reducidos. In Jornada Cultivos de Invierno (2012, Mercedes, Soriano, UY). La Estanzuela, INIA.Serie Actividades de Difusión no. 677. pp 21.
- **Perez Fernandez, J.** 2000. Enfermedades de trigo en la Región V Sur. En 8º Congreso Nacional AAPRESID, Tomo II: disertaciones y conferencias. Mar del Plata, agosto 2000.
- **Prescott, J.M., P.A. Burnett & E.E. Saari.** 1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México: 2-3.
- **Roelfs, A.P., R.P. Singh & E.E. Saari.** 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 pp
- **Satorre, E.H. & G.A. Slafer.** 1999. Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press NY. USA: 503.
- **Schierenbeck, M.** 2015. Roya de la hoja y mancha amarilla en trigo: Principales efectos sobre componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina: 220.
- **Schierenbeck, M., M.C. Fleitas, M.R. Simón, F. Cortese & S.I. Golik.** 2014. Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34 (2): 242-246.
- **Schierenbeck M., M.C. Fleitas, D.J. Miralles & M.R. Simón.** 2016.Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust?. Field Crop Research 199: 65-76.

- **Serrago, R.A.** 2010. Enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Un enfoque ecofisiológico de sus efectos sobre la generación de biomasa y los componentes del rendimiento. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina: 138.
- **Serrago, R.A. & D.J. Miralles.** 2014. Source limitations due to leaf rust (caused by *Puccinia triticina*) during grain filling in wheat. *Crop and Pasture Science* 65:185-193.
- **Simón, M.R., F.M. Ayala, S.I. Golik, I. Terrile, C.A. Cordo, A.E. Perelló, V. Moreno & H.O. Chidichimo.** 2011. Integrated Foliar Disease Management to Prevent Yield Loss in Argentinian Wheat Production. *Agronomy Journal* 103:1441–1451.
- **Waggoner, P.E. & R. Berger.** 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology* 77: 393-398.
- **Wegulo, S.N., J. Stevens, M. Zwingman & P.S. Baenziger.** 2012. Yield Response to Foliar Fungicide Application in Winter Wheat, *Fungicides for Plant and Animal Diseases*, Dr. Dharumadurai Dhanasekaran (Ed.) InTech. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/fungicides-for-plant-and-animal-diseases/yield-response-to-foliar-fungicide-application-in-winter-wheat>.
- **Whelan, H.G., R.E. Gaunt & W.R. Scott.** 1997. The effect of leaf (*Puccinia hordei*) on yield response in barley (*Hordeum vulgare* L.) crops with different yield potentials. *Plant Pathology* 46: 397-406.
- **Wiik L.** 2009. Control of fungal diseases in winter wheat. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp: 19.
- **Windauer, L.B., Gil, A., Guglielmini A.C. & Benech-Arnold R.L.** 2003. Bases para el control y manejo de enfermedades en cultivos para granos. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Satorre, E., Benech Arnold, L.R., Slafer, A.G., B. de la Fuente, E., Miralles, D.J., Otegui, M.E. & Savin, R. Ed. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. pp: 653-681.

Páginas de internet consultadas:

- Informe cierre de campaña Trigo 2022/2023. Departamento de Estimaciones Agrícolas e Instituto de Estudios Económicos. Bolsa de Cereales. 2023. Disponible en <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/informes/2023-01/196-informecierretrigo202223.pdf>

- Trigo 2022-2023. Sistema de Información Simplificado Agrícola. INASE. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Economía Argentina. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_trigo_inase_2022_2023.pdf
- Producción de agricultura por Hannah Ritchie, Pablo Rosado & Max Roser. Disponible en: <https://ourworldindata.org/agricultural-production>