



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo Final de Carrera

Variabilidad genotípica y efecto de las enfermedades foliares en la absorción y removilización de nitrógeno en trigo

Alumno: Marega Franco

Nº de legajo: 27220/6

Lugar de trabajo: Cerealicultura

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales / Universidad Nacional de La Plata

Carrera: Ingeniería Agronómica

Directora: PhD. MSc. Ing. Agr. María Rosa Simón

Co-director: Dr. MSc. Ing. Agr Matías Schierenbeck

Fecha de entrega: 10/12/2019

INDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCION	
1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.	4
1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.	6
1.3 Variabilidad genotípica y efecto de las enfermedades foliares en la absorción y removilización de nitrógeno en trigo	12
1.4 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo.	16
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO	
2.1 Hipótesis.	17
2.2 Objetivos.	18
2.3 Objetivo general.	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Diseño experimental del ensayo a campo.	18
3.2 Evaluaciones realizadas.	22
3.3 Análisis estadístico.	23
4. RESULTADOS	
4.1 Datos climáticos.	24
4.2 Severidad en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80)	25
4.3 Frecuencia de patógenos	34
4.4 Biomasa aérea en tres estadios.	41
4.5 Removilización, absorción post-antesis y nitrógeno acumulado en granos	43
5. DISCUSIÓN	50
6. CONCLUSIONES	55
7. BIBLIOGRAFÍA	55

RESUMEN

Por sus características nutritivas, las propiedades de su harina y su amplia distribución geográfica, el trigo pan (*Triticum aestivum* L) representa el 30% de la producción mundial de cereales. El constante crecimiento demográfico obliga a aumentar la producción de este cereal, siendo la estrategia más factible, el aumento de rendimiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de las enfermedades foliares sobre los atributos ecofisiológicos vinculados a la generación de biomasa, absorción y removilización de N en una colección internacional de genotipos de trigo. Para esto se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques al azar con dos repeticiones, donde la parcela principal fueron los tratamientos: con (CF) y sin (SF) fungicidas y la subparcela, 110 genotipos provenientes de una colección internacional de trigo. Las evaluaciones se realizaron en EC31, EC60 y EC80 para determinar severidad y en EC60, EC70 y EC80 para biomasa aérea, frecuencia de patógenos, removilización, absorción post-antesis de nitrógeno (N) y N acumulado en granos. Para severidad hubo diferencias significativas entre genotipos en todos los estadios, entre tratamientos y para la interacción en EC60 y EC80. En cuanto a la frecuencia de patógenos se encontraron diferencias significativas en la interacción genotipo × patógeno, se observó la presencia en un gran porcentaje de genotipos con *Puccinia graminis* (97 %) seguido por *Alternaria spp.*, *Zymoseptoria tritici*, *Pyrenophora tritici-repentis* y *Fusarium spp.* en hoja, siendo tres de estos patógenos, los principales organismos causales de enfermedades foliares de trigo. Con respecto a la producción de biomasa se observaron diferencias altamente significativas entre los Genotipos y la interacción Tratamiento × Genotipo en EC31, EC60 y EC80. En el tratamiento CF puede observarse un incremento de 20,6% en EC60, 25,6% en EC70 y en 28,9 % en EC80 frente al SF. El N removilizado (g.m^2) presentó diferencias significativas entre tratamientos de fungicidas. En lo referido al análisis de los genotipos, estos presentaron diferencias significativas en todas las variables analizadas. En lo referido a la interacción genotipo × tratamiento se observan diferencias significativas excepto en N acumulado en granos (g). Asimismo cuando se considera el N removilizado (g) todos los genotipos disminuyeron sus valores en el tratamiento SF s, con diferencias de aproximadamente 48% inferiores con respecto al tratamiento CF. El N acumulado en granos fue superior en el tratamiento CF donde los valores fueron superiores con un promedio de 19,16 g contra los 9,18 g del tratamiento SF teniendo un incremento de casi el 90%. El análisis de regresión entre la severidad causada por los patógenos necrotróficos y biotróficos y la biomasa como variables independiente y el N removilizado y absorbido (g) como independientes, indicaron como en ambas variables

los patógenos biotróficos causaron mayor efecto que los necrotróficos en la disminución de los valores y que el incremento en la biomasa especialmente en EC 80 tendió a incrementarlos

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) representa el 30% de la producción mundial de cereales, el 20% de las calorías consumidas en la dieta humana (FAO, 2014) y una importante fuente de proteínas en países en desarrollo (Pierbattisti, 2016). Es considerado único por las propiedades especiales de su harina (producto principal proveniente del endosperma del grano), la cual forma una masa cohesiva utilizada en todo tipo de panificaciones (Peña *et al.*, 2005; de la Horra *et al.*, 2012). 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 fotoperiodo y temperatura, incluyendo la vernalización (Satorre & Slafer, 1999). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estimó la producción mundial de trigo en 760 millones de toneladas (MT), siendo los principales productores la Unión Europea (137,6 MT), China (131,43 MT), India (99,7 MT), Rusia (71,68MT) y Estados Unidos (51,28 MT) (World Wheat Production, 2019), en tanto que la superficie sembrada representa aproximadamente un sexto de los suelos cultivados del mundo (Satorre & Slafer, 1999).

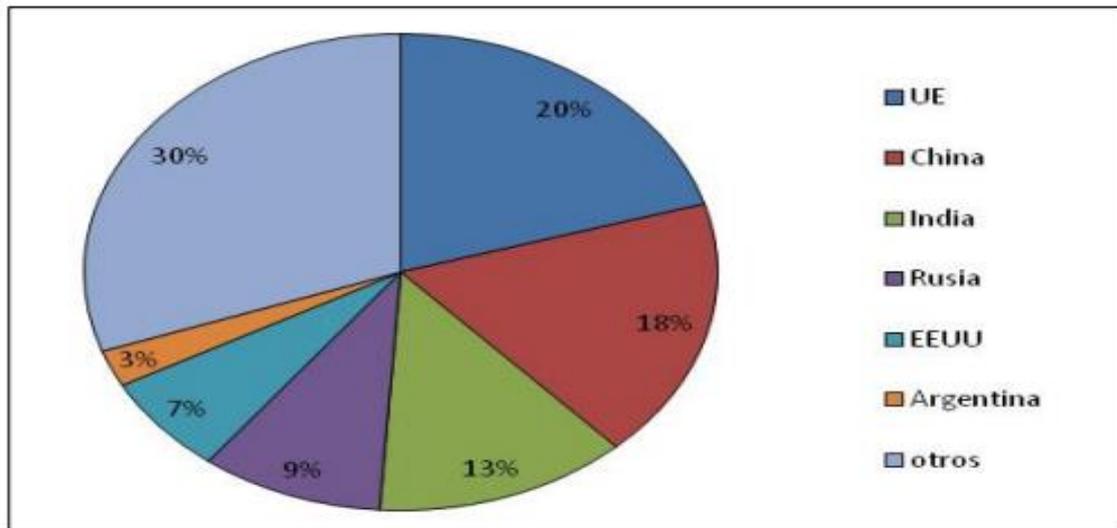


Gráfico 1. Producción mundial de trigo por países. (Campaña 2018/2019)

Estudios realizados por Byrnes & Bumb (1998) estiman que para el año 2025 la producción de trigo deberá superar las 1000 MT para poder satisfacer la creciente demanda mundial. Asimismo, estimaciones recientes de Godfray *et al.* (2010) y Hall & Richards (2013) indican que la población mundial alcanzará los 9000 millones de habitantes en 2050 y que la demanda mundial de alimentos aumentará a una tasa anual del 1,6% aproximadamente. Teniendo en cuenta esta proyección, el rendimiento promedio mundial debería llegar a 4,4 t/ha. Ante esta problemática, diversos autores concuerdan en que el aumento del rendimiento es la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans, 1999; Borlaug, 2007) ya que el incremento de superficie productivas implicaría la destrucción de ecosistemas naturales incrementado el efecto negativo que el cambio climático ya ejerce sobre el cultivo. Lo mencionado anteriormente constituye un desafío muy grande para la agricultura mundial ya que actualmente, el rendimiento promedio se encuentra cercano a las 3,26 t/ha. Históricamente, en nuestro país, el trigo ha sido el cereal de siembra invernal más importante. La superficie sembrada tuvo fluctuaciones con picos de 7 M de ha en el año 2000, momento a partir del cual disminuyó drásticamente debido fundamentalmente a restricciones en la comercialización y al insuficiente incentivo para la siembra. A pesar de las disminuciones de la superficie sembrada, la

producción de trigo se ha mantenido prácticamente invariable con un rendimiento promedio a nivel nacional de 3 t/ha fundamentalmente debido a la ganancia genética sumado a estrategias de manejo. Para la campaña 2018/19, informes elaborados por la Bolsa de Comercio de Rosario indicaron una superficie sembrada de 6,2 millones de hectáreas con producción de 19 millones de toneladas (MT) y un rendimiento promedio nacional de 3,12 t/ha. Las estimaciones de producción para la campaña 2019/20, indican que crecerá un 8,4% con respecto al ciclo anterior, y alcanzará las 20,6 millones de toneladas. De esta manera, de concretarse esta proyección, la próxima campaña aportará 1,6 millones más y alcanzará un nuevo récord productivo (Bolsa de Comercio de Bs.As, 2019)

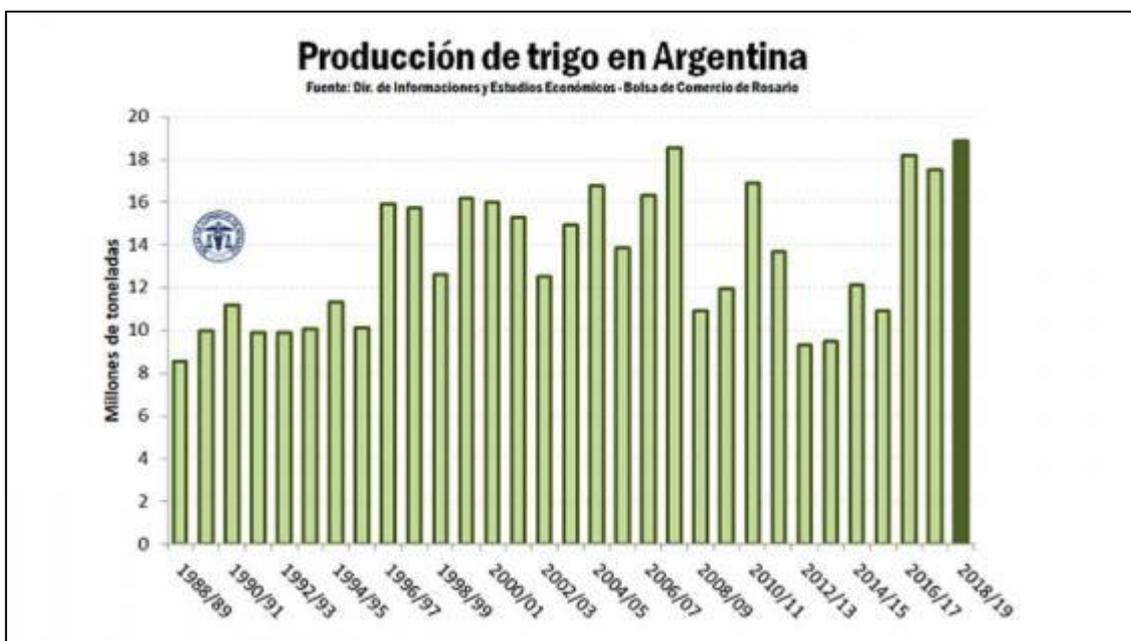


Gráfico 2: Datos de trigo de las últimas campañas en Argentina (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019).

1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.

El cultivo de trigo puede ser afectado por un grupo considerablemente amplio de agentes patógenos. Estos organismos parásitos utilizan los tejidos de la raíz, tallos, hojas y espigas para cumplir su ciclo de vida a expensas de la planta (Wiese, 1977; Zillinsky, 1984). Dentro de dichos patógenos se destacan los agentes causales de enfermedades de origen fúngico, principalmente foliares. La importancia de este

complejo fúngico aumenta particularmente en relación con las condiciones climáticas del norte de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sur de Córdoba, caracterizadas por inviernos benignos y primaveras lluviosas que favorecen el desarrollo de diversas patologías, entre ellas, roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis* Died Shoemaker/teleomorfo *Pyrenophora tritici-repentis* Died Drechs), septoriosis o mancha de la hoja (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous/teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* Fuckel Schroter in Cohn), golpe blanco o fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum* Schwabe), oídio (*Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speerf. sp. tritici/*Oidium monilioides*), pietín (*Gaeumanomyces graminis* var. tritici). Por su difusión, frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico, se considera a estas enfermedades como las de mayor importancia relativa por los daños que ocasionan al trigo (Annone, 2001; Schierenbeck, 2015). 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 principales enfermedades foliares fúngicas se encuentran la roya de la hoja, la mancha amarilla y la mancha de la hoja. La roya de la hoja (RH) es un patógeno biotrófico policíclico que 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 1). 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).



Figura1: Sintomatología de roya de la hoja (a) y mancha amarilla (b) (Adaptado de Nigel Cattlin).

Pyrenophora tritici-repentis, el agente causal de la mancha amarilla (MA) pertenece al grupo de los patógenos necrotróficos policíclicos, por lo que obtiene los nutrientes necesarios para su crecimiento de tejido muerto, luego de matar a tejidos del hospedante por secreción de toxinas (PtrToxA, PtrToxB y PtrToxC) que generan la degradación de las paredes celulares y consecuentemente las características lesiones cloróticas y necróticas (Ney *et al.*, 2013). Este patógeno puede generar inóculo, infectar al trigo y causar lesiones en un rango considerablemente amplio de condiciones ambientales, 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). El desarrollo de la enfermedad es más favorecido por períodos prolongados con formación de rocío sobre los tejidos foliares que por precipitaciones (Annone,

2001). La incidencia creciente de MA ha sido atribuida a cambios en las prácticas culturales, tales como el aumento en la superficie bajo siembra directa, rotaciones cortas, monocultivo de trigo y la utilización de variedades susceptibles. El agente causal de la MA se propaga principalmente por medio de esporas (ascosporas y conidios) que se originan en lesiones de plantas de trigo establecidas naturalmente, y en lesiones de algunas malezas y pastos naturales que funcionan como hospedantes. Las esporas de origen asexual, junto con trozos del cuerpo vegetativo del hongo, también pueden ser transferidos a nuevos cultivos por medio de la semilla (Annone, 2001). Los pseudotecios tienen un papel crítico en la epidemiología de la enfermedad ya que maduran en el rastrojo de trigo durante el otoño e invierno y al comienzo de la primavera liberan las ascosporas, que son el inóculo primario de la enfermedad. Estas son dispersadas por el viento, lo mismo que los conidios que se producen desde la primavera hasta avanzado el verano (Wegulo, 2011). La sintomatología que provoca la enfermedad está asociada a la producción de manchas cloróticas que luego se toman 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 (Carmona *et al.*, 1999). El daño potencial de este parásito está asociado con la pérdida de tejido fotosintético, pudiendo llegar a reducir el rendimiento en grano entre un 20 a 50 % (Annone *et al.*, 2001). La Septoriosis es otra de las enfermedades de importancia en la región triguera argentina, especialmente en las provincias de Córdoba y Buenos Aires. Los daños a nivel mundial oscilan entre 31 y 54 % y entre 17 y 50 % en Argentina, dependiendo del estado fenológico y el grado de ataque en el que ocurre la infección (Cordo *et al.*, 2014). Si bien es una enfermedad conocida en la Argentina desde hace varias décadas, su importancia creció a comienzos de los '70 con la liberación de la primera generación de trigos de bajo porte y alto potencial de rendimiento, que resultó ser altamente susceptible a su agente causal (Annone & García, 2004). La septoriosis de la hoja puede llegar a causar pérdidas de rendimiento

considerables en años con primaveras con temperaturas moderadas a bajas y frecuentes precipitaciones. En este tipo de ambientes, y dependiendo del cultivar involucrado, la cantidad y calidad de residuos de trigo en superficie y la fecha de siembra, entre otros factores, pueden alcanzar las hojas superiores y ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta el 50% (Annone & García, 2004). Las primeras lesiones aparecen en las hojas inferiores, como manchas pequeñas de color amarillo, que luego avanzan sobre las hojas superiores. Dichas manchas presentan una forma oval, coloración amarillo verdoso o gris verdoso, inicialmente se presentan lesiones acuosas, que luego confluyen irregularmente, necrosando el tejido afectado tornándose con apariencia de parches pajizos de color pardo a castaño como se puede apreciar en la Figura 2. Sobre las mismas aparecen salpicados, numerosos puntos oscuros que corresponden a las estructuras fructíferas del hongo (picnidios) (Figura 2), pudiendo provocar la senescencia anticipada de las hojas (Carmona & Sautua, 2015). Las hojas secas permanecen rígidas y péndulas, con los bordes ondulados.



Figura 2: Sintomatología de mancha de la hoja (izquierda) y presencia de picnidios en la superficie de una hoja (derecha) (Adaptado de Irene Campos).

1.3 Variabilidad genotípica y efecto de las enfermedades foliares en la absorción y removilización de nitrógeno en trigo

El trigo es uno de los cultivos con mayor respuesta a la fertilización nitrogenada. Los elevados requerimientos de la especie y la característica de desarrollar su crecimiento durante el invierno, donde los procesos químicos y biológicos que producen la mineralización del nitrógeno (N), a partir de la materia orgánica se encuentran atenuados, originan este comportamiento (Ferraris, 2007). Asimismo, en las localidades correspondientes al norte de la región triguera, la presencia de enfermedades y las temperaturas elevadas durante el período de llenado de los granos suelen afectar los rendimientos e interferir en la respuesta a la fertilización. En cambio, en ambientes con menor temperatura media y menor presión de enfermedades, los potenciales de rendimiento son más elevados, y como consecuencia, se incrementa la demanda de nutrientes y con ello la respuesta a la fertilización, que a la vez se torna más estable y predecible. En ausencia de estas limitantes, la especie presenta una eficiencia agronómica muy alta al agregado de los principales nutrientes (Ferraris, 2007).

El rendimiento del trigo puede ser definido en términos de la cantidad de materia seca acumulada a lo largo del ciclo y de la proporción de ésta que es derivada hacia los granos, es decir el Índice de Cosecha (van der Werf, 1996). La materia seca producida depende de la cantidad de radiación incidente durante el periodo de crecimiento (Rinc), la eficiencia en la intercepción de radiación (% RI), la cual es función del índice de área foliar (IAF) y de la arquitectura del canopeo (determinada por el coeficiente k de extinción) (Miralles & Slafer, 1997), y la eficiencia de uso de la radiación (EUR), que expresa la capacidad del cultivo de transformar la energía lumínica interceptada o absorbida en biomasa (Evans, 1978).

El N interviene en la formación de tejidos verdes, adquiriendo singular importancia en el establecimiento de los macollos, y luego, en la generación de un área foliar suficiente que permita mantenerlos durante la encañazón, cuando estos compiten por

los recursos (Ferraris, 2007). Un área foliar abundante va a permitir a su vez, suficiente producción de carbohidratos por fotosíntesis alrededor de la espigazón, lo que posibilita la fijación de un elevado número de granos. Por último, el N afecta la duración del área foliar. Cuando su disponibilidad es cercana al óptimo, esto permite alcanzar tasas de llenado altas y sostenidas hasta el final del ciclo de cultivo y durante la etapa de llenado se produce una elevada removilización de N desde los tejidos verdes a los granos. Cuando los rendimientos son elevados, la acumulación de carbohidratos supera a la de N y suele resultar en una reducción en el contenido de este, motivo por el cual el contenido de proteínas puede ser manipulado por el agregado de N en forma tardía, cuando ya es tarde para incrementar el área foliar y el número de granos por unidad de superficie (Ferraris, 2007).

El rendimiento y la calidad del grano de trigo dependen fuertemente de la disponibilidad y absorción de N. La obtención de altos rendimientos y buena calidad panadera sólo pueden lograrse con altas absorciones de N (Barracough *et al.*, 2010). Un reto continuo para la agricultura es mejorar la eficiencia de uso de N de manera de mantener o mejorar los rendimientos evitando los excesivos niveles de fertilización nitrogenada, lo que permite disminuir pérdidas de este nutriente por lavado y la contaminación de napas (Barracough *et al.*, 2014). Esto último puede lograrse mediante una mejor recuperación del N disponible en el suelo y aplicado como fertilizante por parte de la planta y por un mejor uso interno de N por la planta.

El rendimiento en N deriva de 1) N acumulado en hojas, tallos y raíces antes de anthesis y que es posteriormente removilizado al grano durante el llenado y 2) el N absorbido durante el llenado del grano. La removilización de N acumulado previo a anthesis en la parte vegetativa explica la mayor parte del N final en los granos (Simpson *et al.*, 1983; Palta & Fillery, 1995; Kichey *et al.*, 2007; Gaju *et al.*, 2014) siendo las hojas y tallos los principales reservorios de N en la planta aportando entre 85-90% (Critchley, 2001), en tanto que las raíces aportan entre el 10-15% (Dalling, 1985). Según Bancal *et al.* (2008), la absorción post anthesis de N representa generalmente

1/3 del N total a cosecha, en tanto que el N removilizado representa 2/3. En condiciones de alta fertilidad del suelo, la absorción post-antesis resulta importante y está positivamente correlacionada con la proteína del grano y con el índice de cosecha de N (Spiertz & Ellen, 1978; Sarandón *et al.*, 1997).

Se ha documentado que en trigo, la eficiencia de removilización del N absorbido previo a la antesis (ERN) ha demostrado ser variable en función de los genotipos examinados (Cox *et al.*, 1985; Van Sanford & MacKown, 1986). Van Sanford & McKown (1986) señalaron que la proporción de N acumulado por la espiga derivado del N vegetativo por removilización varió de 51 a 91% entre genotipos y que alrededor del 83% del total de N en madurez estaba presente en la planta en antesis. Un análisis de las diferencias entre cultivares indicó que la cantidad de nitrógeno final en la espiga estaría asociada a la variación en la absorción de N y que las diferencias en la partición del N vegetativo medido en antesis no contribuyen significativamente a las diferencias en el N final de la espiga. Sin embargo, Quiche *et al.*, 2007, encontraron que tanto la removilización de N como la absorción post-antesis presentan importantes diferencias entre genotipos. Barraclough *et al.*, 2014 indicaron en 20 variedades "elite", que la disponibilidad de N seguido por el estadio de crecimiento y luego el genotipo produjeron las mayores contribuciones en la variación entre N absorbido y removilizado. Así en las dos dosis de N utilizado encontraron que hubo una variación genética significativa en rendimiento, N en grano, absorción de N total y posterior a la floración y contenido de N en órganos individuales en antesis y madurez y en N removilizado de órganos vegetativos al grano durante el llenado de grano. Asimismo, Barbottin *et al.* (2005) demostraron que cuando no hay factores ambientales que limitan el llenado del grano, las diferencias en la cantidad de N removilizado que fue absorbido antes de la antesis se debieron principalmente a la capacidad de la planta para almacenar N en órganos de demanda hasta este período y posee además una vinculación con la regulación genética de la senescencia foliar que posee cada genotipo (Sinclair & De Wit, 1975; Masclaux *et al.*, 2001; Uauy *et al.*, 2006).

Por otro lado se ha documentado que aquellos cultivares que presentan resistencia genética a enfermedades foliares tienen la capacidad de mantener los niveles de ERN ante importantes presiones de los patógenos, en tanto que los genotipos susceptibles muestran caídas abruptas en este parámetro ante las mismas condiciones (Barbottin *et al.*, 2005). Las enfermedades foliares causadas por patógenos biotróficos a menudo disminuyen la removilización de N al grano a través de la retención del N en las partes enfermas de las plantas (Verreet & Hoffmann, 1990; Bastiaans, 1993). La infección puede ser más limitante para la acumulación de N en el grano que para la acumulación de materia seca. Esto ocasiona que frecuentemente la concentración de proteína aumente al controlar las royas con fungicidas (Simón *et al.*, 2012). Algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N, en el caso de epifitias que ocurren antes de la floración, sin embargo, raramente afectan la absorción de N en post-floración (Bastiaans, 1993, Kremer & Hoffmann, 1993). Sin embargo Bancal *et al.*, 2008 determinaron que las enfermedades foliares afectan más la absorción de N post-floración que la removilización de N. Barbottin *et al.* (2005) encontraron que la removilización de N no es suficiente para explicar las variaciones en el rendimiento final de N, que también en gran medida dependía de la captación de N post -anthesis y de la presión de las enfermedades durante el periodo de llenado del grano.

A pesar de la incertidumbre sobre esta hipótesis, parece razonable suponer que la removilización del N almacenado a partir de tejidos vegetativos, podría ser de utilidad para retrasar la senescencia de las hojas (lo que conlleva a aumentos en rendimiento). En este sentido, el almacenamiento de N en situaciones alta disponibilidad del nutriente se constituye como un rasgo deseable para la producción de trigo (Barraclough *et al.*, 2014), Es por esto que uno de los objetivos del mejoramiento es buscar genotipos con altos potenciales de absorción de N post-anthesis y de removilización de N como forma de aumentar el rendimiento, la concentración de proteína en grano y N acumulado a cosecha (Brancourt-Humel *et al.*, 2003, 2005).

1.4 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo.

En Argentina la aplicación de fungicidas es una práctica habitual en el manejo de enfermedades en trigo, reduciendo su intensidad. Más aún, el uso de fungicidas es importante porque la región triguera argentina combina cultivares moderadamente susceptibles de base genética estrecha, con elevado potencial de rendimiento y sembrados en una gran superficie. Todo esto, sumado a una elevada presión de inóculo del patógeno derivado de adecuados niveles de humedad, temperatura y grandes aplicaciones de N en el caso de los biotróficos, promueve el desarrollo de enfermedades. (Fleitas *et al*, 2015).

Los fungicidas constituyen una importante herramienta en el control de enfermedades foliares para la producción de trigo (Gooding, 2006). La aplicación eficiente de los mismos ha producido aumentos significativos en los rendimientos y la calidad comercial en el orden del 10-32% respecto al testigo sin control según momento de aplicación, tipo de molécula fúngica y cultivar en relación a las enfermedades foliares (Castellarín *et al.*, 2004). El grupo de fungicidas más utilizado para el control de enfermedades foliares es el de los triazoles, los cuales se caracterizan por su acción sistémica, afectando las membranas de los patógenos mediante la inhibición de la síntesis de los esteroides (ISE). Los triazoles presentan efectividad sobre patógenos foliares (manchas, oídios y royas) y algunos para fusariosis. Las estrobilurinas son otro de los grupos de fungicidas ampliamente utilizados y poseen acción oligosistémica, alteran procesos respiratorios en mitocondrias, inhibiendo la respiración mitocondrial debido al bloqueo de la transferencia de electrones en el complejo del citocromo-bc 1. Dimmock & Gooding (2002) hallaron que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo, está asociada a aumentos en el rendimiento en grano, peso específico del grano y peso de mil granos. Dichos aumentos estarían relacionados con una prolongación del periodo verde de la hoja bandera. La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que la longevidad de

ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. De esta forma, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la hoja bandera es importante para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri, 2009). Las carboxamidas al igual que las estrobilurinas inhiben la respiración mitocondrial pero a nivel del complejo II (Arregui & Puricelli, 2008). Poseen una elevada especificidad contra Basidiomicetes (agentes causales de royas y carbones) además de generar efectos positivos en la fisiología del vegetal como un aumento en la eficiencia de uso de agua (Smith *et al.*, 2013). La incorporación de carboxamidas en las mezclas dobles de triazol + estrobilurina han mostrado tener un mejor efecto de control sobre la roya de la hoja en trigo (Fleitas *et al.*, 2015; Fleitas *et al.*, 2018a y b) y sobre manchas foliares en cebada (Carmona & Sautua, 2015).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, este trabajo plantea evaluar la severidad de enfermedades fúngicas foliares, porcentaje de patógenos presentes, variabilidad para biomasa, absorción y removilización de N, componentes de rendimiento en un set internacional de 102 genotipos con y sin aplicación de fungicidas con el objetivo de contribuir en un futuro a la mejora genética del cultivo y el manejo integrado de enfermedades. Debido a la importancia económica de realizar mejoramiento genético para resistencia a enfermedades, es necesario encontrar gran variabilidad para estos caracteres, la cual podrá ser utilizada por los mejoradores.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

2.1 Hipótesis

- Se detecta una amplia variabilidad en resistencia a enfermedades por infección natural en una colección internacional de genotipos de trigo
- Existe una amplia variabilidad para biomasa, absorción, removilización de N en dicha colección

- Los genotipos en los que predominan patógenos biotróficos tienen una menor removilización de N al grano que los genotipos en los que predominan patógenos necrotróficos cuando se comparan con el testigo con fungicidas

2.2 Objetivo general

Contribuir al mejoramiento del trigo mediante la evaluación de diferentes características agronómicas de los distintos cultivares en nuestras condiciones agroecológicas y el efecto de las enfermedades foliares sobre las mismas.

2.3 Objetivos específicos

Estimar el porcentaje de patógenos predominantes presentes en los genotipos de una colección internacional de trigo

Evaluar variabilidad para biomasa, absorción y removilización de N en dicha colección

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño experimental del ensayo a campo.

Se condujo un ensayo en la Estación Experimental de los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata. Se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques al azar con dos repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento de fungicidas: 1) con fungicida (CF); 2) sin fungicida (SF) y la subparcela, 110 genotipos de una población internacional de trigos primaverales (Tabla 1). La colección de genotipos primaverales con caracteres contrastantes fue obtenida de una colección más amplia que incluía también trigos invernales seleccionados de 32 países del German Federal ex situ Genebank, Gatersleben, Alemania.

Tabla 1. Genotipos de trigos primaverales utilizados en el ensayo

Número	Cod.	Nombre científico	Variedad botánica	Origen
1	TRI 403	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	USA
2	TRI 2513	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	China
3	TRI 2619	<i>T. aestivum</i> L.	suberythrosperrmun	Nepal
4	TRI 2656	<i>T. aestivum</i> L.	Milturum	India
5	TRI 2679	<i>T. aestivum</i> L.	Aestivum	India

6	TRI 2835	<i>T. aestivum</i> L.	Meridionale	Afghanistan
7	TRI 2889	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Nepal
8	TRI 3126	<i>T. aestivum</i> L.	Milturum	Portugal
9	TRI 3242	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	USA
10	TRI 3438	<i>T. aestivum</i> L.	Ferrugineum	Germany
11	TRI 3477	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	New Zeland
12	TRI 3492	<i>T. aestivum</i> L.	Unknown	Nepal
13	TRI 3511	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Portugal
14	TRI 3513	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	UK
15	TRI 3526	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Portugal
16	TRI 3564	<i>T. aestivum</i> L.	Ferrugineum	Portugal
17	TRI 3569	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Uruguay
18	TRI 3570	<i>T. aestivum</i> L.	Aestivum	India
19	TRI 3631	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Canada
20	TRI 3633	<i>T. aestivum</i> L.	Lutescens	Canada
21	TRI 3664	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Germany
22	TRI 3831	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Portugal
23	TRI 3839	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	French
24	TRI 3842	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Portugal
25	TRI 3874	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
26	TRI 3881	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Italy
27	TRI 3895	<i>T. aestivum</i> L.	aureum	French
28	TRI 3925	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Uruguay
29	TRI 3926	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Uruguay
30	TRI 3929	<i>T. aestivum</i> L.	pyrothrix	China
31	TRI 3931	<i>T. aestivum</i> L.	subhostianum	China
32	TRI 3955	<i>T. aestivum</i> L.	Unknown	Nepal
33	TRI 3964	<i>T. aestivum</i> L.	nigricans	Nepal
34	TRI 3987	<i>T. aestivum</i> L.	pyrothrix	India
35	TRI 4013	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
36	TRI 4041	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Canada
37	TRI 4042	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	China
38	TRI 4056	<i>T. aestivum</i> L.	villosum	India
39	TRI 4081	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Portugal
40	TRI 4112	<i>T. aestivum</i> L.	fulvocinereumcompactoides	Afghanistan
41	TRI 4113	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Afghanistan
42	TRI 4116	<i>T. aestivum</i> L.	aureum	Italy
43	TRI 4117	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
44	TRI 4118	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
47	TRI 4126	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
48	TRI 4130	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
49	TRI 4141	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
50	TRI 4144	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
51	TRI 4145	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
52	TRI 4148	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
53	TRI 4149	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Italy

54	TRI 4171	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Italy
55	TRI 4540	<i>T. aestivum</i> L.	melanopogon	Russia
56	TRI 4545	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Austria
58	TRI 4549	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Chile
59	TRI 4551	<i>T. aestivum</i> L.	leucospermum	Chile
60	TRI 4563	<i>T. aestivum</i> L.	milturum	Italy
61	TRI 4919	<i>T. aestivum</i> L.	graecum	Austria
62	TRI 4940	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	USA
63	TRI 4942	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	USA
64	TRI 4943	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Sweden
65	TRI 5262	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Estonia
66	TRI 5304	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Sweden
67	TRI 5310	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	French
68	TRI 5315	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Argentina
69	TRI 5325	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Argentina
70	TRI 5332	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	USA
71	TRI 5333	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Spain
72	TRI 5342	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Germany
73	TRI 5357	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	UK
74	TRI 5386	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Bulgaria
75	TRI 5425	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Spain
76	TRI 5426	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Sweden
77	TRI 5438	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	USA
88	TRI 6148	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Iran
89	TRI 10296	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Mexico
90	TRI 10297	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Brazil
92	TRI 10311	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Japan
93	TRI 10336	<i>T. aestivum</i> L.	variabile	China
94	TRI 10338	<i>T. aestivum</i> L.	hostianum	China
95	TRI 10340	<i>T. aestivum</i> L.	leucospermum	China
96	TRI 10591	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Cyprus
97	TRI 10593	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
98	TRI 10620	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
99	TRI 10625	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Cyprus
100	TRI 10654	<i>T. aestivum</i> L.	murinumcompactoides	Cyprus
102	TRI 10688	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
103	TRI 10692	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Greece
104	TRI 10693	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
105	TRI 10697	<i>T. aestivum</i> L.	ferrugineum	Greece
106	TRI 10702	<i>T. species</i>	(Population)	Unknown
107	TRI 10703	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
108	TRI 10704	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
109	TRI 10705	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
110	TRI 10707	<i>T. species</i>	(Population)	Unknown
111	TRI 10709	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
112	TRI 10710	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece

113	TRI 10780	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
114	TRI 10781	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Greece
115	TRI 10785	<i>T. aestivum</i> L.	aestivum	Greece
116	TRI 11020	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	USA
117	TRI 11082	<i>T. aestivum</i> L.	lutescens	Germany

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, mediante disco, rastra y rolo. En las parcelas se realizó un barbecho químico con glifosato y en post-emergencia temprana se aplicó el herbicida Misil®: 100 cm³ de dicamba 48% (concentrado soluble) + 5 G.ha⁻¹ y metsulfuronmetil 60% (gránulos dispersables). La siembra se llevó a cabo en el mes de julio utilizando una sembradora experimental a 20 cm entre líneas, como se observa en la Figura 5, con una densidad de 250 plantas/m². Las parcelas tuvieron un largo de 3,40 m y un ancho de 1,40 m (4,8 m²). A las subparcelas con fungicida se les aplicó una triple mezcla (BASF Orquesta Ultra) de fluxapyroxad 50 g/l (carboxamida), epoxiconazole 50 g/l (triazol) y pyraclostrobin 81 g/l (1,2 l.ha⁻¹) (estrobilurina) para asegurar un testigo con baja infección en cuatro estadios: 2-3 hojas, encañazón (EC 31), hoja bandera desplegada (EC 39) y antesis (EC60) (Zadoks *et al.*, 1974). En todas las sub-parcelas se aplicó 100 kgN/ha (46-0-0), particionados en dos momentos, a la siembra y a fines de macollaje y una fertilización fosforada con superfosfato triple granulado (0-20-0) a razón de 20 kg. ha⁻¹ de P a la siembra.



Figura 3. a-Siembra del ensayo; b-Tamaño de parcela (1,40m x 3,40m); c y d-Vista parcial de la distribución de los bloques.

3.2 Evaluaciones realizadas

Se realizaron evaluaciones de severidad (% de hoja cubierta por las enfermedades) de las enfermedades presentes en macollaje (Z22), espigazón (Z55), grano lechoso (Z70) y grano pastoso (Z80) en 10 hojas de cada parcela que se eligieron de acuerdo a la altura máxima de la enfermedad. Se estimó además la severidad y porcentaje de los patógenos presentes por técnicas fitopatológicas de rutina en cámara húmeda

En cada parcela, se determinó la materia seca aérea a partir de la extracción de una superficie de 0,30 m² (sectores de 0,5 m de tres surcos contiguos) y su posterior secado en estufa a 70°C durante 48hs en al menos tres estadios (Z 60, Z70, Z80) y en cosecha. Se determinó el % de N por el método de microKjeldahl en anthesis y madurez previa división del material en paja, granza y granos. A partir del % de N y la materia seca correspondiente, se determinó para cada estadio de crecimiento, el N

total acumulado en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$. También se determinó la absorción de N post-floración como la diferencia entre el contenido de N de la planta total a madurez y a floración y el N removilizado de los órganos vegetativos como la diferencia entre el N de la parte vegetativa a floración y el N de la parte vegetativa a madurez (Bancal *et al.*, 2008). El N acumulado en los granos ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) se calculó como: Rendimiento ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) x (% N grano/100).

Se determinó asimismo el efecto de las enfermedades en la removilización y absorción de N por comparación entre los tratamientos con y sin fungicida y se asoció el tipo de patógeno con el efecto en la absorción y removilización de N.



Figura 4. a-Observación de la severidad de una hoja; b-Corte de biomasa; c y d-Cosecha.

3.3 Análisis estadístico

Las diferencias en las variables entre los genotipos, en los tratamientos con y sin fungicida se analizaron mediante análisis de varianza (ANVA) y las medias se compararon mediante LSD ($P < 0.05$) (GenStat 12th). Se realizó un análisis de

regresión lineal múltiple entre el N absorbido post anthesis (g) y el N removilizado (g) como variables dependientes y la frecuencia de patógenos biotróficos y necrotrofos y la biomasa en los distintos estadios como variables independientes, para determinar la contribución de estas últimas variables en la dinámica del nitrógeno.

4. RESULTADOS

4.1 Datos climáticos.

Los datos climáticos de la Tabla 2 fueron registrados en una estación meteorológica situada en las cercanías de los ensayos.

Tabla 1. Temperatura media, humedad relativa ambiente, radiación incidente y precipitaciones registradas durante 2017 y media histórica (desde 1964 a 2014) en la localidad de Los Hornos, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

	Temperatura (°C)		Humedad (%)	Radiación (Watt/m ²)	Precipitación (mm)	
	2017	1964-2014	2017	2017	2017	1964-2014
Junio	8,3	10,6	71	2464	33	54,3
Julio	9,2	10,2	77	1622	175	64
Agosto	11,3	11,5	66	2613	39,6	61,5
Septiembre	11,9	13,5	78	3733	51	69,8
Octubre	15,5	16,5	75	5392	102,4	96,4
Noviembre	18,5	19,2	61	5950	66,9	98,4
Diciembre	22,6	22,3	57	6593	133	78,9
			Total	28367	600,9	523,3

Durante el 2017 se registraron mayores precipitaciones en los meses de julio, octubre y diciembre con respecto a la precipitación media histórica.

Si se tiene en cuenta la precipitación acumulada entre julio y noviembre, en 2017 se registraron 467,9 mm, en tanto que en la media histórica se registraron 390,1 mm para el mismo periodo. Las temperaturas medias presentaron valores más bajos a partir de encañazón hasta fin de ciclo (de agosto a noviembre) presentando valores mayores solo a fin de ciclo, en el mes de diciembre con respecto a la media histórica (Gráfico

4).

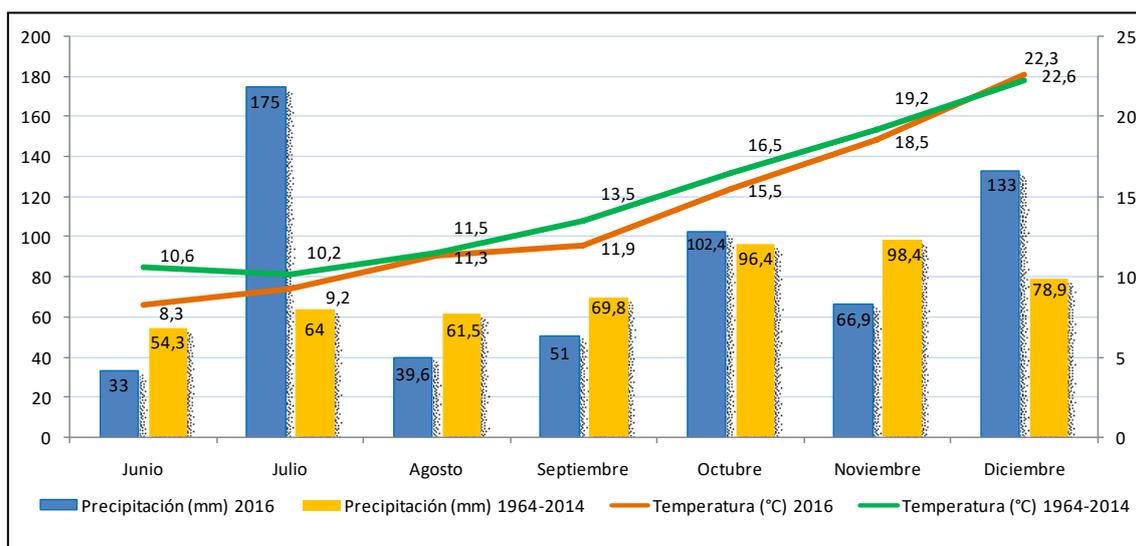


Gráfico 4. Comparación gráfica de la precipitación (mm) y temperatura media (°C) histórica con los datos registrados durante el 2017 en la estación meteorológica de la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos.

4.2 Severidad en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80)

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos fungicidas para la severidad en EC60, EC80. Se observaron diferencias altamente significativas entre los *Genotipos* y la interacción *Tratamiento × Genotipo* para severidad en EC31, EC60 y EC80. (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) para severidad para EC31, EC60, EC80 para 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Severidad EC31	Severidad EC60	Severidad EC80
Tratamiento de fungicidas	1	1542,22(p=0,093)	102561,89 (p <0,011)	605,68 (p=0,013)
Error A	1	33,5	32,50	0,256
Genotipo	109	551,28(p<0,001)	354,40 (p<0,001)	25,38 (p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	109	17,07(p<0,995)	262,65 (p<0,001)	14,47 (p=0,004)
Error B	218	26,46	91,40	9,45
Total	439			

En el estadio EC31 se observaron diferencias significativas solamente entre los distintos genotipos (Tabla 4), dentro de estos genotipos sin diferenciar los tratamientos

podemos encontrar una severidad que va desde 0 % en los genotipos 75, 10, 13, 20, 31, 35, 42, 44, 48 hasta una severidad observada de 45,09 % en el genotipo 65.

Del análisis de comparación múltiple de medias, se deduce que los genotipos de menor severidad fueron 10, 13, 20, 31, 35, 42, 44, 48, 75, 11, 34 (violeta), sin diferencia entre sí, en cambio el de mayor severidad fue el 65 (45.09 %), que a su vez no presentó diferencias significativas con respecto a los cultivares 65, 30, 25, 79, 37, 56, 72 (naranja). Aquellos genotipos que no difirieron del valor de 0 pueden considerarse con resistencia completa (en violeta), en tanto que los que no difirieron del mayor valor pueden considerarse como susceptibles (en naranja). Los restantes genotipos pueden ubicarse dentro de valores de resistencia parcial (Tabla 4).

Tabla 4: Comparación de medias de severidad de los genotipos en EC31.

Genotipos	Severidad (%)	Grupo	Genotipos	Severidad (%)	Grupo
65	45,09	a	10	0,00	a
30	44,65	ab	13	0,00	a
25	43,94	ab	20	0,00	a
79	40,51	abc	31	0,00	a
37	40,03	abcd	35	0,00	a
56	37,28	abcde	42	0,00	a
72	36,66	abcdef	44	0,00	a
40	36,34	bcdefg	48	0,00	a
84	34,96	cdefg	75	0,00	a
59	34,09	cdefg	11	0,17	a
32	33,20	cdefg	34	0,62	ab
100	32,70	cdefg	39	2,03	bc
97	32,49	cdefg	68	1,92	bc
L.S.D= 0,08859					

Las medias en violeta indican los cultivares más resistentes, sin diferencias significativas entre ellos, los genotipos en naranja indican los cultivares más susceptibles sin diferencias significativas entre ellos, los restantes genotipos son moderadamente resistentes o moderadamente susceptibles. Se indica el valor de LSD, P<0,05

En la Tabla 5 se puede observar la severidad de cada genotipo en ambos tratamientos, con y sin fungicida y la diferencia expresada en porcentaje para el estadio EC60 y en la Tabla 8 para el estadio EC80, ya que ambos estadios presentaron interacciones tratamiento × genotipo.

En EC60 los valores de severidad para los cultivares sin la aplicación de fungicida estuvieron entre un 100% (cv85) y un 51,97% (cv57), con un promedio de severidad de todos los cultivares de 79,33%. Por otro lado, la severidad en cultivares con aplicación de fungicida se encuentra entre un 80,31% (cv82) y un 19,01 (cv75), dando un porcentaje promedio de severidad de un 49,79%. Se observó que los que tuvieron

aplicación de fungicida tienen una reducción de la severidad de un 38,49% con respecto a los sin fungicida en el estadio EC60 (Tabla 5).

Los cinco cultivares que presentaron mayores respuestas a la aplicación de fungicidas fueron el 31 (75,87%), 97 (73,84%), 113 (73,32%), 75 (70,78%), 4 (69,75%) (violeta). Mientras que los de menor respuesta fueron el 58 (-12,44%), 73 (2,9%), 88 (3,73%), 82 (9,26%), 54 (11,25%) (naranja) (Tabla 5). La mayor respuesta puede deberse a las enfermedades predominantes en cada uno de ellos, ya que generalmente las royas tienen una mejor respuesta a la aplicación de fungicidas que las manchas foliares, que además pueden presentar resistencia.

Del análisis de comparación múltiple de medias resulta que, para el tratamiento sin fungicida, el genotipo que menor severidad presentó fue el 57, sin presentar diferencias significativas en los primeros 50 cultivares (violeta), el cultivar que más se vio afectado fue el 85, sin presentar diferencias significativas con los otros cultivares (86, 6, 4, 97, 100, 5, 113) (naranja) (Tabla 6). En los genotipos con aplicación de fungicida la menor severidad se evidenció en el cultivar 75 sin diferencias significativas con los siguientes cultivares (31, 57, 4, 22, 29, 50, 72, 97, 113) (violeta), por el contrario, el más afectado fue el cultivar 82 sin presentar diferencias significativas otros veinte cultivares (naranja) (Tabla 7).

Tabla 5: Severidad en floración (EC60) y porcentaje de disminución con y sin tratamiento con fungicida.

Enfermo		Fungicida			Enfermo		Fungicida		
Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	Dism. %	Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	Dism. %
31	85,30	31	20,58	75,87	58	62,53	58	70,30	-12,44
97	97,63	97	25,54	73,84	73	76,69	73	74,47	2,90
113	96,79	113	25,82	73,32	88	81,84	88	78,78	3,73
75	65,03	75	19,01	70,78	82	88,51	82	80,31	9,26
4	97,77	4	29,57	69,75	54	85,17	54	75,59	11,25
99	91,85	99	31,10	66,14	10	85,58	10	75,44	11,85
29	82,63	29	28,74	65,22	35	68,23	35	60,03	12,01
104	89,57	104	31,65	64,66	21	68,78	21	60,44	12,12
84	91,69	84	32,80	64,23	26	64,05	26	55,85	12,79
22	67,66	22	24,88	63,22	13	75,17	13	65,17	13,30
100	97,21	100	36,24	62,72	44	84,20	44	70,87	15,84
87	90,58	87	34,91	61,46	79	87,67	79	73,78	15,84
50	78,88	50	30,68	61,10	11	67,39	11	56,28	16,49
102	94,43	102	36,93	60,89	81	93,78	81	76,98	17,92
67	83,18	67	32,63	60,78	41	76,28	41	61,70	19,12
103	87,90	103	37,63	57,20	27	68,92	27	55,31	19,75
115	87,67	115	38,51	56,08	64	64,75	64	51,83	19,95

25	85,72	25	37,80	55,90	55	80,03	55	64,06	19,96
69	79,20	69	35,06	55,73	94	82,53	94	64,76	21,54
1	83,23	1	36,98	55,57	86	98,77	86	77,38	21,66
28	86,52	28	39,02	54,90	37	78,09	37	60,87	22,05
33	87,80	33	39,88	54,58	95	81,56	95	63,51	22,14
72	66,70	72	30,31	54,56	111	66,66	111	51,85	22,21
18	92,01	18	42,01	54,34	60	65,69	60	50,50	23,13
53	69,06	53	32,39	53,09	63	82,67	63	63,23	23,52
105	89,15	105	42,07	52,81	47	69,89	47	52,95	24,24
39	80,40	39	38,46	52,17	112	64,33	112	48,58	24,48
15	80,68	15	42,63	47,17	56	78,64	56	58,92	25,08
96	79,76	96	42,81	46,32	110	66,61	110	49,72	25,36
116	91,22	116	49,00	46,29	71	70,59	71	52,67	25,38
68	75,13	68	40,40	46,22	106	61,61	106	45,91	25,47
92	78,22	92	42,24	45,99	24	64,76	24	48,23	25,52
66	85,17	66	46,01	45,99	38	90,03	38	66,01	26,69
32	96,04	32	52,01	45,84	74	88,23	74	64,48	26,92
49	69,57	49	37,77	45,72	114	69,50	114	50,66	27,10
12	93,02	12	50,82	45,36	19	84,89	19	60,73	28,47
57	51,97	57	28,50	45,16	89	70,41	89	50,36	28,48
51	85,58	51	47,25	44,79	40	68,64	40	49,06	28,53
30	86,69	30	48,35	44,22	59	73,51	59	52,26	28,91
85	100,00	85	56,32	43,68	42	74,76	42	51,76	30,77
48	81,98	48	46,70	43,03	76	84,89	76	58,23	31,41
8	79,39	8	45,50	42,69	6	98,32	6	66,79	32,07
90	75,82	90	43,46	42,68	117	81,42	117	54,75	32,75
108	67,01	108	38,96	41,87	23	52,97	23	35,58	32,83
5	91,92	5	53,58	41,71	107	69,66	107	46,61	33,10
17	61,65	17	36,10	41,45	34	86,56	34	57,53	33,53
61	64,71	61	38,30	40,81	52	70,87	52	46,84	33,91
14	60,16	14	35,72	40,63	20	85,31	20	56,03	34,32
77	88,51	77	52,81	40,33	109	78,04	109	50,38	35,45
9	80,27	9	48,18	39,97	16	62,95	16	40,45	35,74
3	89,71	3	54,57	39,17	36	67,95	36	43,64	35,77
2	70,87	2	43,64	38,41	98	93,78	98	60,03	35,99
7	76,42	7	47,39	37,98	62	88,09	62	56,28	36,11
43	87,95	43	54,62	37,90	65	63,92	65	40,59	36,50
93	73,23	93	45,87	37,36	70	81,28	70	51,28	36,91
70	81,28	70	51,28	36,91	93	73,23	93	45,87	37,36
	Enfermo		Fungicida	Dism. %					
Promedio	79,33a		48,79b	38,49					

Los genotipos en naranja son los que experimentaron mayores pérdidas de severidad con aplicación de fungicidas, en rojo son los que experimentaron las menores pérdidas mientras que el resto valores intermedios

Tabla 6: Comparación de medias en EC60 para la interacción genotipo × tratamiento (sin fungicidas)

Genotipo	Severidad	Grupo	Genotipo	Severidad	Grupo
57	51,97	a	85	100,00	a
23	52,97	ab	86	98,77	ab
14	60,16	abc	6	98,32	abc
106	61,61	abcd	4	97,77	abcd
17	61,65	abcd	97	97,63	abcde
58	62,53	abcd	100	97,21	abcde
16	62,95	abcd	113	96,79	abcdef
65	63,92	abcd	32	96,04	abcdef
112	64,33	abcd	5	91,92	abcdef
26	64,05	abcd	116	91,22	bcdef
24	64,76	abcd	102	94,43	bcdef
75	65,03	abcd	81	93,78	bcdef
64	64,75	abcd	98	93,78	bcdef
60	65,69	abcd	12	93,02	bcdef
110	66,61	abcd	18	92,01	bcdef
111	66,66	abcd	99	91,85	bcdef
72	66,70	abcd	84	91,69	bcdef
108	67,01	abcd	87	90,58	bcdef
11	67,39	abcd	38	90,03	bcdef
61	64,71	abcd	104	89,57	bcdef
22	67,66	abcd	3	89,71	bcdef
36	67,95	abcd	105	89,15	cdef
35	68,23	abcd	74	88,23	def
27	68,92	abcd	77	88,51	def
40	68,64	abcd	82	88,51	def
114	69,50	abcd	43	87,95	def
53	69,06	abcd	62	88,09	def
107	69,66	abcd	79	87,67	ef
47	69,89	abcd	33	87,80	ef
21	68,78	abcd	103	87,90	ef
49	69,57	abcd	115	87,67	ef
89	70,41	abcd	28	86,52	ef
71	70,59	abcd	34	86,56	ef
2	70,87	abcd	30	86,69	ef
52	70,87	abcd	25	85,72	f
93	73,23	bcd	54	85,17	
L.S.D.= 0,21880					

Las medias en naranja indican los genotipos más resistentes, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que las medias en violeta indican los genotipos más susceptibles sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios., Se indica el valor de LSD, P<0,05

Tabla 7: Comparación de medias en EC60 para la interacción genotipo × tratamiento (con aplicación de fungicidas).

Genotipo	Severidad	Grupo	Genotipo	Severidad	Grupo
75	19,01	a	82	80,31	a
31	20,58	ab	88	78,78	ab
57	28,50	abc	86	77,38	abc
22	24,88	abcd	81	76,98	abc
97	25,54	abcd	54	75,59	abcd
113	25,82	abcd	10	75,44	abcd
29	28,74	abcd	73	74,47	abcde
4	29,57	abcd	79	73,78	abcdef
72	30,31	abcd	44	70,87	abcdef
50	30,68	abcd	58	70,30	abcdef
99	31,10	bcd	6	66,79	abcdef
104	31,65	bcd	38	66,01	abcdef
53	32,39	bcd	13	65,17	abcdef
67	32,63	bcd	94	64,76	abcdef
84	32,80	bcd	74	64,48	abcdef
87	34,91	bcd	55	64,06	abcdef
69	35,06	bcd	95	63,51	abcdef
23	35,58	bcd	63	63,23	abcdef
14	35,72	bcd	41	61,70	abcdef
17	36,10	bcd	37	60,87	abcdef
100	36,24	bcd	19	60,73	abcdef
102	36,93	bcd	21	60,44	abcdef
61	38,30	bcd	35	60,03	bcdef
1	36,98	bcd	98	60,03	bcdef
L.S.D.= 0.21880					

Las medias en naranja indican los genotipos más resistentes, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que las medias en violeta indican los genotipos más susceptibles sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios. Se indica el valor de LSD, $P < 0,05$

En EC80 los valores de severidad para los cultivares sin aplicación de fungicida estuvieron entre un 100% (cv 108, 96, 7, 48, 105, 2, 8, 14, 59, 27, 38, 66, 88, 98) y un 97,14% (cv 110), con un promedio de severidad de todos los cultivares de 99,12%. Por otro lado, la severidad en cultivares con aplicación de fungicidas se encuentra entre un 98,22% (cv27, 38, 66, 88, 98, 24, 82, 1, 19, 34, 37, 43, 44, 52, 53, 54, 55, 62, 65, 69, 70, 71, 74) y un 78% (cv 110) con un promedio de severidad de todos los cultivares de 96,94%. Observando que los que tuvieron aplicación de fungicida tienen una reducción de la severidad de un 2,2% con respecto a los sin fungicida en el estadio EC80. Estos bajos valores indican que en este estadio además de la presencia de enfermedades los valores incluyen también la senescencia del cultivo, ya que el control fue muy bajo.

Los cinco cultivares que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fueron el 110 (18,79%), 109 (16,83%), 18 (16,64%), 114 (13,52%), 47 (10,99%) (naranja). Mientras que los de menor diferencia fueron el 117 (-17,77%), 113 (-11,56%), 20 (-6,41%), 35 (-1,74%), 16 (-1,30%) (violeta) (Tabla 8).

Del análisis de comparación múltiple de medias deducimos que para el tratamiento sin fungicida, el cultivar con menor severidad fue el 108 (naranja), presentando una diferencia significativa con el siguiente cultivar, el 114, en cuanto a los más afectados fueron los primeros 29 cultivares con una severidad del 100% (violeta) (Tabla 9). En los genotipos con aplicación de fungicida la menor severidad se evidenció en el cultivar 110 sin diferencias significativas con los siguientes cultivares (109, 107, 114, 47) (naranja), si en el cultivar 21, en contrario el más afectado fueron 19 cultivares con un 100% de severidad sin presentar diferencias significativas con los primeros 76 cultivares (violeta), si en el 36 donde hay significancia. (Tabla 10).

Tabla 8: Severidad en grano pastoso (EC80) y porcentaje de disminución con y sin tratamiento con fungicida.

Enfermo		Fungicida		Dism.	Enfermo		Fungicida		Dism.
Cultivar	Severidad	Cultivar	Severidad	%	Cultivar	Severidad	Cultivar	Severidad	%
110	97,14	110	78,89	18,79	117	81,42	117	95,88	-17,77
109	99,24	109	82,53	16,83	113	88,27	113	98,47	-11,56
18	99,74	18	83,14	16,64	20	92,31	20	98,22	-6,41
114	99,74	114	86,25	13,52	35	96,54	35	98,22	-1,74
47	99,74	47	88,78	10,99	16	96,96	16	98,22	-1,30
21	99,95	21	89,22	10,74	106	98,96	106	100,00	-1,05
108	100,00	108	91,12	8,88	6	99,18	6	100,00	-0,83
96	100,00	96	91,28	8,72	26	98,90	26	99,69	-0,79
116	99,69	116	91,81	7,91	41	97,79	41	98,22	-0,44
7	100,00	7	92,11	7,89	58	95,57	58	95,88	-0,33
42	99,74	42	92,67	7,09	90	99,68	90	100,00	-0,33
75	99,74	75	92,67	7,09	30	99,39	30	99,69	-0,30
48	100,00	48	93,50	6,50	15	99,74	15	100,00	-0,26
12	99,39	12	93,09	6,34	61	99,74	61	100,00	-0,26
92	99,74	92	93,58	6,18	97	99,74	97	100,00	-0,26
25	99,95	25	93,86	6,10	49	99,74	49	100,00	-0,26
105	100,00	105	94,03	5,97	107	84,17	107	84,31	-0,16
2	100,00	2	94,61	5,39	29	99,95	29	100,00	-0,05
22	99,95	22	94,69	5,27	32	99,95	32	100,00	-0,05
13	99,95	13	95,88	4,07	3	100,00	3	100,00	0,00
10	99,74	10	95,88	3,86	4	100,00	4	100,00	0,00
64	99,74	64	95,88	3,86	5	100,00	5	100,00	0,00
73	99,74	73	95,88	3,86	17	100,00	17	100,00	0,00

40	99,74	40	96,00	3,74	28	100,00	28	100,00	0,00
85	99,95	85	96,34	3,62	60	100,00	60	100,00	0,00
31	99,45	31	95,88	3,59	67	100,00	67	100,00	0,00
57	99,39	57	95,88	3,53	89	100,00	89	100,00	0,00
51	98,90	51	95,88	3,05	100	100,00	100	100,00	0,00
36	99,74	36	97,25	2,49	104	100,00	104	100,00	0,00
8	100,00	8	97,71	2,29	112	100,00	112	100,00	0,00
14	100,00	14	97,74	2,26	23	99,74	23	99,69	0,05
68	99,74	68	97,64	2,10	33	99,74	33	99,69	0,05
59	100,00	59	97,95	2,05	87	99,74	87	99,69	0,05
27	100,00	27	98,22	1,78	9	99,39	9	99,30	0,09
38	100,00	38	98,22	1,78	50	99,39	50	99,30	0,09
66	100,00	66	98,22	1,78	111	100,00	111	99,76	0,24
88	100,00	88	98,22	1,78	86	99,95	86	99,69	0,27
98	100,00	98	98,22	1,78	84	100,00	84	99,69	0,31
24	99,95	24	98,22	1,73	102	100,00	102	99,58	0,42
82	99,95	82	98,22	1,73	11	99,29	11	98,22	1,07
1	99,74	1	98,22	1,52	103	100,00	103	98,89	1,11
19	99,74	19	98,22	1,52	56	99,39	56	98,22	1,17
34	99,74	34	98,22	1,52	63	99,39	63	98,22	1,17
37	99,74	37	98,22	1,52	72	99,39	72	98,22	1,17
43	99,74	43	98,22	1,52	115	99,52	115	98,22	1,30
44	99,74	44	98,22	1,52	99	100,00	99	98,61	1,39
52	99,74	52	98,22	1,52	39	96,13	39	94,72	1,46
53	99,74	53	98,22	1,52	1	99,74	1	98,22	1,52
54	99,74	54	98,22	1,52	19	99,74	19	98,22	1,52
55	99,74	55	98,22	1,52	34	99,74	34	98,22	1,52
62	99,74	62	98,22	1,52	37	99,74	37	98,22	1,52
65	99,74	65	98,22	1,52	43	99,74	43	98,22	1,52
69	99,74	69	98,22	1,52	44	99,74	44	98,22	1,52
70	99,74	70	98,22	1,52	52	99,74	52	98,22	1,52
71	99,74	71	98,22	1,52	53	99,74	53	98,22	1,52
74	99,74	74	98,22	1,52	54	99,74	54	98,22	1,52
	Enfermo		Fungicida	Dism. %					
Promedio	99.12		96.94	2.2					

Los genotipos en naranja son los que experimentaron mayores pérdidas de severidad con aplicación de fungicidas, en violeta son los que experimentaron las menores pérdidas mientras que el resto valores intermedios.

Tabla 9: Comparación de medias de severidad en EC80 para la interacción genotipo × tratamiento sin fungicidas

Cultivar	Media	Grupo	Cultivar	Media	Grupo
108	84,17	a	3	100,00	a
114	88,27	b	4	100,00	a
21	92,31	b	5	100,00	a
59	95,57	bc	6	100,00	a
40	96,13	bcd	8	100,00	a
36	96,54	bcde	9	100,00	a
42	97,79	bcdef	15	100,00	a
17	96,96	bcdef	18	100,00	a
111	97,14	bcdef	28	100,00	a
27	98,90	cdef	29	100,00	a
52	98,90	cdef	39	100,00	a
12	99,29	cdef	49	100,00	a
7	99,18	cdef	60	100,00	a
10	99,39	cdef	61	100,00	a
13	99,39	cdef	67	100,00	a
31	99,39	cdef	68	100,00	a
51	99,39	cdef	85	100,00	a
57	99,39	cdef	89	100,00	a
58	99,39	cdef	90	100,00	a
64	99,39	cdef	97	100,00	a
73	99,39	cdef	99	100,00	a
107	98,96	cdef	100	100,00	a
110	99,24	cdef	102	100,00	a
32	99,45	cdef	103	100,00	a
1	99,74	cdef	104	100,00	a
2	99,74	cdef	105	100,00	A
11	99,74	cdef	106	100,00	A
16	99,74	cdef	109	100,00	A
19	99,74	cdef	112	100,00	A
20	99,74	cdef	113	100,00	A
24	99,74	cdef	14	99,95	Ab
34	99,74	cdef	22	99,95	Ab
L.S.D. = 0,13550					

Las medias en naranja indican los genotipos más resistentes, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que las medias en violeta indican los genotipos más susceptibles sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios. Se indica el valor de LSD, $P < 0,05$

Tabla 10: Comparación de medias de severidad en EC80 para la interacción genotipo × tratamiento, con aplicación de fungicidas.

Cultivar	Media	Grupo	Cultivar	Media	Grupo
110	78,89	a	3	100,00	a
109	82,53	ab	4	100,00	a
107	84,31	abc	5	100,00	a
114	86,25	abcd	6	100,00	a
47	88,78	abcde	15	100,00	a
21	89,22	bcdef	17	100,00	a
108	91,12	bcdefg	28	100,00	a
18	83,14	bcdefg	29	100,00	a
42	92,67	cdefgh	32	100,00	a
116	91,81	cdefgh	49	100,00	a
96	91,28	cdefghi	60	100,00	a
92	93,58	defghij	61	100,00	a
12	93,09	defghij	67	100,00	a
7	92,11	defghij	89	100,00	a
75	92,67	defghijk	90	100,00	a
10	95,88	efghijk	97	100,00	a
13	95,88	efghijk	100	100,00	a
31	95,88	efghijk	104	100,00	a
51	95,88	efghijk	106	100,00	a
57	95,88	efghijk	112	100,00	a
58	95,88	efghijk	23	99,69	ab
64	95,88	efghijk	26	99,69	ab
L.S.D. = 0,13550					

Las medias en naranja indican los genotipos más resistentes, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que las medias en violeta indican los genotipos más susceptibles sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios. Se indica el valor de LSD, $P < 0,05$

4.3 Frecuencia de patógenos

Para el porcentaje de patógenos observados en los genotipos, se encontraron diferencias significativas entre genotipos, patógenos y para la interacción genotipo × patógeno (Tabla 11), identificándose con color rojo los valores más altos y con verde los valores más bajos de frecuencia, expresándose en frecuencia según patógenos en cada genotipo (Tabla 12) y número de genotipos con cada patógeno (Tabla 14)

Tabla 11: Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) para la frecuencia de patógenos encontrados en un ensayo de 110 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Frecuencia de patógenos
Genotipo	109	1,65 (p<0,001)
Error A	109	0,33
Patógeno	7	238,53 (p<0,001)
Genotipo × Patógeno	763	1,72 (p<0,001)
Error B	770	0,33
Total	1759	

Para el comportamiento de los genotipos frente a la incidencia de los distintos patógenos podemos indicar que, para el patógeno *Puccinia triticina*, los genotipos menos afectados fueron el cv 50, 95 y 114 (0%) y no hubo significancia hasta el cv 111 (5%), por otro lado, el genotipo de mayor porcentaje de este patógeno fue el cv 53 (45,8%) y no hubo significancia hasta el cv 86 (30,8%).

Frente a la presencia de *Pyrenophora tritici repentis*, observamos 92 genotipos sin severidad del patógeno (0 %) y no hubo significancia hasta el cv 3 (5%), por otro lado, el genotipo de mayor porcentaje de ataque del patógeno fue el cv 109 (13,30%) y no hubo significancia hasta el cv 106 (3,30%).

Para *Fusarium sp.* en hojas, el genotipo de mayor porcentaje de ataque del patógeno fue el cv 102 (21,66%) y no hubo significancia hasta el cv 58 (11,66%) y 93 genotipos sin el mismo (0%) y no hubo significancia hasta el cv 71 (4,167%).

Por su parte ante la presencia de *Zymoseptoria tritici*, 76 genotipos no presentaron patógeno (0%) y no hubo significancia hasta el cv 84 (5,00%), por otro lado, el genotipo de mayor porcentaje de ataque del patógeno fue el cv 74 (28,33%) y no hubo significancia hasta el cv 89 (16.66%).

En cuanto a la presencia de *Alternaria sp.*, se encontraron 26 genotipos sin presencia de la misma, sin encontrar diferencias significativas hasta el cv 58 (4,16%), por otro lado, el genotipo de mayor porcentaje ataque de dicho patógeno fue el cv 84 (46,66%), no habiendo diferencias significativas hasta el cv 79 (32,50%).

También ante la presencia de *Bipolaris sorokiniana*, se contabilizaron 96 genotipos sin el patógeno (0%) y no hubo significancia hasta el cv 22 (5,83%), por otro lado el

cultivar de mayor incidencia ante el ataque del patógeno fue el cv 52 (7,50%) y no hubo significancia hasta el cv 21 (0,83%).

Ante la presencia de *Stemphylium spp.*, considerado como un patógeno débil, encontramos 105 cultivares sin patógeno (0,00%) y no hubo significancia entre todos los genotipos. Por otro lado, el genotipo con tendencia a una mayor incidencia ante el ataque del patógeno fue el cv 31 (3,33%), aunque como se indicó sin significancia entre los genotipos.

Por último, para *Ascochyta spp.*, otro patógeno débil, no se registraron cultivares afectados por dicho patógeno (Tabla 11).

Tabla 12: Frecuencia de patógenos en los distintos genotipos

<i>Puccinia triticina</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
53	45,83	a	50	0,00	a
66	38,33	ab	95	0,00	a
65	36,66	ab	114	0,00	a
64	35,00	ab	71	0,83	ab
56	34,16	ab	3	1,66	ab
32	34,16	ab	17	1,66	ab
85	33,33	ab	27	2,50	ab
48	32,50	ab	106	2,33	ab
57	32,50	ab	47	2,50	ab
86	30,83	b	75	2,50	ab
21	30,83	b	8	2,66	ab
34	30,83	b	6	3,33	ab
5	30,41	b	82	3,33	ab
12	30,00	b	61	2,83	ab
30	30,00	b	33	3,33	ab
72	30,00	b	43	3,33	ab
99	30,00	b	97	3,33	ab
81	29,16	b	111	5,00	b
93	27,50	b	116	4,16	b
Media	32,74a			2,38b	

<i>Pyrenophora tritici repentis</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
109	13,33	a	2	0,00	a
68	9,16	a	4	0,00	a
107	11,66	ab	5	0,00	a
114	10,00	abc	6	0,00	a
111	8,33	abc	7	0,00	a

75	6,66	abc	8	0,00	a
3	5,00	abc	9	0,00	a
49	5,00	abc	10	0,00	a
116	3,33	bc	11	0,00	a
39	2,50	bc	12	0,00	a
47	2,50	c	13	0,00	a
1	1,66		14	0,00	a
81	1,66		15	0,00	a
25	0,83		16	0,00	a
71	0,83		17	0,00	a
63	0,33		18	0,00	a
92	0,16		19	0,00	a
2	0,00		20	0,00	a
4	0,00		21	0,00	a
Media	4,37a			0b	

<i>Fusarium spp.</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
102	21,66	a	1	0,00	a
11	19,16	ab	2	0,00	a
25	16,66	ab	3	0,00	a
69	15,83	ab	4	0,00	a
13	15,00	ab	5	0,00	a
58	11,66	b	6	0,00	a
31	10,00	c	7	0,00	a
96	10,00		8	0,00	a
99	6,66		9	0,00	a
114	8,33		10	0,00	a
29	5,33		12	0,00	a
71	4,16		14	0,00	a
95	4,16		15	0,00	a
79	3,33		16	0,00	a
47	2,50		17	0,00	a
39	1,66		18	0,00	a
84	1,66		19	0,00	a
1	0,00		20	0,00	a
2	0,00		21	0,00	a
Media	8,30a			0b	

<i>Zymoseptoria tritici</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
74	28,33	a	1	0,00	a
88	27,50	a	2	0,00	a
114	21,66	ab	3	0,00	a
89	16,66	b	6	0,00	a
105	15,00	b	7	0,00	a
94	13,33	b	8	0,00	a
4	11,66	b	9	0,00	a
33	10,83	c	10	0,00	a
79	10,83		11	0,00	a
100	10,00		14	0,00	a
5	13,33		15	0,00	a
107	8,75		16	0,00	a
22	12,50		17	0,00	a
87	8,33		19	0,00	a
66	6,66		20	0,00	a
75	6,66		21	0,00	a
13	5,83		23	0,00	a
54	6,66		24	0,00	a
92	4,16		25	0,00	a
Media	12,56a			0b	

<i>Alternaria spp.</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
84	46,66	a	2	0,00	a
92	43,33	ab	5	0,00	a
23	35,83	abc	15	0,00	a
87	34,16	abc	20	0,00	a
6	35,00	abc	24	0,00	a
3	34,16	abc	29	0,00	a
42	35,00	abc	30	0,00	a
22	33,33	abc	34	0,00	a
79	32,50	bc	37	0,00	a
8	30,83	bc	40	0,00	a
74	30,00	bc	41	0,00	a
75	30,00	bc	49	0,00	a
94	30,00	bc	53	0,00	a
13	30,00	bc	55	0,00	a
51	29,16	c	56	0,00	a
31	28,33	c	59	0,00	a
47	25,00	c	62	0,00	a
33	25,00	c	64	0,00	a
35	24,16	c	69	0,00	a
Media	32,23a			0b	

<i>Bipolaris sorokiniana</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
52	7,50	a	1	0,00	a
114	5,00	ab	2	0,00	a
61	6,66	ab	3	0,00	a
22	5,83	ab	4	0,00	a
95	5,83	ab	5	0,00	a
109	2,50	ab	6	0,00	a
28	2,50	ab	7	0,00	a
75	2,50	ab	8	0,00	a
79	2,50	ab	9	0,00	a
73	1,66	ab	10	0,00	a
21	0,83	b	11	0,00	a
31	0,83	b	12	0,00	a
81	0,83	b	13	0,00	a
102	0,33	c	14	0,00	a
99	0,16		15	0,00	a
1	0,00		16	0,00	a
2	0,00		17	0,00	a
3	0,00		18	0,00	a
4	0,00		19	0,00	a
Media	2,39a			0b	

<i>Stemphylium spp.</i>					
Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo	Genotipo	Frecuencia (%)	Grupo
31	3,33	a	1	0,00	a
39	1,66	a	2	0,00	a
90	1,66	a	3	0,00	a
18	0,83	a	4	0,00	a
68	0,83	a	5	0,00	a
1	0,00	a	6	0,00	a
2	0,00	a	7	0,00	a
3	0,00	a	8	0,00	a
4	0,00	a	9	0,00	a
5	0,00	a	10	0,00	a
6	0,00	a	11	0,00	a
7	0,00	a	12	0,00	a
8	0,00	a	13	0,00	a
9	0,00	a	14	0,00	a
10	0,00	a	15	0,00	a
11	0,00	a	16	0,00	a
12	0,00	a	17	0,00	a
13	0,00	a	19	0,00	a

14	0,00	a	20	0,00	a
Media	0,44a			0b	

<i>Ascochyta spp.</i>					
Genotipo	Media	Grupo	Genotipo	Media	Grupo
1	0,00	a	1	0,00	a
2	0,00	a	2	0,00	a
3	0,00	a	3	0,00	a
4	0,00	a	4	0,00	a
5	0,00	a	5	0,00	a
6	0,00	a	6	0,00	a
7	0,00	a	7	0,00	a
8	0,00	a	8	0,00	a
9	0,00	a	9	0,00	a
10	0,00	a	10	0,00	a
11	0,00	a	11	0,00	a
12	0,00	a	12	0,00	a
13	0,00	a	13	0,00	a
14	0,00	a	14	0,00	a
15	0,00	a	15	0,00	a
16	0,00	a	16	0,00	a
17	0,00	a	17	0,00	a
18	0,00	a	18	0,00	a
19	0,00	a	19	0,00	a
20	0,00	a	20	0,00	a
21	0,00	a	21	0,00	a
Media	0			0	

Las medias en naranja indican los genotipos con menos presencia del patógeno correspondiente, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que las medias en rojo indican los genotipos con mayor presencia del patógeno correspondiente, sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios.

Tabla 13: Número de genotipos con cada patógeno

Patógeno	Nº Genotipos con el patógeno	Nº Genotipos sin el patógeno	% Presencia
<i>Puccinia triticina</i>	107	3	97,27
<i>Alternaria spp.</i>	83	27	75,45
<i>Zymoseptoria tritici</i>	33	77	30,00
<i>Pyrenophora tritici repentis</i>	17	93	15,45
<i>Fusarium spp.</i>	17	93	15,45

<i>Bipolaris sorokiniana</i>	15	95	13,64
<i>Stemphylium</i> spp.	5	105	4,55
<i>Ascochyta</i> spp.	0	110	0,00

Lista de patógenos ordenados de mayor frecuencia de aparición a menor.

Porcentajes totales de patógenos en cada genotipo.

Del análisis del comportamiento de los cultivares frente a la incidencia del total de los distintos patógenos podemos indicar que, el genotipo con mayor frecuencia de ataque fue el cv 74 (9,48%) y no hubo significancia hasta el cv 112 (1,77%), por otro lado, el genotipo de menor incidencia fue el cv 97 (0,41%) y no hubo significancia hasta el cv 22 (7,50%) (Tabla 14).

Tabla 14: Comparación de frecuencia de patógenos según la interacción genotipo-patógeno.

Genotipo	Frec Pat	Grupo	Genotipo	Frec Pat	Grupo
74	9,48	a	97	0,41	a
31	8,43	ab	15	0,52	ab
13	8,22	ab	62	0,83	ab
94	7,81	ab	7	0,83	ab
114	7,70	ab	106	0,85	ab
79	7,70	ab	2	0,93	ab
107	7,55	ab	43	0,93	ab
22	7,50	ab	37	1,25	ab
84	7,39	ab	59	1,25	ab
92	7,31	ab	50	1,25	ab
88	7,08	ab	55	1,25	ab
87	6,87	ab	49	1,25	ab
85	6,66	ab	17	1,25	ab
65	6,66	ab	108	1,66	ab
L.S.D.: 1,13	7,45a			1,08b	

Los genotipos en naranja indican la menor presencia de patógenos, sin diferencias significativas entre ellos, en tanto que los genotipos en rojo indican la mayor presencia de patógenos sin diferencias entre ellos, los restantes genotipos presentaron valores intermedios.

4.4 Biomasa aérea en tres estadios.

La biomasa presentó diferencias significativas entre *Tratamientos de fungicidas* y *Genotipos* para EC60, EC70 y EC80. Para la interacción *Tratamiento × Genotipo* también se detectaron diferencias altamente significativas en los tres estadios (Tabla 15).

Tabla 15. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) para biomasa aérea para EC60, EC70 y EC80 para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 102 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Biomasa EC60	Biomasa EC70	Biomasa EC80
Tratamiento	1	3996286(p=0,033)	8354233 (p =0,005)	605.68 (p=0,013)
Error A	1	10758	582	0.256
Genotipo	109	111451(p<0,001)	121106 (p<0,001)	25.38 (p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	109	36721 (p<0.001)	45042(p =0,005)	14.47 (p=0,004)
Error B	218	16533	29710	9,45
Total	439			

El comportamiento de los cultivares para producción de biomasa en los estadios EC60, EC70 y EC80 puede observarse en la Tabla 16. En EC60 la diferencia entre los valores promedios de los genotipos sin la aplicación de fungicidas (928,7gMS/m²) y los genotipos con la aplicación (1119,3gMS/m²) es de 191,34 g.materia seca/m², es decir un incremento del 20,62 %. En EC70 el valor promedio de biomasa aérea para el tratamiento SF fue de 1075,7gMS/m² y para el CF fue de 1351,3gMS/m² resultando de un incremento de 25,62%, y para el último estadio analizado EC80, los valores fueron de 1231gMS/m² y 1586,5gMS/m² para SF y CF respectivamente, resultando de un incremento del 28,88% a favor del tratamiento al que se le aplicó el fungicida. Se puede destacar que los genotipos 24, 42 y 16 tuvieron los mayores incrementos de biomasa cuando se realizó la aplicación ya que se destacan dentro de los 10 mejores genotipos analizados a lo largo de los 3 estadios. Los genotipos 29, 14 y 71 mantuvieron relativamente uniforme sus incrementos a lo largo del período analizado, destacándose como las mejores variedades del tratamiento sin fungicida.

Tabla 16. Comparación de medias para biomasa aérea para EC60, EC70 y EC80 para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo.

Biomasa EC 60 (g.m ²)			Biomasa EC 70 (g.m ²)			Biomasa EC 80 (g.m ²)											
CV	SF		CV	CF		CV	SF		CV	CF		CV	SF		CV	CF	
29	1360	a	24	1736	A	29	1521	a	24	1930	a	14	1788	a	103	2555	A
71	1257	ab	42	1694	Ab	15	1519	ab	42	1859	ab	29	1725	ab	24	2332	A
15	1241	abc	16	1487	abc	14	1456	abc	65	1844	ab	62	1641	abc	29	2257	Ab
52	1233	abc	34	1475	bcd	52	1404	abcd	98	1830	abc	52	1635	abcd	71	1961	Bc
17	1206	abcd	51	1452	bcde	36	1374	abcde	29	1788	abc	8	1628	abcd	98	1945	Bcd
24	1196	abcde	98	1429	cdef	27	1372	abcde	47	1786	abc	15	1597	abcd			
11	1184	abcde				62	1360	abcde	103	1785	abc	53	1554	abcd			

14	1178	abcde				71	1360	abcde	71	1707	abc	27	1526	abcd			
50	1160	abcde				8	1334	abcde	104	1678	abc	71	1504	abcd			
43	1141	abcde				17	1322	abcde	17	1653	abc	20	1490	abcd			
67	1111	abcde				56	1305	abcde	26	1631	abc	23	1483	abcd			
115	1108	abcde				11	1299	abcde	41	1630	abc	17	1480	abcd			
23	1108	abcde				20	1295	abcde	16	1624	abc	42	1467	abcd			
						22	1279	abcde	62	1622	abc	11	1461	bcd			
						73	1272	abcde	79	1606	abc	61	1439	bcd			
						42	1272	abcde	34	1598	abc	115	1429	bcd			
						50	1265	abcde	94	1586	bc	73	1428				
						24	1265	abcde	28	1578	bc	50	1411				
						77	1251	abcde									
						115	1232	abcde									
						61	1229	abcde									
						64	1219	abcde									
						23	1207	abcde									
						34	1206	abcde									
						41	1201	abcde									
						9	1199	abcde									
						92	1192	abcde									
						43	1191	abcde									
						114	1183	bcde									
						48	1178	cde									
						95	1170	cde									
	1191			1545			1288			1707			1538			2210	
		LSD		253a			338b						326c				

Los genotipos en azul son los más sobresalientes del tratamiento sin fungicida, no encontrándose diferencias significativas entre ellos, en tanto que los genotipos en naranja son los más sobresalientes en el tratamiento con fungicida. En cada estadio se comparó la media con los respectivos valores de LSD

4. 5 Removilización, absorción post-antesis y nitrógeno acumulado en granos

Como se muestra en la Tabla 17, el N removilizado (g.m²) presentó diferencias significativas entre tratamientos de fungicidas. En cuanto al análisis de los genotipos presentaron diferencias significativas en todas las variables analizadas. En lo referido a la interacción genotipo × tratamiento se observan diferencias significativas excepto en N acumulado en granos (g) (Tabla 17).

Tabla 17. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) N Removilizado, N Absorbido post- antesis y N acumulado en granos para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	% N Removilizado	N Removilizado (g.m ²)	N Absorbido post - antesis	N Absorbido post – Antesis (g.m ²)	N Acumulado en granos (g.m ²)
Tratamiento	1	3856.0 (p= 0.451)	935.560 (p= 0.028)	3856.0 (p=0.451)	1193.368 (p =0.136)	4242.188 (p=0.086)
Error A	1	2824.5	1.845	2824.5	56.223	78.440
Genotipo	109	941.7 (p<0.001)	22.119 (p<0,001)	941.7 (p<0,001)	15.953 (p<0,001)	37.319 (p<0,001)
Tratamiento × Genotipo	109	747.5 (p<0.001)	11.729 (p<0,001)	747.5 (p<0,001)	9.491 (p<0,001)	8.324 (p=0.432)
Error B	218	427.2	6.831	427.2	5.092	8.114
Total	439					

Tabla 18. Comparación de medias de removilización de N para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo

% de Removilización de N						Removilización de N (g.m ²)					
CV	SF		CV	CF		CV	SF		CV	CF	
14	93,35	a	109	95,24	a	14	12,18	a	71	17,27	a
56	84,60	ab	107	87,74	ab	105	8,33	ab	77	12,32	ab
109	83,50	abc	116	83,16	abc	107	7,90	abc	107	12,30	abc
106	80,18	abc	49	79,76	abc	29	7,78	abcd	116	12,03	bcd
115	74,99	abc	94	75,83	abc	109	7,17	abcde	115	11,96	bcde
107	73,60	abc	59	74,38	abc	106	7,14	abcde	99	11,85	bcde
62	72,79	abc	36	72,77	abc	99	6,80	bcde	113	11,74	bcde
41	72,30	abc	71	72,20	abc	71	6,46	bcde	109	11,54	bcde
105	64,89	abc	99	72,20	abc	11	6,33	bcde	98	11,36	bcde
85	64,53	abc	56	71,19	abc	56	6,32	bcde	22	11,25	bcde
116	63,12	abc	114	69,82	abc	108	6,19	bcde	25	10,98	bcde
99	60,45	abc	113	69,75	abc	85	5,79	bcde	68	10,84	bcde
71	60,29	abc	16	68,53	abc	115	5,77	bcde	28	10,10	bcde
11	59,41	abc	77	68,00	abc	90	5,57	bcde	61	9,89	bcde
29	58,64	abc	51	67,69	abc	103	5,28	bcde	51	9,82	bcde
108	56,51	abc	70	67,64	abc	62	5,21	bcde	32	9,76	bcde
96	55,75	abc	43	66,61	abc	116	4,70	bcde	8	9,60	bcde
39	53,54	abc	25	66,60	abc	67	4,66	bcde	47	9,32	bcde
36	52,83	abc	22	59,95	abc	111	4,66	bcde	29	8,88	bcde
73	52,42	abc	30	59,80	abc	96	4,38	bcde	9	8,86	bcde
34	51,58	abc	33	59,72	abc	52	4,28	bcde	43	8,86	bcde

54	51,5	abc	47	59,63	abc	27	4,24	bcde	94	8,50	bcde
111	51,09	bc	61	59,56	abc	73	3,96	bcde	114	8,50	bcde
47	51,02	bc	32	59,34	abc	68	3,95	bcde	56	8,48	bcde
103	47,83	bc	115	58,57	abc	61	3,93	bcde	102	8,34	bcde
			28	58,35	abc	15	3,91	bcde	97	7,97	bcde
			68	57,79	abc	98	3,55	bcde	90	7,94	bcde
			97	57,03	abc	19	3,51	bcde	36	7,90	bcde
			98	56,01	abc	34	3,47	bcde	60	7,86	bcde
			10	55,71	abc	110	3,47	bcde	33	7,72	bcde
			112	55,61	abc	8	3,23	bcde	49	7,63	bcde
			60	54,98	abc	77	3,17	cde	14	7,18	cde
			63	54,47	abc				16	7,00	de
			9	52,33	bc						
			5	50,24	bc						
			40	50,09	bc						
	63,63			65			5			10	
LSD:42,00 a						LSD: 5,13b					

Los genotipos en azul son los más sobresalientes del tratamiento sin fungicida, no encontrándose diferencias significativas entre ellos, en tanto que los genotipos en naranja son los más sobresalientes en el tratamiento con fungicida. En cada estadio se comparó la media con los respectivos valores de LSD

Tabla 19. Comparación de medias de absorción de N post – antesis para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo

% de Absorción de N post - antesis						Absorción de N post – antesis (g)					
CV	SF		CV	CF		CV	SF		CV	CF	
86	96,30	a	44	96,07	a	52	8,67	a	105	17,15	a
95	95,61	ab	17	95,93	ab	26	8,56	ab	74	14,24	ab
5	95,50	ab	104	93,74	abc	113	7,78	abc	53	14,22	ab
81	95,49	ab	66	92,40	abcd	89	7,73	abcd	73	13,09	abc
1	95,41	ab	62	91,22	abcd	104	7,48	abcde	100	12,84	abcd
49	95,05	abc	76	91,19	abcd	49	7,43	abcde	85	12,78	abcd
33	94,14	abcd	64	88,47	abcd	53	7,16	abcde	17	12,65	abcde
72	93,65	abcd	92	86,04	abcd	102	6,98	abcde	104	12,36	bcde
26	90,96	abcd	100	84,99	abcd	50	6,82	abcde	62	11,42	bcde
12	90,65	abcd	81	84,50	abcd	114	6,69	abcde	52	11,35	bcde
21	90,61	abcd	111	83,30	abcd	68	6,66	abcde	14	11,34	bcde
43	90,40	abcd	48	82,87	abcd	90	6,52	abcde	102	11,12	bcde
35	89,55	abcd	7	82,80	abcd	94	6,52	abcde	92	10,89	bcde
75	89,51	abcd	58	82,62	abcd	61	6,30	abcde	103	10,78	bcde
42	88,88	abcd	35	81,04	abcd	93	6,23	abcde	93	10,74	bcde
94	88,75	abcd	86	80,98	abcd	92	6,22	abcde	15	10,72	bcde
37	87,97	abcd	18	80,90	abcd	98	6,14	abcde	29	10,48	bcde
113	87,42	abcd	106	80,85	abcd	67	6,13	abcde	111	10,43	bcde
102	86,97	abcd	93	80,61	abcd	74	6,11	abcde	3	10,20	bcde
44	86,85	abcd	105	80,23	abcd	42	5,80	abcde	8	10,14	bcde
55	85,93	abcd	79	78,72	abcd	103	5,75	abcde	96	10,11	bcde
74	84,29	abcd	2	78,68	abcd	44	5,60	abcde	90	10,09	bcde
57	83,57	abcd	54	77,79	abcd	60	5,48	abcde	84	9,97	bcde

59	82,38	abcd	85	77,73	abcd	27	5,42	abcde	41	9,82	bcde
76	81,99	abcd	73	77,68	abcd	77	5,42	abcde	18	9,74	bcde
18	81,73	abcd	87	77,16	abcd	110	5,36	abcde	26	9,68	bcde
70	81,59	abcd	69	76,78	abcd	17	5,34	abcde	23	9,42	cde
97	81,18	abcd	6	76,72	abcd	1	5,27	abcde	48	9,38	cde
112	80,76	abcd	96	76,58	abcd	25	5,22	abcde			
64	80,43	abcd	74	75,88	abcd	48	5,21	abcde			
87	79,96	abcd	95	75,34	abcd	95	5,18	abcde			
22	79,81	abcd	11	75,18	abcd	86	5,03	abcde			
48	79,36	abcd	3	74,53	abcd	87	4,97	abcde			
38	79,09	abcd	23	73,68	abcd	15	4,93	abcde			
25	78,64	abcd	53	72,71	abcd	70	4,90	abcde			
13	77,94	abcd	65	71,52	abcd	32	4,87	abcde			
93	77,90	abcd	82	70,74	abcd	18	4,85	abcde			
89	77,77	abcd	55	70,34	abcd	29	4,75	abcde			
24	77,36	abcd	15	69,85	abcd	3	4,71	abcde			
92	76,67	abcd	12	69,40	abcd	97	4,68	abcde			
58	75,81	abcd	21	68,27	abcd	111	4,67	abcde			
60	75,57	abcd	67	68,21	abcd	2	4,51	abcde			
20	74,92	abcd	88	68,10	abcd	112	4,46	abcde			
53	73,38	abcd	110	67,99	abcd	28	4,29	abcde			
114	73,23	abcd	72	67,71	abcd	108	4,20	abcde			
51	71,80	abcd	20	66,81	abcd	64	4,11	abcde			
50	71,69	abcd	1	66,33	abcd	96	4,09	abcde			
30	70,37	abcd	27	66,31	abcd	71	3,97	bcde			
104	70,32	abcd	103	66,20	abcd	59	3,96	bcde			
77	69,18	abcd	34	66,14	abcd	100	3,93	bcde			
79	69,11	abcd	38	66,10	abcd	34	3,82	cde			
65	68,98	abcd	41	66,06	abcd	4	3,73	cde			
2	68,83	abcd	31	65,11	abcd						
17	67,18	abcd	84	64,40	abcd						
28	67,13	abcd	13	63,41	abcd						
100	66,59	abcd	52	63,29	abcd						
68	66,54	abcd	37	62,94	abcd						
16	66,18	abcd	108	62,26	abcd						
69	66,13	abcd	14	61,66	abcd						
3	65,61	abcd	24	61,23	abcd						
31	65,43	abcd	26	59,97	abcd						
32	65,05	abcd	4	59,88	abcd						
4	63,56	abcd	42	58,97	abcd						
98	62,84	abcd	102	57,66	abcd						
82	61,10	abcd	50	57,05	abcd						
10	60,98	abcd	90	55,65	abcd						
40	60,47	abcd	57	54,92	abcd						
7	59,70	abcd	89	54,74	abcd						
52	59,13	abcd	29	54,42	abcd						
110	58,40	abcd	19	53,98	bcd						
61	58,35	abcd	117	53,22	cd						
66	57,80	abcd	39	51,53	d						
8	57,32	abcd	8	51,50	d						

9	57,32	abcd								
117	57,30	abcd								
88	56,72	abcd								
27	56,38	abcd								
23	56,27	abcd								
15	56,24	abcd								
84	55,86	abcd								
19	55,57	abcd								
67	55,08	abcd								
63	54,24	Bcd								
6	53,23	Cd								
90	53,20	Cd								
103	52,17	D								
	73,79			71,91			5,59			11,33
LSD: 42,00a						LSD: 4,69b				

Los genotipos en azul son los más sobresalientes del tratamiento sin fungicida, no encontrándose diferencias significativas entre ellos, en tanto que los genotipos en naranja son los más sobresalientes en el tratamiento con fungicida. En cada estadio se comparó la media con los respectivos valores de LSD citados en la tabla 19.

En la Tabla 18 se destacan los genotipos que más removilizaron N (g), dentro de los cuales podemos encontrar los diferentes cultivares: 14, 105 y 107 para el tratamiento sin fungicidas y dentro de los mejores cultivares a los cuales se les aplicó fungicidas se pueden encontrar las variedades 71, 77 y 107. Es decir, que en función de los valores analizados se observa que estos últimos genotipos incrementaron su removilización de N. Asimismo cuando se considera el N removilizado (g) todos los genotipos disminuyeron sus valores en el tratamiento sin fungicidas, con diferencias de aproximadamente 48% inferiores con respecto al tratamiento con fungicidas. Sumado a esto, los resultados indican un incremento en la eficiencia de removilización ante aplicación de fungicidas, mostrando un aumento promedio desde 34,51% para el tratamiento sin fungicidas y 40,44% para el tratamiento con fungicidas.

En cuanto al N absorbido en post-antesis (g) también todos los genotipos evidenciaron menor cantidad en los tratamientos sin fungicidas, con diferencias de hasta aproximadamente 90% entre ellos. Los genotipos que se destacan en el tratamiento SF son: 52, 26, 113 y 89; y en el tratamiento CF los más destacados son: 105, 74, 53 y 73 (Tabla 19). Con respecto a la proporción de absorción de N post – antesis respecto al N acumulado en granos, se puede observar en promedio, que en tratamientos CF el valor fue de 59,56 %, en cambio para el tratamiento testigo tuvo un incremento de 65,49 %, es decir, una diferencia de absorción del 5,93%. Este valor superior se debe a que la relación removilización – absorción es mucho menor en el

tratamiento testigo comparándolo con el ensayo a el cual se le aplicó fungicida. En la Tabla 19 se destacan los genotipos con mayor % de absorción de N, dentro de los cuales podemos encontrar los diferentes cultivares: 86, 95 y 5 para el tratamiento sin fungicidas y dentro de los mejores cultivares a los cuales se les aplicó fungicidas se pueden encontrar las variedades 44, 17 y 104. Es decir, que en función de los valores analizados se observa que estos últimos genotipos incrementaron su % de absorción de N.

Tabla 20. Comparación de medias de acumulación de N en grano para el año 2017 en un ensayo con dos tratamientos de aplicación de fungicida en 110 cultivares de trigo

CV	SF (g.m ²)		CV	CF (g.m ²)	
14	13,09	a	71	23,02	a
52	12,95	a	105	21,15	ab
29	12,53	ab	115	20,32	abc
90	12,09	abc	98	20,21	abcd
105	12,04	abcd	8	19,74	abcde
103	11,02	abcde	53	19,62	abcde
107	10,95	abcde	102	19,45	abcde
67	10,79	abcde	29	19,36	abcde
104	10,64	abcde	74	18,94	abcde
68	10,61	abcde	22	18,77	abcde
71	10,43	abcde	14	18,52	abcde
108	10,38	abcde	68	18,49	abcde
99	10,37	abcde	52	18,17	abcde
61	10,23	abcde	77	18,11	abcde
53	10,08	abcde	90	18,03	abcde
11	9,84	abcde	28	16,97	bcde
50	9,78	abcde	9	16,93	bcde
89	9,76	abcde			
98	9,71	abcde			
27	9,65	abcde			
26	9,41	abcde			
111	9,33	abcde			
114	9,15	abcde			
106	9,01	abcde			
113	8,88	abcde			
15	8,84	abcde			
110	8,83	abcde			
77	8,59	abcde			
93	8,53	abcde			
96	8,47	abcde			
109	8,41	abcde			
85	8,31	abcde			

102	8,18	abcde			
17	7,98	abcde			
49	7,88	abcde			
92	7,79	abcde			
60	7,68	abcde			
115	7,56	abcde			
32	7,53	abcde			
56	7,47	abcde			
116	7,42	abcde			
94	7,41	abcde			
74	7,31	abcde			
34	7,29	abcde			
62	7,29	abcde			
73	7,26	abcde			
3	7,24	abcde			
8	6,95	bcde			
25	6,78	bcde			
	9,18			19,16	
L.S.D: 5,87					

Los genotipos en azul son los más sobresalientes del tratamiento sin fungicida, no encontrándose diferencias significativas entre ellos, en tanto que los genotipos en naranja son los más sobresalientes en el tratamiento con fungicida. En cada estadio se comparó la media con los respectivos valores de LSD citados en la tabla 19.

En cuanto a la acumulación de N en grano (g) se destacaron los genotipos 14, 52, 29, 90, 105, 103, 107 para el tratamiento SF y los cultivares 71, 105, 115, 98, 8, 53, 102, 29 y 74 para el CF. Los valores fueron superiores en los tratamientos con fungicida (en promedio 19,16 gr) con respecto a los sin fungicida (9,18 gr), en tanto que no existió interacción tratamiento × genotipo significativa, indicando que las disminuciones en los valores en el tratamiento sin fungicida fueron similares en todos los genotipos

El análisis de regresión realizado para explicar las diferencias en magnitud entre genotipos con respecto al N removilizado y absorbido post anthesis (g) de los tratamientos con y sin fungicida, indica que las ecuaciones con mejor ajuste fueron las siguientes:.

$$N_{rem} (g) = 0,350 - 0,0387 (\text{Necrotroficos}) (\text{probabilidad } t=0,013) - 0,0383 (\text{Biotroficos probabilidad } t < 0,001) + 0,0042 (\text{Biomasa EC80, probabilidad } t < 0,001))$$

Dicha ecuación explica el 23,5% de la variación total

NAbs (g) = - 0,344 – 0,0167 (Necrotrófico) (probabilidad $t < 0,217$) – 0,02706 (Biotróficos) (probabilidad $t < 0,001$) + 0,0053 (Biomasa EC80) (probabilidad $t < 0,001$)

La ecuación mencionada representa al 32% de la variación total.

Estos resultados indican que en ambas variables los patógenos biotróficos causaron mayor efecto que los necrotróficos en la disminución de los valores y que el incremento en la biomasa especialmente en EC 80 tendió a incrementarlos

5. DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas durante el transcurso del ensayo determinaron una fuerte influencia en el desarrollo epidemiológico de las principales enfermedades foliares observadas: Las temperaturas moderadas a altas, precipitaciones por encima de la media histórica, aumentando las horas de mojado foliar fueron los principales factores climáticos predisponentes para la presencia de *Puccinia triticina*, *Pyrenophora tritici-repentis* y *Zymoseptoria tritici*, según lo expresado por Prescott *et al.* (1986), Moreno *et al.* (2012) y Annone & García (2004), respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que el desarrollo de enfermedades arrojó valores de severidad más altos en estadios más avanzados, a medida que aumentó la presión de inóculo debido a condiciones ambientales predisponentes de humedad y temperatura y a los sucesivos ciclos de los patógenos, aunque en EC 80 el desarrollo de los síntomas de las enfermedades pudieron estar enmascarados por procesos de senescencia foliar. Además, se registraron diferencias altamente significativas entre los genotipos evaluados en EC31, EC60 y EC80. Por otro lado, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos de fungicidas para severidad en EC31 debido a condiciones ambientales poco propicias para el desarrollo de enfermedades entorno a este estadio y menor cantidad de ciclos de los patógenos presentes, mientras que, en EC60 y EC80 sí las hubo.

Diversos autores han indicado que los efectos benéficos de la aplicación de fungicidas se asocian a que reducen en forma significativa el avance de la enfermedad, la que ocasiona aumentos en la clorosis, senescencia anticipada de las hojas (Bancal *et al.* 2007). En este sentido, la aplicación de fungicidas ha sido asociada con aumentos del índice de área foliar verde (IAFV), en la duración de área foliar verde (DAFV) y disminuciones en la severidad como las documentadas en este trabajo (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck 2015; Schierenbeck *et al.* 2016).

En cuanto a la frecuencia de patógenos se encontraron diferencias significativas en la interacción genotipo × patógeno. Se observó la presencia en un gran porcentaje de genotipos con *Puccinia triticina* (97 %) seguido por *Alternaria spp.*, *Zymoseptoria tritici*, *Pyrenophora tritici repentis* y *Fusarium spp.* en hoja, siendo tres de estos patógenos, los principales organismos causales de enfermedades foliares de trigo en concordancia con Annone (2001). Asimismo, considerando los resultados dentro de cada patógeno, se encontraron varios genotipos con porcentajes de 0% pudiéndose tratar de una resistencia completa, siendo esta la capacidad de la planta para reducir el crecimiento y desarrollo del patógeno, después que ha habido contacto entre el hospedante y el patógeno o después que este ha iniciado su desarrollo o se ha establecido (Niks *et al.* 1993), siendo una característica heredable y controlada principalmente por el sistema genético nuclear. En algunos casos, es controlada por uno o pocos genes (genes “mayores”), denominándose cualitativa, completa, específica, monogénica u oligogénica (Van Ginkel & Rajaram 1993). Varios genotipos fueron susceptibles a cada uno de estos patógenos, siempre con predominancia de *Puccinia triticina*, en tanto otros fueron moderadamente resistentes a moderadamente susceptibles. En este caso, se trata de resistencias parciales, siendo esta una reducción del desarrollo de la epidemia a pesar de un tipo de infección susceptible, en este caso controlada por múltiples genes (Bai & Shaner 1994) denominándose cuantitativa, parcial o no específica o poligénica, indicando la coexistencia de resistencia completa y resistencia parcial. Teniendo en cuenta esto, nuestros resultados permiten no rechazar la hipótesis “*existe una amplia variabilidad en resistencia a enfermedades por infección natural en una colección internacional de genotipos de trigo*”.

Con respecto a la producción de biomasa, aplicaciones de fungicidas provocaron incrementos en los tres estadios evaluados con respecto al testigo sin fungicida tal como fue documentado por Ajiboye *et al.* 2014. Coincidiendo con lo descrito anteriormente, Gallagher *et al.* (1975), Monteith (1977), y Fischer (1985) documentaron que existe una estrecha relación entre la generación de biomasa con la cantidad de radiación solar absorbida por tejidos verdes, por lo que parte del aumento en la producción de biomasa ante la aplicación de fungicidas, documentada en este trabajo, puede deberse al aumento de radiación fotosintéticamente activa absorbida en tejido verde (RFAabs), que incrementó la tasa de crecimiento del cultivo, respuesta que se evidencia por los mayores valores de biomasa aérea en EC60, EC70 y EC80 (Schierenbeck 2018).

Por otro lado, los mayores efectos de *P.triticina* sobre la acumulación de N en granos hallados en el presente trabajo concuerdan con lo documentado por diversos autores (Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Bancal *et al.* 2008; Schierenbeck 2018) en cuanto a que la retención de N en los tejidos afectados por este patógeno (manifestado por disminuciones en la eficiencia de removilización de N e índice de cosecha de N) genera mayores reducciones en la removilización de N que las producidas por organismos necrótrofos. Sumado a esto, el efecto que *P.triticina* genera sobre la disminución de biomasa aérea y consecuentemente en el N en antesis y N en cosecha debido a reducciones en la radiación absorbida por tejidos verdes, en la eficiencia en el uso de la radiación y mayores reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo que *Py.tritici repentis* provocan consecuentemente caídas en la acumulación de N en grano y en el % de N en granos ante infecciones de este patógeno (Schierenbeck *et al.* 2016; Schierenbeck *et al.* 2019). Debido a este comportamiento, la utilización de fungicidas logran revertir este comportamiento y generan mayores incrementos porcentuales en estas variables frente a este patógeno. Por su parte, Schierenbeck *et al.* (2014b) y Fleitas *et al.* (2018) documentaron que incrementos en la concentración de inóculo de *Py.tritici repentis* generaron aumentos en el % de nitrógeno en granos respecto a testigos protegidos. Este incremento se explica por una disminución del área foliar en el periodo de llenado del grano generando una merma en la generación de carbohidratos, con lo cual, hay un efecto de “concentración” de N en grano. Sin embargo, el control de la enfermedad por medio de fungicidas hace que se mantenga el área verde y que el proceso de llenado se lleve a cabo con normalidad, causando un efecto contrario, es decir, “diluyendo” el N y consecuentemente proteína (Dimmock & Gooding 2002a).

En un mismo sentido, se ha indicado que el hábito nutricional de los patógenos fúngicos podría ser afectado en forma diferencial la dinámica del N en la planta. Se ha demostrado que las enfermedades foliares causadas por patógenos biotróficos a menudo disminuyen la removilización de N al grano a través de la retención del elemento en las partes enfermas de las plantas (Bastiaans 1993). Algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N, en el caso de epifitias que ocurren antes de la floración, sin embargo, raramente afectan la absorción de N en post-antesis (Bastiaans 1993). Sin embargo Bancal *et al.* (2008) determinaron que las infecciones naturales en post-antesis de *P.triticina* y *S.tritici* afectan más la absorción que la removilización de N, en tanto que Barbottin *et al.* (2005) encontraron que las variaciones en el rendimiento final de N también dependen

en gran medida de la captación de N post-antesis y de la presión de las enfermedades durante el periodo de llenado del grano.

Estudios realizados en cultivares argentinos (Schierenbeck *et al.* 2014b) encontraron que tratamientos inoculados con un patógeno biotrófico (*P.triticina*) tuvieron una mayor disminución en el N acumulado en granos, que aquellos inoculados con un patógeno necrotrófico (*Py. tritici-repentis*).

En este trabajo, hubo mayores porcentajes de incidencia del patógeno biotrófico *P. triticina* y luego otros necrotróficos y el análisis de regresión permitió determinar un mayor efecto en la reducción de las variables de la dinámica del N ocasionado por este tipo de patógenos.

En base al análisis del N removilizado (g) en el tratamiento SF se observó que los genotipos que más removilizaron N (g) fueron los cultivares: 14, 105 y 107 y dentro de los mejores cultivares para el tratamiento CF se encuentran las variedades 71, 77 y 107. Es decir, que en función de los valores analizados se observa que estos últimos genotipos incrementaron su removilización de N. Asimismo cuando se considera el N removilizado (g) todos los genotipos disminuyeron sus valores en el tratamiento sin fungicidas, con diferencias de aproximadamente 48% inferiores con respecto al tratamiento con fungicidas en concordancia con lo documentado por Bancal *et al.* 2008 y Schierenbeck *et al.* (2019).

El efecto de los patógenos biotróficos generando mayores reducciones en el N removilizado, se puede explicar por la retención del N en los tejidos afectados, sumado al efecto que genera este patógeno sobre la disminución de biomasa aérea (Schierenbeck *et al.* 2016, 2019). La retención de asimilados en pústulas y hojas infectadas ante infecciones de patógenos biotróficos ha sido ampliamente documentada en trigo y cebada (Crowdy & Mannees 1971; Ahmad *et al.* 1982; Walters 1989). Sumado a esto, Lucas (1998) reportó que la roya de la hoja provoca disturbios en el balance de nutrientes de la planta mediante el daño fisiológico que produce en las hojas, pudiendo generar reducciones tanto en la fotosíntesis como en removilización de asimilados como azúcares y aminoácidos. Por su parte, Dimmock & Gooding (2002a) y Gooding *et al.* (2005) indican que láminas enfermas ya senescentes infectadas con patógenos biotróficos (*P.triticina* y *Erisiphe graminis*) y hemibiotróficos (*S.tritici*) retienen más N que láminas senescentes que han sido previamente tratadas con fungicidas donde el proceso de removilización hacia el grano

se realiza normalmente, respuesta que indicaría los mayores niveles de N removilizado y N en granos obtenidos ante aplicaciones de fungicidas. En este sentido, las rupturas que se generan en la cutícula de las hojas ante la aparición de pústulas de *P.triticina*, incrementan la transpiración de la planta generando una senescencia prematura de los tejidos, y una consecuente retención de N en estos tejidos foliares generando reducciones en el índice de cosecha de N y en la eficiencia de removilización de N, por lo que es de esperar una disminución en la removilización y en el porcentaje de N en granos y cantidad de gramos de N acumulados en granos.

Analizando el porcentaje de absorción de N post – anthesis, se reflejan incrementos de absorción en el tratamiento testigo sobre ensayo con fungicidas. Estos valores superiores se deben a que la relación removilización – absorción es mucho menor en el tratamiento testigo comparándolo con el ensayo a el cual se le aplicó fungicida. En cuanto al N absorbido (g) en grano también todos los genotipos evidenciaron menor cantidad en los tratamientos sin fungicidas, con diferencias de hasta aproximadamente 90% entre ellos. Los genotipos que se destacan en el tratamiento SF son: 52, 26, 113 y 89; y en el tratamiento CF los más destacados son: 105, 74, 53 y 73.

En cuanto al N acumulado en grano (g) en este trabajo, se destacaron los genotipos 14, 52, 29, 90, 105, 103, 107, 67, 104, 68, 71 para el tratamiento SF y los cultivares 71, 105, 115, 98, 8, 53, 102, 29 y 74 para el CF. Los valores fueron superiores en los tratamientos con fungicida (en promedio 19,16 gr) con respecto a los sin fungicida (9,18 gr), en tanto que no existió interacción tratamiento × genotipo significativa, indicando que las disminuciones en los valores en el tratamiento sin fungicida fueron similares en todos los genotipos. Teniendo en cuenta esto, los resultados obtenidos en este trabajo permiten no rechazar la hipótesis “*Existe una amplia variabilidad para biomasa, absorción, removilización de N en esta set de genotipos de trigo*”.

Con respecto a los mecanismos ecofisiológicos que explicarían las diferencias de dirección en el porcentaje de N en granos ante patógenos foliares de distinto hábito nutricional, se podría afirmar que organismos necrotróficos como *Py. tritici- repentis*, ejercen un daño directo sobre el área fotosintéticamente activa y disminuyen la radiación interceptada en áreas con tejido muerto, lo que genera un menor suministro y acumulación de carbohidratos (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck *et al.* 2016). Si estos procesos se dan particularmente en el periodo de llenado del grano y, dado que alrededor del 65-80% del N ya fue acumulado en anthesis, hay un efecto de “concentración” de proteínas y por lo tanto, el porcentaje de las mismas se incrementa en el grano. En cambio, organismos biotróficos como *P. triticina*, dado su condición de

parásitos obligados, no sólo reducen el área fotosintéticamente activa y disminuye la radiación incidente (Bryson *et al.* 1995), sino que además afectan la eficiencia de uso de la radiación por incrementar la retención de azúcares y aminoácidos en los tejidos dañados (Schierenbeck *et al.* 2016), lo que restringe la removilización de los mismos hacia los granos en desarrollo (Dimmock & Gooding 2002a). En este sentido, Walters (1989) indicó que ante epidemias de *P.triticina* se produce una importante acumulación de N en las pústulas del patógeno, lo que implica una acumulación de N en las zonas afectadas de la hoja que actúan como destinos secundarios y no puede ser removilizado normalmente a los granos.

Los efectos benéficos de la aplicación de fungicidas se asocian a que reducen en forma significativa el avance de la enfermedad, la que ocasiona aumentos en la clorosis, senescencia anticipada de las hojas (Bancal *et al.* 2007). En este sentido, la reducción en la severidad de patógenos foliares debido a la aplicación de fungicidas han sido asociado con aumentos del índice de área foliar verde, duración de área foliar verde y disminuciones en la severidad, permitiendo tener mayores incrementos en la acumulación de N en granos a partir de mayores tasas de crecimiento del cultivo tales como los documentados en este trabajo (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck 2015; Schierenbeck *et al.* 2016)

6. CONCLUSIONES

Existe amplia variabilidad genotípica para biomasa, absorción, removilización de N en una colección internacional de 110 genotipos de trigos evaluada.

El tratamiento con fungicida presentó menores niveles de severidad, pero existió variación en el control ejercido por el fungicida según genotipo

Tratamientos con fungicida incrementaron el nitrógeno removilizado, la absorción post antesis y la acumulación de N en grano respecto a tratamientos desprotegidos

Los patógenos biotróficos afectaron en mayor medida la removilización de N al grano y la absorción post antesis que los patógenos necrotróficos

7. BIBLIOGRAFÍA

- **Ajigboye OO, Murchie E, Ray RV**(2014) Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114: 52-60
- **Ahmad I, Owera SAP, Farrar JF, Whitbread R**(1982) The distribution of five major nutrients in barley plants infected with brown rust. *Physiological Plant Pathology* 21, 335-346

- **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. Garcia.**2004. Las principales manchas foliares del trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Revista Idia XXI N° 6 Junio 2004. pp 58-64
- **Arregui, M.C. & C.Puricelli.** 2008. Mecanismo de acción de plaguicidas. Dow Agrosiences. Acquatint (ed.): 208 pp
- **Bai G, Shaner G (1994)**Scab of wheat: Prospects for control. Plant Disease, 78: 760-766
- **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.
- **Bancal, M-O., Roche & R., Bancal, P.** 2008.Late Foliar Diseases in Wheat Crops Decrease Nitrogen Yield through N Uptake Rather than Through Variations in N Remobilization. Ann Bot 102: 579-590.
- **Barbottin, A., Lecompte, C., Bouchard, C. & Jeuffroy, M.H.** 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. Crop Science 45: 1141-1150.
- **Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., & Hawkesford, M.J.,** 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. Eur. J. Agron. 33: 1–11.
- **Barraclough, P.B., Lopez-Bellido, R. & Hawkesford, M.J.** 2014. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilisation of nitrogen during grain-filling in wheat. Field Crops Research 156: 242–248
- **Bastiaans, L. 1993.** Effects of leaf blast on growth and production of a rice crop. 1. Determining the mechanism of yield reduction. Netherland Journal of Plant Pathology 99:323-334.
- **Blandino M. & A. Reyneri. 2009.** Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread - making quality and DON contamination. EuropeanJournal of Agronomy, 30: 275-282
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2019. Anuario Estadístico 2017. Pp.18.
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2019. Disponible en https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pldNoticia=1193. Último acceso. Abril de 2019
- **Bolsa de Comercio de Rosario.** 2019. Estimación Mensual Nacional Nro ESP102. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx>. Último acceso: Noviembre de 2019
- **Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Berard, P., LeBuanec, B. &Trottet, M.** 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. Crop Science 43: 37–45.
- **Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Pluchard, P., Beghin, D., Depatureaux, C., Giraud, A. & Le Gouis, J.** 2005. Indirect versus direct selection of winter wheat for low input or high input levels. CropScience 45:1427–1431.
- **Bryson RJ, Sylvester-Bradley R, Scott RK, Paveley ND (1995)** Reconciling the effects of yellow rust on yield of winter wheat through measurements of green area and radiation interception. Aspects of Applied Biology, 42: 9-18
- **Carmona, M., P. Cortese, M. Ferrazzini & O. Permingeat.** 1998. Control de la mancha amarilla. Revista CREA 213:54-56.
- **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.

- **Carmona M.A. & F.J. Sautua.** 2015. Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. FAUBA-BASF, 85p.
- **Castellarín J.M., M. González, H.M. Pedrol, F. Salvagiotti & O. Roso.** 2004. Control de enfermedades foliares en trigo: tipo de molécula fúngica y momento de aplicación. En: Para mejorar la producción. EEA Oliveros. INTA Oliveros. N° 25. pp. 67-69
- **Cordo, C.A., V.F. Consolo, M. Astiz Gassó, M.R. Simón, N.I. Kripelz & C.I. Mónaco.** 2014. Septoriosis del trigo en la Argentina: observaciones prácticas para el manejo de la enfermedad. Congreso. Seminario Internacional de Trigo, Colonia, 2014. p.1
- **Critchley, C.S.** 2001. A physiological explanation for the canopy nitrogen requirement of winter wheat. PhD Thesis. University of Nottingham, UK, 257 pp.
- **Crowdy Sh. Manners Jg.** (1971) Microbial disease and plant productivity. Symposia of the Society of General Microbiology, 21:103-123.
- **Dalling, M.J.,** 1985. The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In: Harper, J.E., Schrader, L.E., Howell, R.W. (Eds.), Exploration of Physiological and Genetic Variability to Enhance Crop Productivity. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 55–71.
- **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.
- **Evans, L.T., Wardlaw I.F. & Fischer, R.A.** 1978. Wheat. Ed Evans, L.T. In "Crop Physiology". Cambridge University Press, GB. pp. 101-149
- **FAO.** 2014. Food and Agriculture Organization. Disponible en: <http://www.fao.org> Último acceso: Julio de 2016
- **Fleitas, M.C. Gerard, G.S. & Simón, M.R.** 2015. Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192015000200006. FAVE. Secc. Cienc. agrar. vol.14 no.2
- **Fleitas, M.C., M. Schierenbeck, G.S. Gerard, J.I. Dietz, S.I. Golik & M.R. Simón.** 2018.b. Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. Crop Protection 106:201–209
- **Ferraris, G.N.** 2007. Nitrógeno y Azufre en trigo. Un caso particular de interacción entre nutrientes. Publicación Miscelánea N° 107 INTA Rafaela. http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/documentos/miscelaneas/107/misc107_0006.pdf. 10p. 1-2
- **Fisher, RA** 1985 Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. Journal of Agriculture Science, 105: 447-461
- **Gallagher JN, Biscoe PV & Scott RK** (1975) Barley and its environment. V. Stability of grain weight. Journal of Applied Ecology, 12: 319-336
- **Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Le Gouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Hubbart, S. & Foulkes, M.J.** 2014. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars, Field Crops Research 155: 213–223.
- **Gooding MJ, Gregory PJ, Ford KE, Pepler S** (2005) Fungicide and cultivar affect post-anthesis patterns of nitrogen uptake, remobilization and utilization efficiency in wheat. Journal of Agricultural Science, 143: 503–518
- **Gooding M.J.** 2006. The effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. Actas del Congreso "A Todo Trigo" 18 y 19 de Mayo de 2006, Mar del Plata, Argentina: 45-52

- **Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F. & Le Gouis, J.**, 2007. In winter wheat (*Triticumaestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain cor-relate with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crop. Res.*102: 22–32.
- **Koeck M., A.R. Hardham & P.N. Dodds.** 2011. The role of effectors of biotrophic and hemibiotrophic fungi in infection. *Cellularmicrobiology* 13: 1849-1857
- **Kremer, M. & Hoffmann, G.M.** 1993. Effekte von Blattinfektionen durch *Drechsleratritici-repentis* auf den Kohlenhydrat- und Stickstoffhaushalt von Weizenpflanzen. *Journal of Plant DiseasesandProtection* 100:259-277.
- **Lucas JA (1998)** *Plant Pathology and Plant Pathogens* 3rd Edition. Oxford: Blackwell Science
- **Masclaux, C., Quillere, I., Gallais, A. & Hirel, A.** 2001. The challenge of remobilisation in plant nitrogen economy. A survey of physio-agronomic and molecular approaches. *Ann. Appl. Biol.*: 138: 69–81
- **Millard, P.** 1988. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. *Plant Cell Environ.* 11: 1–8.
- **Miralles, D.J. & Slafer, G.A.** 1997. Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica* 97:201-208
- **Monteith JL (1977)** Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of Royal Society of London B*, pp. 277-294
- **Moreno, M.V., S.A. Stenglein & A.E. Perelló.** 2012. *Pyrenophoratritici-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/the-molecular-basis-of-plant-genetic-diversity/pyrenophora-tritici-repentis-causal-agent-of-tan-spot-a-review-of-intraspecific-genetic-diversity>.
- **Ney, B., M.O. Bancal, P. Bancal, I.J. Bingham, J. Foulkes, D. Gouache, N. Paveley & J. Smith.** 2013. Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. *Eur J Plant Pathol* 135:561–580.
- **Niks RE, Ellis PR, Parlevliet JE (1993)** Resistance to parasites. En: Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I (Eds.) *Plant breeding: principles and prospects*, p. 422-447. London, Chapman & Hall
- **Palta, J.A., Fillery, & I.R.P.,** 1995. N-application enhances remobilization and reduces losses of pre-anthesis N in wheat grown on a duplex soil. *Aust. J. Agric. Res.* 46:519–531.
- **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.
- **Robert, C., M.O. Bancal, B. Ney & C. Lannou.** 2005. Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. *New Phytologist* 165: 227- 241.
- **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.
- **Sarandón, S.J., Golik, S.I. & Chidichimo, H.O.** 1997. Acumulación y partición del N en dos cultivares de trigo pan ante distintos momentos de fertilización nitrogenada bajo siembra directa y labranza convencional. *Rev. Fac. Agr. La Plata* 102: 175-186.
- **Satorre, E.H. & G.A. Slafer.** 1999. *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination.* Food Products Press NY. USA: 503
- **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. 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, 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
- **Schierenbeck, M., Fleitas, M. C., Cortese, F., Golik, S. I., & Simón, M. R. (2019).** Nitrogen accumulation in grains, remobilization and post-anthesis uptake under tan spot and leaf rust infections on wheat. *Field Crops Research*, 235, 27-37.
- **Serrago, R.A., R. Carretero, M.O. Bancal & D.J. Miralles.2009.** Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy* 31:195-203.
- **Simón, M.R. Fleitas, M.C & Angeletti, P.** 2012. Efecto de control y residualidad de fungicidas con diferentes mezclas de triazoles y estrobilurinas sobre la roya de la hoja del trigo. XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Poteros de los Funes, San Luis, Octubre de 2012.p. 329.
- **Simpson, R.J., Lambers, H. & Dalling, M.J.** 1983. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) IV. Development of a quantitative model of the translocation of nitrogen to the grain. *Plant Physiology*. 71: 7–14.
- **Sinclair, T.R. & De Wit, C.T.** 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Sci.*, 189: 565–567
- **Smith J., M. Grimmer, S. Waterhouse & N.Paveley.**2013. Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance, water use efficiency and yield in winter wheat. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 78: 523-35.
- **Spieritz, J. H. J. & Ellen, J.**1978. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Netherlands Journal of Agricultural Science, Amsterdam* 26: 210-231.
- **Sylvester-Bradley, R. & Kindred, D.R.,** 2009. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *J. Exp. Bot.* 60:1939–1951.
- **Uauy, C., Brevis, J.C. & Dubcovsky, J.** 2006. The high grain protein content gene *Gpc-B1* accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. *J. Exp. Bot.* 57: 2785–2794
- **Van der Werf, A.** 1996. Growth analysis and photo assimilate partitioning. In: Zamski, E., Schaffer, A. (Eds.), *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source– Sink Relationships*. Marcel Dekker Inc., New York. pp. 1-20.
- **Van Ginkel M, Rajara S (1993)** Breeding for durable resistance to disease in wheat: an international perspective. In: Jacobs T, Parlevliet JE (Eds.) *Durability of disease resistance*. Dordrecht: Kluwer. Academics, pp 259-272
- **Van Sanford, D.A. & MacKown, C.T.** 1986. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Science* 27: 295–300.
- **Verreet, J.A. & Hoffmann, G.M.** 1988. Effects of infection by *Septoriana odorum* at different development stages of wheat on the level of production. *Plant Diseases and Protection* 94:283-300
- **Walters DR(1989)** Phosphorous and nitrogen fluxes between plant and fungus in parasitic associations. In *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur Utilisation by Fungi* (Eds Boddy L, Marchant R, Read D.J), pp. 131-154. Cambridge: Cambridge University Press
- **Wegulo, S.N.** 2011. Tan spot of cereals. *The Plant Health Instructor*.

- **Wiese, M.W.** 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathological Society. 106 pp.
- **Wiik L.** 2009. Control of fungal diseases in winter wheat. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp: 19.
- **Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. WeedResearch 14: 415-421.
- **Zillinsky, F.J.** 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT, El Batán, México.