



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

## Trabajo Final

Tema:

***Efecto de la mancha amarilla sobre la duración del área foliar verde, el rendimiento y la calidad de trigo pan en cultivares de diferente grupo de calidad***

**ALUMNO:** Pascual, Nicolás Martín (Leg. 26210/8)

**DIRECTORA:** PhD. MSc. Ing. Agr. Simón, María Rosa

**CO-DIRECTORA:** Dra. Ing. Agr. Fleitas, María Constanza

**FECHA DE ENTREGA:** 9 de junio de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

---

A mis directores de tesis por la predisposición y el tiempo prestado para poder realizar este trabajo.

Al personal de la Cátedra de Cereales por la colaboración prestada durante todo el trabajo.

A mi familia por darme la oportunidad de poder estudiar esta carrera y por brindarme todo su apoyo.

Y a mis amigos que me acompañaron durante este largo camino.

## RESUMEN

---

La mancha amarilla causada por el hongo necrotrófico [(*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.)] es una de las principales enfermedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) que limitan el rendimiento y disminuyen la calidad a través de disminuciones del área fotosintéticamente activa del cultivo. Dicha reducción, ejerce un mayor efecto sobre la acumulación de carbohidratos en el grano que sobre la removilización y acumulación de N. La tolerancia a enfermedades es un complemento importante de la resistencia genética, la cual no ha sido suficientemente explotada. El objetivo de este ensayo fue evaluar (i) diferencias de tolerancia a la mancha amarilla en diez cultivares de trigo de diferente potencial de rendimiento y calidad, y (ii) el efecto de la enfermedad sobre el contenido de proteína en grano de dichos cultivares. El ensayo se llevó a cabo en 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Se utilizó un diseño experimental con parcelas divididas con tres repeticiones, la parcela principal fueron los tratamientos de inoculación: 1- sin inóculo y con aplicación de fungicida (SI); 2- con baja concentración de inóculo,  $3 \times 10^2$  esporas/ml (BCI) y 3- con alta concentración de inóculo,  $3 \times 10^3$  esporas/ml (ACI). Las sub-parcelas fueron diez cultivares de trigo de diferente grupo de calidad. Se evaluó la severidad, el índice de área foliar verde (IAFV), el rendimiento, componentes de rendimiento y el contenido de proteína en grano (CPG). Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA). Se detectaron diferencias de tolerancia entre cultivares. En este sentido, los cultivares ACA 315 y Buck SY 100 se comportaron como tolerantes a la enfermedad, en tanto que ACA 303, Klein Yarará, Baguette 17, Baguette 18 se comportaron como sensibles (no tolerantes). La enfermedad generó incrementos en el CPG en los tratamientos con ACI en comparación con los tratamientos SI. Por último, existió una tendencia, aunque no significativa, a mantener el CPG en los cultivares de grupo de calidad 1 en comparación a los grupos de calidad 3.

	<i>Página</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
I.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO	5
I.2. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TRIGO PAN	6
I.3. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE ORIGEN FÚNGICO QUE AFECTAN AL TRIGO	7
I.4. LA TOLERANCIA A MANCHA AMARILLA EN UN CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO	10
<b>II. HIPÓTESIS</b>	<b>13</b>
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>14</b>
IV.1. DISEÑO DEL ENSAYO	14
IV.2. PREPARACIÓN DEL INÓCULO E INOCULACIÓN	15
IV.3. DETERMINACIONES A CAMPO Y LABORATORIO	18
IV.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>19</b>
V.1. DATOS CLIMÁTICOS	19
V.2. SEVERIDAD EN TRES ESTADIOS Y ABCPE	20
V.3. RENDIMIENTO, COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA EN GRANO	26
V.4. TOLERANCIA A MANCHA AMARILLA	31
<b>VI. DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
<b>VII. CONCLUSIÓN</b>	<b>35</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>36</b>

## I- INTRODUCCIÓN

---

### I.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO

Los cereales, que se encuentran dentro de la familia de las gramíneas han sido la base de la pirámide alimentaria a través de la historia de la humanidad (Rosell, 2007). El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos de mayor producción global junto con el arroz (*Oryza sativa* L.) y el maíz (*Zea mays* L.), cuyo grano constituye la principal fuente de hidratos de carbono y proteínas de origen vegetal, ambos esenciales para la alimentación humana (FAO, 2014). Su distribución geográfica mundial es muy amplia a causa de su gran importancia como fuente de alimento y su gran versatilidad genética en la respuesta fisiológica al fotoperiodo y temperatura, incluyendo la vernalización. Es el cereal panificable más cultivado del mundo, ocupando aproximadamente un sexto del total de los suelos cultivados (Satorre & Slafer, 1999).

Las primeras evidencias de la agricultura neolítica se ubican en la región de la denominada de la “Creciente o Media Luna Fértil”, situada en la Mesopotamia del Tigris y Éufrates y las montañas adyacentes. Allí se establecieron las primeras granjas, con la domesticación de cabras y ovejas y el cultivo de trigo, centeno (*Secale cereale* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), entre 7000 y 9000 años AC. Se estima que 7000 años AC, el *T. monococcum* y, principalmente, el *T. dicoccum* estaban totalmente difundidos en las áreas agrícolas de Cercano Oriente y que de allí, entre el 6000 y 4000 años AC, se extendieron a Egipto, Etiopía, India y Europa Central. El *T. dicoccum* mantiene su predominio hasta el 1000 AC, cuando es reemplazado por el *T. durum*.

Actualmente, la producción mundial de trigo ronda los 733 millones de toneladas, siendo los principales productores la Unión Europea, China, India, Estados Unidos, Francia y Rusia (FAO, 2016). La creciente demanda del consumo de trigo pan va de la mano del aumento de la población mundial, lo que lleva a la necesidad de aumentar la producción de este cereal. Estudios realizados por Byrnes & Bumb (1998) estiman que para el año 2025 la producción de trigo deberá superar los 1000 millones de toneladas para poder satisfacer la creciente demanda mundial. Sin embargo, la posibilidad de incrementar la producción mundial mediante el aumento de la superficie sembrada parece algo improbable dado que, la superficie sembrada con trigo no ha

demostrado cambios de importancia desde mediados del siglo XX hasta la fecha (Slafer et al., 1996).

Frente a esta problemática, muchos autores concuerdan que, el aumento en el rendimiento es la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans, 1998; Borlaug, 2007). Para lograr incrementar la producción del trigo, hay que considerar que, en la práctica de la agricultura moderna, es necesario hacer un uso eficiente de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente. Por lo tanto, es importante que futuros incrementos en la producción de trigo se basen en el mejoramiento del potencial de rendimiento de las nuevas variedades, y no en la expansión del área de cultivo (Peña et al., 1997).

Argentina es considerada uno de los principales países con gran capacidad de contribuir a satisfacer requerimientos futuros de alimentos en el mundo. La producción de trigo en Argentina ha tenido un promedio en los últimos cinco años de 11,9 millones de toneladas sembrada en una superficie de 4 millones de hectáreas y un rendimiento promedio de 2,99 toneladas/hectáreas (Statista, 2015; FAO, 2015). Las principales provincias productoras son Buenos Aires (51% de la superficie), Córdoba (21% de la superficie) y Santa Fe (10% de la superficie) (SIIA, 2014).

## **I.2. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TRIGO PAN**

El rendimiento de trigo puede ser expresado a través de la cantidad de biomasa aérea producida y la proporción de la misma que es particionada hacia los granos, conocido como índice de cosecha (Miralles et al., 2007; Bingham et al. 2009; Serrago et al., 2011). La producción de biomasa depende de la radiación solar incidente (RI), la eficiencia de intercepción (EI<sub>nt</sub>), y de la eficiencia de uso de la radiación (EUR) durante el ciclo del cultivo, denominados componentes ecofisiológicos del rendimiento. La EI<sub>nt</sub> es función de (i) la RI, determinada por la época de siembra y la latitud, y (ii) del índice de área foliar total (IAFT) y del coeficiente de extinción (*k*) determinado por la arquitectura del cultivo.

El rendimiento de trigo también puede expresarse a través de componentes numéricos determinados por el número de espigas por m<sup>2</sup>, el número de granos por espiga y el peso de mil granos. Los primeros dos componentes están determinados por la producción y supervivencia de macollos (que luego se traducirán en espigas) y por la producción, supervivencia y fertilización de flores por espiguilla; todos salvo el último de estos procesos se completa previo a antesis (Bingham et al., 2009). Por otro

lado, el peso de mil granos depende del tamaño potencial del grano (establecido por el número de células endospermáticas), de la tasa de acumulación de materia seca y de la duración del periodo de llenado.

Por otro lado, el concepto de calidad es variable, ya que se relaciona con el mercado y la industria a la cual están destinados esos granos y además es dinámico, ya que se modifica en el tiempo con los distintos usos y necesidades de cada región o país. La industria valora especialmente las partidas que se adaptan a la línea de producción en razón de sus objetivos de manera que se buscan granos de mayor uniformidad y características bien definidas (González Montaner & Di Nápoli, 2007). En el cultivo de trigo, tanto el contenido como la composición de proteínas del grano son los principales determinantes de calidad y aptitud panadera del mismo. El contenido de proteínas en grano (CPG) varía ampliamente y es determinado principalmente por factores ambientales, luego por la disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo y finalmente por factores genéticos (Cuniberti & Mir, 2016). Generalmente existe una relación negativa entre el rendimiento y la calidad, ya que los altos rendimientos suelen estar asociados a bajos contenidos de proteínas. Sin embargo, esto no implica que altos CPG no puedan ser alcanzados con altos niveles de rendimiento (Stone & Savin, 1999).

En nuestro país, el Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas, clasifica las variedades de trigo en tres grupos de calidad. Dentro de esta clasificación podemos encontrar las variedades de grupo de calidad 1 (GC1) que son las variedades correctoras aptas para la panificación industrial, las de grupo 2 (GC2) que son las variedades para la panificación tradicional con más de 8 h de fermentación, y por último, las del grupo 3 (GC3) que son aquellas aptas para la panificación directa con menos de 8 h de fermentación. Si bien en Argentina se dispone de cultivares con genética capaz de lograr una alta calidad panadera, si no se cubren los requerimientos nutricionales para la formación de la proteína, éstos no pueden expresar su potencial. En este sentido, autores como Molfese et al. (2016) sostienen que el CPG debajo del 11% genera harinas difíciles de procesar.

### **I.3. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE ORIGEN FÚNGICO QUE AFECTAN AL TRIGO**

El cultivo de trigo puede ser afectado por un amplio grupo de patógenos que infectan distintos tejidos como raíces, tallos, hojas y espigas para cumplir su ciclo de

vida a expensas de la planta (Wiese, 1977; Zillinsky, 1984). Dentro de éstos, las enfermedades fúngicas foliares constituyen uno de los principales factores que limitan el rendimiento y disminuyen la calidad, tanto en Argentina como en otras partes del mundo (Duveiller et al., 2007; Carretero et al., 2011). Por la difusión, la frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico que alcanzan, se considera que las de mayor importancia relativa son aquellas enfermedades fúngicas que afectan tejidos foliares como la roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), la mancha de la hoja [(*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Roberge in Desmaz., teleomorfo *Mycosphaerella graminicola*) (Fuckel) J. Schroeter. in Cohn] y la mancha amarilla [(*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis*) (Died.) Shoem.]. Dichas enfermedades varían su importancia según los años, dependiendo del comportamiento sanitario de los genotipos y subregiones trigueras, las cuales determinan las condiciones climáticas y ambientales favorables para el desarrollo de cada una. Por su parte, la mancha amarilla, ha cobrado gran importancia en los últimos años debido a la utilización de cultivares susceptibles y al incremento de la superficie sembrada bajo siembra directa que no permite la descomposición del rastrojo, principal fuente de inóculo de *Py. tritici-repentis* (Moreno & Perelló, 2010).



**Figura 1:** Síntomas de la enfermedad en hojas de trigo causados por *Py. tritici-repentis*.

El agente causal de la mancha amarilla, posee un hábito nutricional necrotrófico, lo que le permite obtener nutrientes de tejidos muertos, luego de generar la muerte del hospedante por secreción de toxinas (Ptr ToxA, Ptr ToxB y Ptr ToxC) que



generan la degradación de las paredes celulares (Ney et al., 2013). Este microorganismo tiene la capacidad de multiplicar inóculo, infectar y generar lesiones en un rango amplio de condiciones ambientales. Generalmente estos procesos se dan a temperaturas entre 10 y 30°C (siendo el óptimo entre 19 y 22°C) y periodos de 6 a 48 h con elevada humedad relativa (Sah, 1994). El desarrollo intenso de lesiones severas de la enfermedad es más favorecido por periodos prolongados con formación de rocío sobre tejidos foliares, que con precipitaciones (Annone, 2001).

Los síntomas de mancha amarilla se manifiestan en hojas como manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por toxinas (Fig. 1). Las infecciones secundarias generan los típicos puntos de color castaño oscuro rodeados de un halo amarillo. En condiciones de alta humedad aparecen bandas largas con conidióforos de color castaño oscuro con conidios de color blanco (Carmona et al., 1999).



**Figura 2:** Ciclo de la mancha amarilla.

El agente causal de la mancha amarilla se propaga principalmente mediante esporas (ascosporas y conidios, Fig. 2) que se originan en plantas de trigo

establecidas naturalmente, y en lesiones de algunas malezas y pastos naturales que cumplen la función de hospedantes. Se lo ha podido encontrar afectando a varias especies de *Agropyron* y *Elymus*, *Andropogon gerardi*, *Alopecurus arundinaceus*, *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, *Phalaris arundinacea*, cebada, centeno y avena (*Avena sativa* L.), entre otros. Las esporas junto con fragmentos del cuerpo vegetativo del hongo, también pueden ser transferidas a nuevos cultivos por medio de semillas (Annone, 2001).

Existen numerosos trabajos que reportan el efecto de la mancha amarilla sobre el rendimiento. A nivel mundial, se han observado mermas de rendimiento entre el 3 y 53% (Rees & Platz, 1983). Por otro lado, Annone et al. (1994) determinó para nuestro país reducciones de alrededor del 20%. Las pérdidas de rendimiento se deben a que el patógeno reduce el número de granos por espiga y peso de mil granos (Schilder & Bergstrom, 1990), biomasa total (Kremer & Hoffmann, 1992; Schierenbeck et al., 2014a) y/o la calidad del grano por los síntomas de “*red-smudge*” (o coloración rojiza) sobre los granos (Fernandez et al., 1994). Sin embargo, la información sobre el efecto de la mancha amarilla sobre la calidad panadera es escasa. Trabajos realizados por Dimmock & Gooding (2002a) y Gooding (2006) indican que los patógenos necrotróficos como las manchas foliares poseen un mayor efecto sobre los hidratos de carbono que sobre la acumulación y removilización de N en el grano. Schierenbeck et al. (2014b) realizaron ensayos con inoculaciones artificiales de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* por separado y encontraron que cuando la enfermedad principal fue la mancha amarilla, se evidenció un claro aumento en el CPG con respecto al testigo sin inocular.

#### **I.4. LA TOLERANCIA A LA MANCHA AMARILLA EN UN CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO**

El manejo integrado de enfermedades integra prácticas de manejo y recursos de manera racional para permitir la sustentabilidad de la producción agrícola a lo largo del tiempo. Dentro de este marco, las principales estrategias de manejo de la mancha amarilla se basan en la resistencia genética, el control cultural y el control químico (Carmona, 2006). En los últimos años, se ha sumado el control biológico como alternativa complementaria de bajo impacto ambiental (Perelló et al., 2003).

Pese a la elevada importancia relativa de la utilización de cultivares resistentes, en Argentina se han encontrado cultivares moderadamente resistentes, pero no

resistentes (Moreno, 2007). El mejoramiento que se ha realizado ha sido escaso y entre los factores causales pueden mencionarse la alta variabilidad del patógeno, la falta de un estudio intenso sobre la genética de la resistencia y la complejidad del patosistema *Py. tritici-repentis*-trigo (Moreno, 2014). Tampoco se ha profundizado sobre el estudio de otras herramientas como la tolerancia que permitiría minimizar las pérdidas de rendimiento y modificar los umbrales de control reduciendo la aplicación de fungicidas.

El término tolerancia es a veces confundido con resistencia parcial siendo un concepto totalmente diferente. En tanto que el término de resistencia genética refiere a una menor incidencia o severidad de la enfermedad, la tolerancia implica una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de enfermedad. La tolerancia puede estar asociada a características genotípicas del cultivar (incremento de biomasa, aumento del índice de área foliar, aumento en la capacidad fotosintética en el área verde remanente, incremento en la eficiencia de la interceptación de la radiación, coeficiente de extinción, aumento en la duración del área foliar verde, etc.) y probablemente puede estar influenciada por el efecto de las condiciones ambientales sobre los cultivares (diferentes ambientes que predisponen diferentes patrones de desarrollo de los cultivares) o factores culturales (como la fertilización N) que conducen a un comportamiento diferencial de los genotipos por condicionar variaciones en esas características morfofisiológicas y en la acumulación y removilización del N al grano.

Sin embargo, la tolerancia no ha sido suficientemente investigada, y se necesita cuantificarla previo a identificar genes y QTL's asociados con la misma. Para un rango limitado de variedades se han encontrado diferencias en tolerancia a *M. graminicola* como consecuencia de incrementos en la tasa de fijación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por unidad de clorofila (Zuckerman et al., 1997). Por su parte, Parker et al. (2004) también detectaron diferencias en tolerancia entre genotipos. Recientemente en nuestro país, Castro & Simón (2016) verificaron la existencia de cultivares tolerantes a mancha de la hoja en cultivares de diferente potencial de rendimiento.

En el cultivo de trigo, las tres hojas superiores capturan la mayor parte de la radiación fotosintéticamente activa durante el llenado de grano (Paveley, 1999). Sin embargo, la relación entre síntomas de enfermedades y pérdidas de rendimiento a veces no es consistente entre sitios y años (Bryson et al., 1997; Paveley et al., 1997). Una razón es que frecuentemente se cuantifican las enfermedades en base al

porcentaje de severidad o del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) que no aporta información sobre el área del canopeo del cultivo y no da una idea temporal y espacial de la epifitía.

La tolerancia ha sido cuantificada de manera más precisa en base a la relación entre la pérdida de rendimiento y la disminución del área verde causada por las enfermedades (Parker et al., 2004; Castro & Simón, 2016). Si bien las diferencias en tolerancia se pueden determinar más claramente cuando las variedades sufren iguales niveles de severidad, esto suele ser impracticable a campo. Una forma precisa de evaluarla es cuantificar la relación entre la disminución del área verde y pérdidas de rendimiento para cada cultivar separadamente a través de la pendiente de la relación entre la enfermedad y el rendimiento, y luego comparar las pendientes de las rectas de regresión. Esto se logra con un gradiente de enfermedad a través de aplicación de diferentes concentraciones de inóculo o dosis de fungicidas, lo que limita el número de genotipos a usar, por lo que se necesita tener algún conocimiento previo de los genotipos.

La tolerancia a enfermedades foliares en el cultivo de trigo podría impactar también en otras variables como los componentes de la calidad industrial del cultivo, a través de las modificaciones que puede producir sobre ésta, el efecto de una menor reducción en el rendimiento ante la misma severidad de la enfermedad. También podría deberse al hecho de que algunos cultivares, frente a similares niveles de severidad o disminución de área verde, puedan ser menos afectados en la cantidad o calidad de las proteínas.

Se ha sugerido que cuando predominan patógenos biotróficos, la infección puede ser más limitante para la acumulación de N en el grano que para la acumulación de carbohidratos (Dimmock & Gooding, 2002a). Esto ocasiona que frecuentemente la concentración de proteína aumente al controlar las royas con fungicidas (Peterson et al., 1948). Cuando se trata de patógenos necrotrofos o hemibiotrofos como es el caso de las manchas foliares, frecuentemente ocurre una situación inversa. Cuando *Py. tritici-repentis* es el patógeno dominante, puede incrementar el CPG (Rees et al., 1982). Sin embargo, la información del efecto de la mancha amarilla sobre el CPG es escasa. La mayoría de la bibliografía disponible documenta el efecto de la mancha de la hoja (Gooding et al., 1994; Dimmock & Gooding, 2002a; Liaudat 2011; Rodrigo et al., 2015; Castro & Simón, 2016; Castro,

2016) y donde por lo general, la enfermedad se ha cuantificado a través de la severidad o del ABCPE.

Por otro lado, se han encontrado interacciones entre el cultivar y el fungicida sobre el CPG. En un trigo pan, la concentración de proteína se incrementó con el control de *M. graminicola*, en tanto que en un trigo para galletitas no hubo efecto sobre la misma. Esto se debió a una mayor respuesta del rendimiento en el trigo pan cuando la enfermedad fue controlada, lo que implicó que el N se depositó en una mayor concentración que en el cultivar para galletitas (Dimmock & Gooding, 2002a). Puppala et al. (1998) también verificaron un aumento del CPG con el control de la enfermedad en un cultivar con alto contenido de proteínas.

La información a nivel global es escasa y en nuestro país no se dispone de información sobre el efecto que puede tener *Py. tritici-repentis* sobre el CPG en cultivares de diferente aptitud panadera y que presenten diferente tolerancia. La tolerancia de algunos cultivares de trigo a la enfermedad también podrían ocasionar que la concentración de proteína se mantenga o disminuya en lugar de incrementarse al existir mecanismos que permitan limitar o disminuir la pérdida de rendimiento.

## II- HIPÓTESIS

---

1. Frente a niveles similares de severidad de mancha amarilla, los cultivares de trigo responden de manera distinta en su rendimiento.
2. La mancha amarilla genera incrementos en el contenido de proteínas en grano por disminuir el área foliar verde y afectar más el contenido de hidratos de carbono en el grano que el de nitrógeno.
3. Los cultivares del grupo de calidad 1 tienen mayores incrementos en el contenido de proteína en grano que los de otro grupo de calidad.

## III- OBJETIVOS

---

- Evaluar el efecto de tres niveles de severidad de mancha amarilla sobre la duración del área foliar verde, el rendimiento y sus componentes.
- Evaluar el efecto de la severidad de mancha amarilla en el contenido de proteínas en grano de trigo pertenecientes a cultivares de diferente grupo de calidad y con diferentes niveles de susceptibilidad.

- Evaluar la capacidad de mantener buenos niveles de rendimiento y calidad en cultivares argentinos de mejor aptitud panadera (grupo de calidad 1) comparados a otros de menor aptitud (grupo de calidad 3) frente a infecciones con *Py. tritici-repentis*.

## **IV- MATERIALES Y MÉTODOS**

---

El ensayo se llevó a cabo en el 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, localizada en Los Hornos, Partido de La Plata, Buenos Aires - Argentina; perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Durante el ciclo del cultivo se registró diariamente la temperatura media, precipitaciones, humedad relativa y radiación incidente en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos. El suelo fue un Argiudol típico, serie Los Hornos, con un pH 5,5-6,0, carbono 2,01%, materia orgánica 3,47%, nitrógeno total 0,173%, nitratos 33,2 ppm y fósforo 14,3 ppm.

### **IV.1. DISEÑO DEL ENSAYO**

Se realizó un diseño experimental en parcela principal dividida con tres repeticiones. La parcela principal fueron los tratamientos de inoculación. Se inoculó con *Py. tritici-repentis*, a modo de generar un gradiente de enfermedad realizando tres tratamientos de inoculación:

- 1- Sin inóculo (SI)
- 2- Con baja concentración de inóculo (BCI)
- 3- Con alta concentración de inóculo (ACI)

Las sub-parcelas fueron diez cultivares de trigo de diferente grupo de calidad, de ciclo intermedio-largo seleccionados de la Red Oficial de Ensayos Territoriales (RET) en años previos por presentar diferente susceptibilidad y aparentes niveles de tolerancia frente a *Py. tritici-repentis*. Los cultivares utilizados se detallan en la Tabla 1.

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, además se realizó un barbecho químico con glifosato. La siembra se llevó a cabo el 26 de junio, utilizando una sembradora experimental con un distanciamiento de 20 cm

entre líneas y una densidad de 250 pl/m<sup>2</sup> (Fig. 3a). El tamaño de las parcelas fue de 5,50 m de largo y de 1,4 m de ancho siendo la superficie de cada una 7,7 m<sup>2</sup>. Se realizó una inter-siembra de avena para disminuir el traspaso de inóculo entre parcelas principales y el efecto bordura. En todas las sub-parcelas se aplicó 100 kg N/ha, (46-0-0), particionadas en dos momentos, una a la siembra y otra a fines de macollaje que se estimaron en base al análisis de suelo. Por su parte, se realizó una fertilización fosforada con fosfato tricálcico granulado (0-20-0) a razón de 50 kg P/ha a la siembra.

## **IV.2. PREPARACIÓN DEL INÓCULO E INOCULACIÓN**

El inóculo de *Py. tritici-repentis* se preparó en caldo V8<sup>®</sup> a partir de aislamientos obtenidos en Los Hornos en el año previo. El mismo se autoclavó y vertió en cajas de Petri. Posteriormente se multiplicó el inóculo mediante sucesivos repiques en flujo laminar. Las cajas se incubaron durante 15-21 días a 23°C ± 2°C en alternancia de luz y oscuridad para favorecer la esporulación del hongo (Fig. 4a y b). Una vez cumplido ese lapso, se rasparon los conidios mediante un cepillo y agua destilada, para extraer el micelio infectivo con lo que se obtuvo una solución concentrada. A partir de la misma se realizaron diluciones para obtener una solución de alta concentración correspondiente a 3 × 10<sup>3</sup> esporas/ml (dosis de inoculación óptima según Jordahl & Francl, 1992; Ali & Francl, 2003), y otra de baja concentración correspondiente a 3 × 10<sup>2</sup> esporas/ml (diez veces inferior a la óptima), ambas contadas con cámaras de Neubauer.

**Tabla 1:** Grupo de calidad (GC) y descripción de los cultivares utilizados en el ensayo.

<b>Cultivar</b>	<b>GC</b>	<b>Descripción</b>
<b>ACA 315 (A315)</b>	1	Ciclo Largo a intermedio de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium.
<b>Klein Yarará (K.Yarará)</b>	1	Ciclo intermedio a largo de porte vegetativo erecto. MR a roya de la hoja, septoriosis y mancha amarilla. MR a Fusarium.
<b>Sursem LE 2330 (SLE2330)</b>	1	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja, MR a septoriosis, mancha amarilla y Fusarium.
<b>Nidera Baguette 11 (Bag. 11)</b>	2	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MS a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS-MR a mancha amarilla y Fusarium.
<b>Buck SY 110 (BSY 100)</b>	2	Ciclo intermedio de porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja. MR a mancha amarilla y MR a Fusarium.
<b>ACA 303 (A303)</b>	3	Ciclo intermedio a Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium.
<b>Nidera Baguette 17 (Bag. 17)</b>	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS a MR a mancha amarilla, MS a Fusarium.
<b>Nidera Baguette 18 (Bag. 18)</b>	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MR a mancha amarilla, MS a MR a Fusarium.
<b>INTA 3004 (BINTA 3004)</b>	3	Ciclo Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla. MS a Fusarium.
<b>Klein Guerrero (K.Guerrero)</b>	3	Ciclo Largo. De porte vegetativo semi-rastrero. MR a roya de la hoja, septoriosis, mancha amarilla y Fusarium.

MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente susceptible.

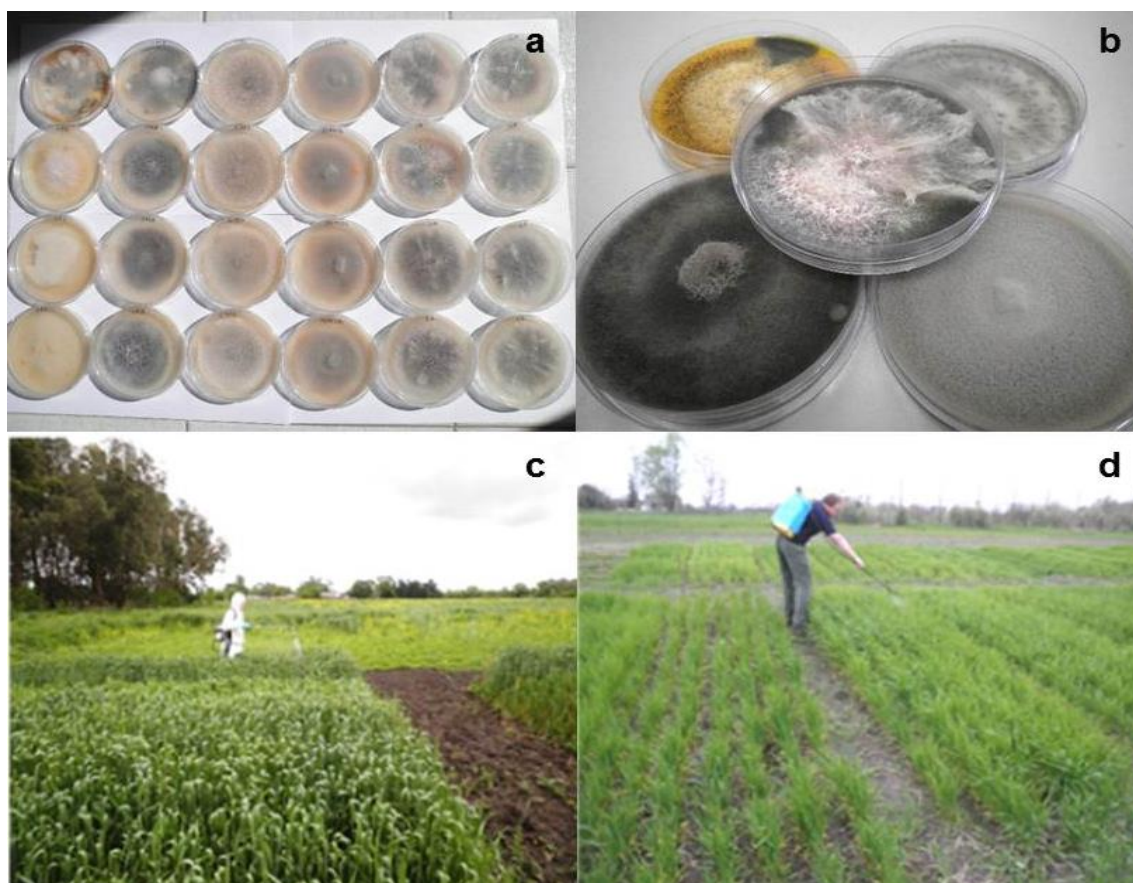
La inoculación se llevó a cabo en dos aplicaciones correspondientes a los estadios fenológicos denominados por Zadoks et al. (1974) como EC24 (fines de macollaje) (Fig. 4d) y EC39 (hoja bandera desplegada). Para ambas concentraciones (baja y alta) se utilizaron 800 ml de solución (inóculo, agua destilada y coadyuvante - Tween 20, a razón de 0,5 ml/l de solución-) por parcela y por aplicación. Se realizaron pulverizaciones con agua para mantener las condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de la enfermedad durante las 48 h sucesivas a la inoculación.





**Figura 3:** a) Siembra del ensayo; b) Diseño de parcelas; c) Vista parcial del bloque; d) Vista de las parcelas en macollaje.

En las sub-parcelas que no fueron inoculadas se realizó la aplicación del fungicida Orquesta™ Ultra (fluxapyroxad 50g/l, epoxiconazole 50 g/l y pyraclostrobin 81 g/l) para disminuir la infección natural y el inóculo proveniente de los otros tratamientos. El producto se aplicó en pleno macollaje (EC23) y EC39 mediante una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano (Fig. 4c). La tasa de aplicación fue de 140 l/ha con una dosis de 1,2 l/ha de producto.



**Figura 4:** a y b) Cajas de Petri con colonias de *Py. tritici-repentis* utilizada para la inoculación; c) Aplicación de fungicida en EC39; d) Inoculación con *Py. tritici-repentis* en EC24.

### IV.3. DETERMINACIONES A CAMPO Y LABORATORIO

En EC39, EC60 (antes de la madurez) y EC82 (grano pastoso) se evaluó la severidad de la enfermedad mediante estimación visual (porcentaje de lesión cubierta por la enfermedad en la hoja). Con las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) siguiendo la fórmula desarrollada por Shaner & Finney (1977). Además, se calculó el índice de área foliar (IAF) total (cuantificada como m<sup>2</sup> de hoja sobre m<sup>2</sup> de suelo) mediante el conteo de macollos en 2 m lineales y la medición de todas las hojas con al menos 10% de tejido verde en siete macollos corregidos por el factor de forma de 0,835 (Miralles & Slafer, 1990). Mediante las estimaciones de severidad se calculó el índice de área foliar verde (IAFV) en los tres estadios de evaluación. Con las medias de IAFV se determinó la duración del área foliar verde (DAFV) según Waggoner & Berger (1987).

Además, se determinó el rendimiento (kg/ha), componentes de rendimiento y CPG. Para el número de espigas/m<sup>2</sup> (NE), a fin de ciclo se contaron las espigas de un

surco (5,5 m lineales) por parcela. Para el número de granos/espiga (NGE) y peso de mil granos (PMG), se cosecharon 20 espigas de cada parcela, se contaron los granos y se calculó el PMG. El CPG fue estimado multiplicando el valor de N, obtenido por el método de micro-Kjeldhal, por el factor 5,7 (IRAM 15852:2002).

#### **IV.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

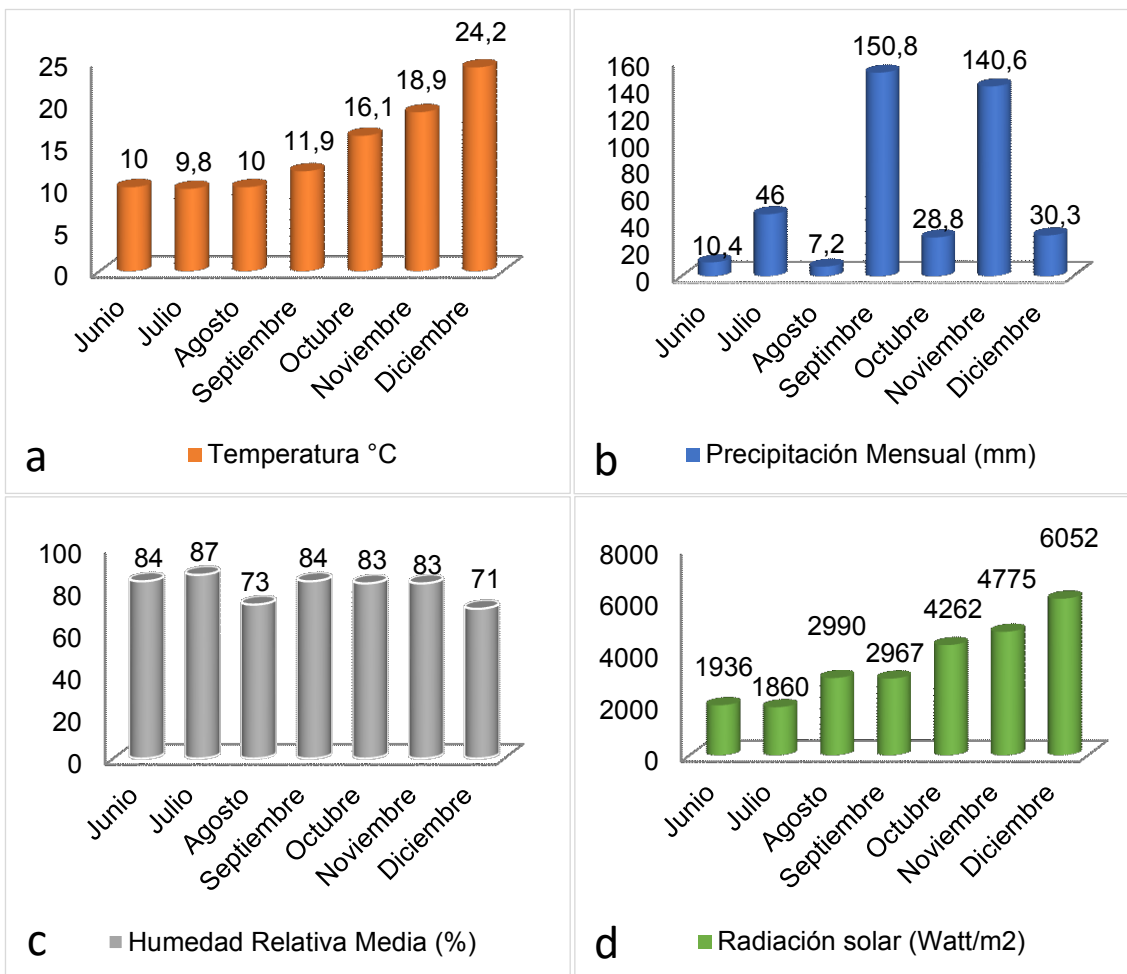
Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANAVA) para parcelas sub-sub divididas mediante el programa GenStat 12<sup>th</sup> Edition (VSN, 2009). Las medias se compararon mediante el test LSD ( $p= 0,05$ ). Se determinó la tolerancia de cada cultivar mediante regresiones lineales, utilizando la DAFV en cada tratamiento de inoculación como variable independiente y el rendimiento como variable dependiente. A su vez se relacionó el coeficiente  $b$  (pendiente de la recta) de cada cultivar con el grupo de calidad y los porcentajes de variación del CPG entre tratamientos de inoculación extremos y el grupo de calidad.

### **V- RESULTADOS**

---

#### **V.1. DATOS CLIMÁTICOS**

Durante el año en que se llevó a cabo el ensayo (2013), se registraron las mayores precipitaciones en los meses de septiembre y noviembre, siendo muy superiores a las medias históricas, pero las medias de los meses de junio, octubre y diciembre fueron menores que la media histórica (Fig. 5b). Las temperaturas fueron similares a las medias históricas y la humedad fue alta, oscilando entre 73 y 87% durante los meses de desarrollo de la mancha amarilla, condiciones que fueron favorables para el progreso de la enfermedad (Fig. 5a y c).



**Figura 5:** a) Temperatura media, b) precipitación mensual, c) humedad relativa media y d) radiación solar media durante el ciclo del cultivo.

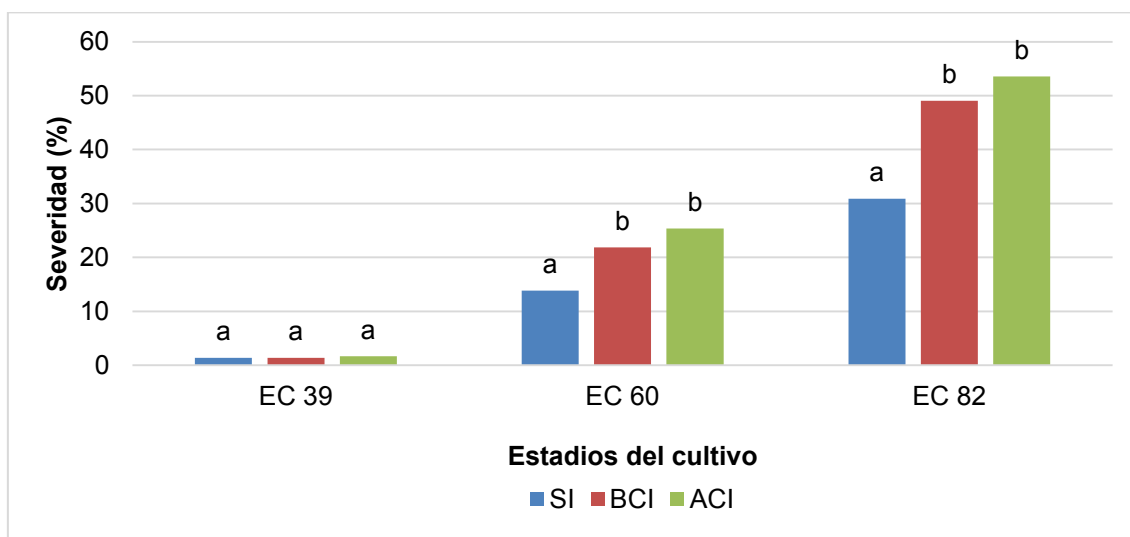
## V.2. SEVERIDAD EN TRES ESTADIOS Y ABCPE

En la Tabla 2, se presentan los resultados del ANAVA para las variables de severidad en los tres estadios y el ABCPE. En el estadio EC39 no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos de inoculación ni entre los diferentes cultivares (Fig. 6). Por otro lado, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación de los estadios EC60, EC82 y para ABCPE y altamente significativas entre los cultivares. A su vez no se evidenciaron diferencias significativas para la interacción entre factores (Tabla 2). En el estadio de EC60 y EC82 la severidad en los tratamientos inoculados se diferenció significativamente del testigo SI, no observándose diferencia entre la BCI y la ACI (Fig. 6). En EC60 la severidad en los tratamientos inoculados se incrementó en promedio 70,1% respecto al tratamiento SI, en tanto que, en EC82 la severidad se incrementó en un 56,3% (Fig. 6).

**Tabla 2:** Valores de  $p$  y cuadrados medios (ANOVA) de severidad para la hoja bandera desplegada (EC39), antesis (EC60), grano pastoso (EC82) y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente De Variación	GL	Severidad EC39	Severidad EC60	Severidad EC82	ABCPE
Tratamiento Inoculación	2	0,873 ( $p=0,618$ ) <sup>†</sup>	1037 ( $p=0,005$ ) <sup>†</sup>	4311 ( $p=0,014$ ) <sup>†</sup>	2109008 ( $p=0,004$ ) <sup>†</sup>
Error A	4	1,60	41,4	291	74704
Cultivar	9	4,08 ( $p=0,094$ ) <sup>†</sup>	492 ( $p<,001$ ) <sup>†</sup>	204 ( $p<,001$ ) <sup>†</sup>	119455 ( $p<,001$ ) <sup>†</sup>
Inoculación × Cultivar	54	2,02 ( $p=0,603$ ) <sup>†</sup>	70,3 ( $p=0,102$ ) <sup>†</sup>	335 ( $p=0,877$ ) <sup>†</sup>	69701 ( $p=0,065$ ) <sup>†</sup>
Error B	18	2,29	110	1683	536694
Total	89				

<sup>†</sup> F test



**Figura 6:** Porcentaje de severidad en hoja bandera desplegada (EC39), antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y para alta concentración de inóculo (ACI). Para cada estadio, medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD,  $p=0,05$ ).

Respecto a los cultivares, el cultivar K.Guerrero presentó los menores niveles de severidad tanto en EC60 como en EC82 (Tabla 3). Por otro lado, los cultivares

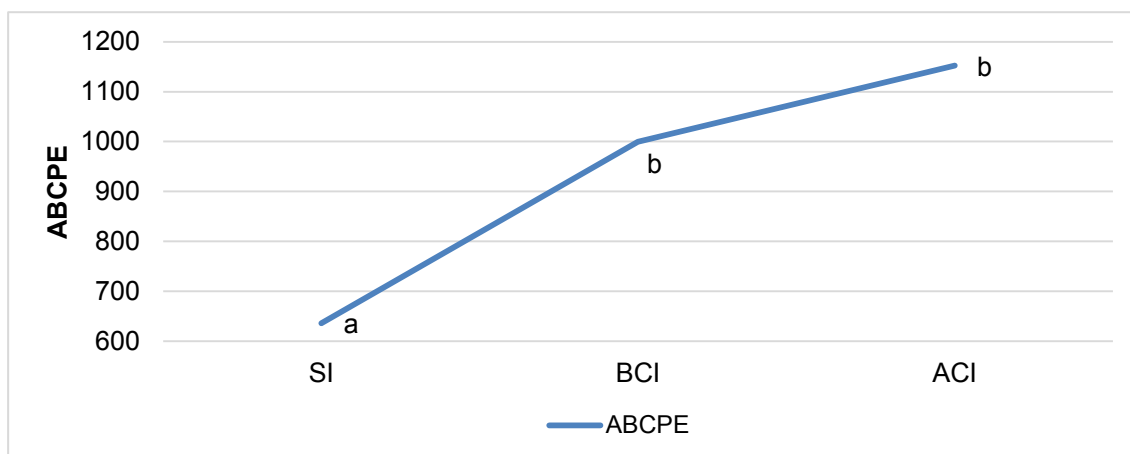
SLE2330 y BSY100 evidenciaron lo mayores niveles de severidad de mancha amarilla para los estadios mencionados (Tabla 3).

**Tabla 3:** Medias de porcentaje de severidad en diez cultivares de trigo en tres los estadios de hoja bandera desplegada (EC39), anthesis (EC60) y grano pastoso (EC82) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación *Py. tritici-repentis*.

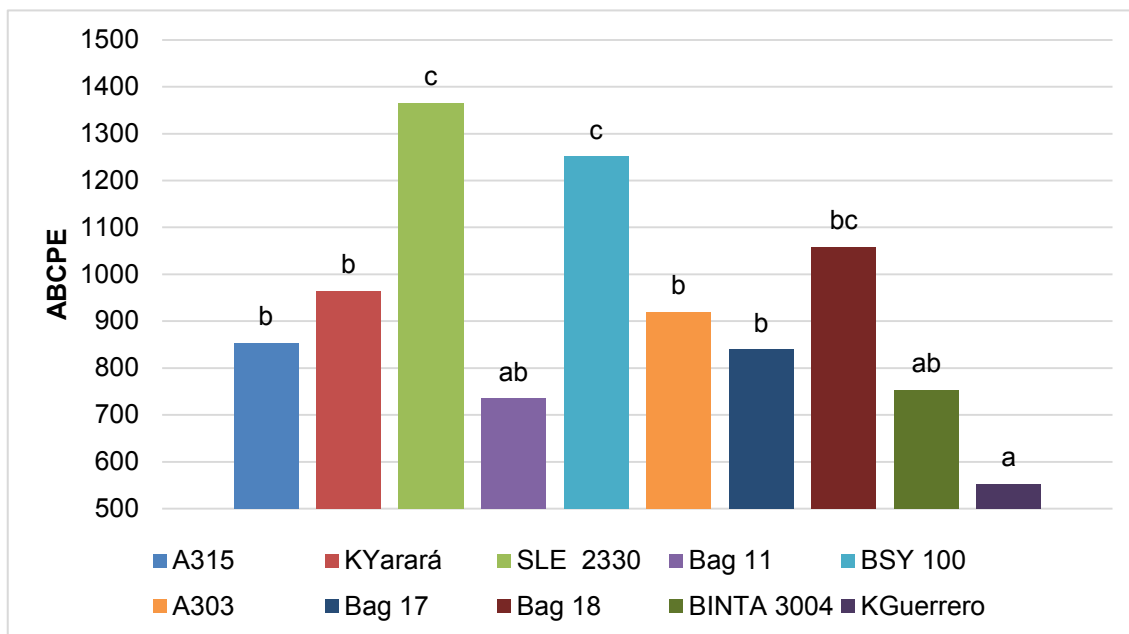
Cultivar	EC39	EC60	EC82
A315	1,96 a	22,4 b	32,1 a
K.Yarará	0,952 a	17,6 ab	56,1 b
SLE2330	1,98 a	35,9 c	52,7 b
Bag. 11	1,15 a	14,7 ab	38,0 ab
BSY100	2,54 a	23,8 b	69,5 b
A303	0,942 a	27,2 b	29,5 a
Bag. 17	1,66 a	15,0 ab	43,6 ab
Bag. 18	0,485 a	20,9 b	56,6 b
BINTA3004	2,11 a	15,2 ab	37,5 ab
K.Guerrero	0,873 a	10,8 a	29,1 a

Dentro de cada estadio, medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

El ABCPE se incrementó significativamente en los tratamientos inoculados (promedio 69,2%) respecto al testigo SI (Fig. 7). Con respecto a los cultivares siguiendo la misma tendencia que para los estadios EC60 y EC82, los cultivares SLE2330 y BSY100 presentaron los mayores niveles de ABCPE de mancha amarilla en tanto que para los cultivares K.Guerrero y Bag.11 se observaron los menores valores (Fig. 8).



**Figura 7:** Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD,  $p=0,05$ )



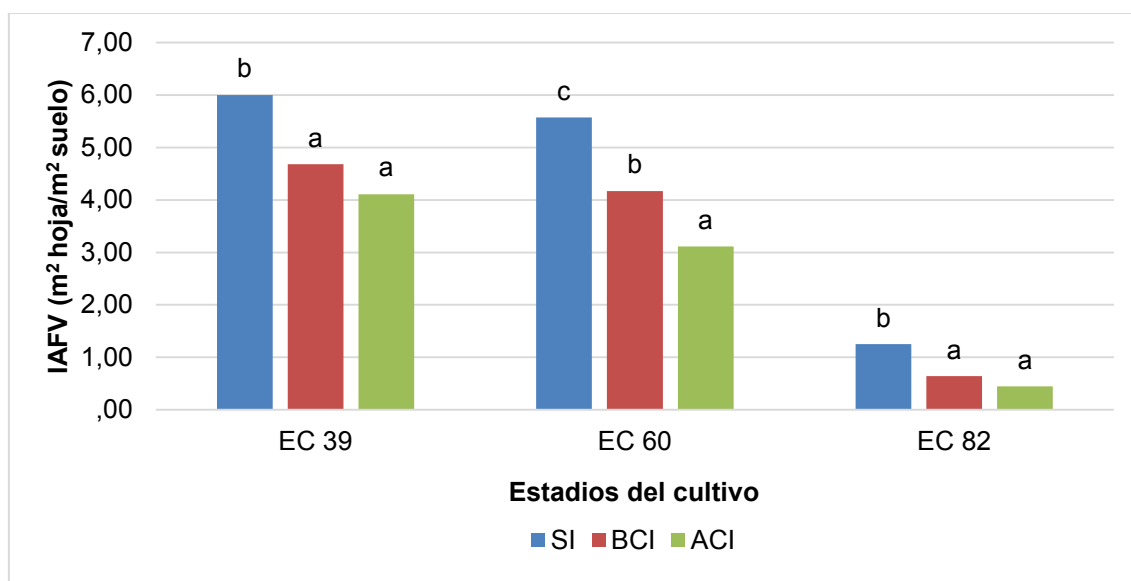
**Figura 8:** Medias del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de los diferentes cultivares del ensayo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

Los tratamientos inoculados disminuyeron en forma significativa el IAFV en todos los estadios evaluados lo que se tradujo en una menor DAFV (Tabla 4). Así, en el estadio EC39 los tratamientos inoculados disminuyeron el IAFV 4,39% en promedio en relación al tratamiento SI, no diferenciándose de manera significativa la BCI y ACI (Fig. 9). Contrariamente en el estadio de EC60 se observaron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados. En este sentido la BCI provocó disminuciones del 25,1% de la DAFV en relación al testigo SI, en tanto que la ACI la disminuyó en 44,2% (Fig. 9). En el estadio EC82 se observó la misma tendencia que en EC39, donde la ACI y la BCI disminuyeron de manera significativa los valores de DAFV (promedio 56,5%) en relación al tratamiento SI (Fig. 9).

**Tabla 4:** Valores de *p* y cuadrados medios (ANOVA) del índice de área foliar verde (IAFV) para la hoja bandera desplegada (EC39), antesis (EC60), grano pastoso (EC82) y duración del área foliar verde (DAFV) en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente De Variación	GL	IAFV EC39	IAFV EC60	IAFV EC82	DAFV
Tratamiento Inoculación	2	27,9 ( <i>p</i> =0,010) <sup>‡</sup>	45,5 ( <i>p</i> <0,001) <sup>‡</sup>	5,29 ( <i>p</i> =0,003) <sup>‡</sup>	54152 ( <i>p</i> =0,001) <sup>‡</sup>
Error A	4	1,59	0,741	0,149	1062
Cultivar	9	1,80 ( <i>p</i> =0,0187) <sup>‡</sup>	2,15 ( <i>p</i> =0,001) <sup>‡</sup>	0,671 ( <i>p</i> <0,001) <sup>‡</sup>	2232 ( <i>p</i> <0,001) <sup>‡</sup>
Inoculación × Cultivar	54	0,490 ( <i>p</i> =0,983) <sup>‡</sup>	0,840 ( <i>p</i> =0,149) <sup>‡</sup>	0,093 ( <i>p</i> =0,540) <sup>‡</sup>	553 ( <i>p</i> =0,542) <sup>‡</sup>
Error B	18	1,23	0,581	0,099	591
Total	89				

<sup>‡</sup> F test



**Figura 9:** Índice de área foliar verde (IAFV) en hoja bandera desplegada (EC39), antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y para alta concentración de inóculo (ACI). Dentro de cada estadio, las medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD *p*=0,05).

En relación a los cultivares, los cultivares Bag.11 y Bag.18 presentaron los menores valores de IAFV en EC39, en tanto que A303 y Bag.17 evidenciaron valores superiores (Tabla 5). En EC60 los cultivares A315, K.Yarará y SLE2330 se diferenciaron significativamente de K.Guerrero con valores inferiores de IAFV, en tanto que EC82 A315, A303 y Bag.17 presentaron los valores más elevados (Tabla 5).

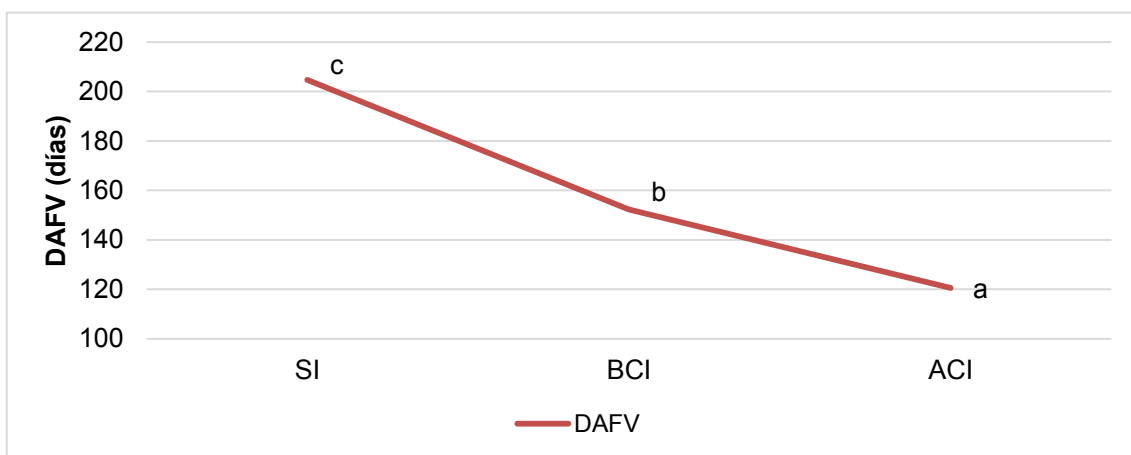


Por su parte la DAFV disminuyó significativamente en los tratamientos inoculados comparado al testigo SI. En este sentido, la BCI disminuyó la DAFV en un 25,8%, en tanto que la ACI la disminuyó en un 41,5% (Fig. 10). En relación a los cultivares, el cultivar SLE2330 se diferenció significativamente de los demás por presentar la menor DAFV (Fig. 11).

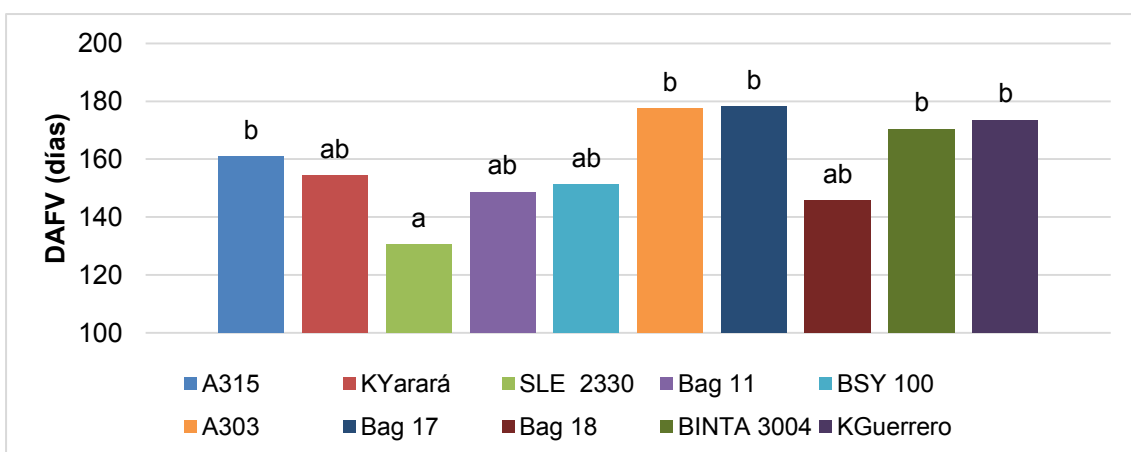
**Tabla 5:** Medias de índice de área foliar verde (IAFV) en diez cultivares de trigo en tres los estadios de hoja bandera desplegada (EC39), antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación *Py. tritici-repentis*.

Cultivar	IAFV EC39	IAFV EC60	IAFV EC82
<b>A315</b>	5,17 ab	4,06 b	1,20 c
<b>K.Yarará</b>	4,86 ab	4,28 b	0,398 a
<b>SLE2330</b>	4,65 ab	3,30 a	0,429 ab
<b>Bag. 11</b>	4,28 a	4,24 b	0,576 ab
<b>BSY100</b>	4,94 ab	3,96 ab	0,696 b
<b>A303</b>	5,66 b	4,63 bc	0,999 c
<b>Bag. 17</b>	5,47 b	4,73 bc	1,06 c
<b>Bag. 18</b>	4,32 a	4,02 ab	0,723 bc
<b>BINTA3004</b>	5,1 ab	4,61 bc	0,987 bc
<b>K.Guerrero</b>	4,85 ab	5,01 c	0,725 bc

Dentro de cada estadio, medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



**Figura 10:** Duración del área foliar verde (DAFV) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



**Figura 11:** Duración del área foliar verde (DAFV) de los diferentes cultivares del ensayo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

### V.3. RENDIMIENTO, COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEINA EN GRANOS

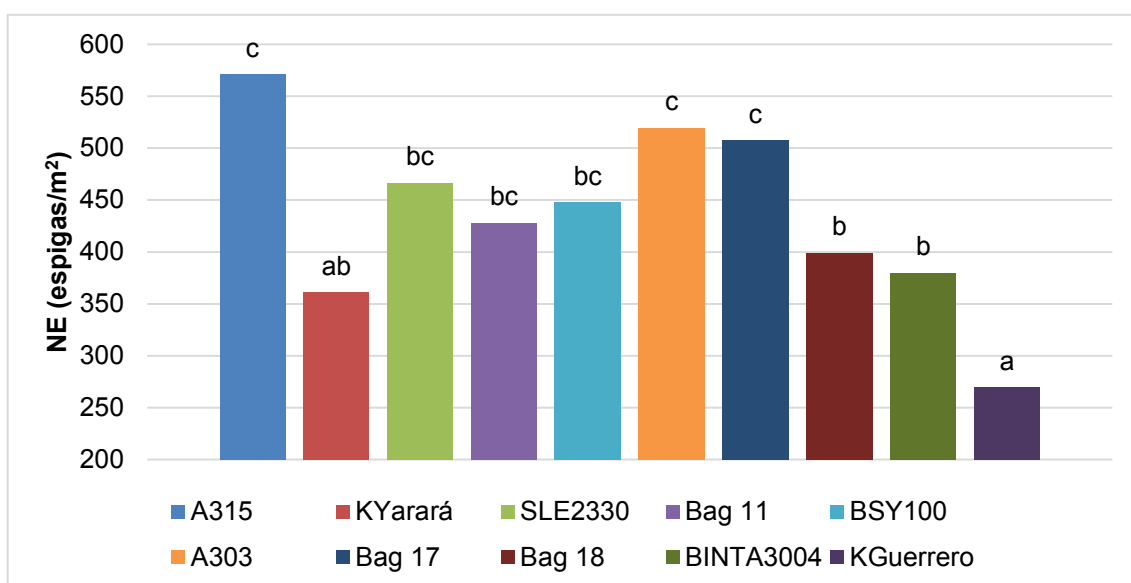
En la Tabla 6 se presentan los resultados del ANAVA para las variables de rendimiento, componentes de rendimiento y CPG. El NE presentó diferencias significativas únicamente entre cultivares. En este sentido, los cultivares K.Guerrero y K.Yarará presentaron la menor cantidad de NE en tanto que en los cultivares A315, A303 y Bag.17 se observaron los mayores valores (Fig. 12).

Por otro lado, el NGE presentó diferencias significativas para los tratamientos de inoculación y cultivares (Tabla 6). En éste sentido, los tratamientos de inoculación redujeron de manera significativa el NGE (en promedio 19,3%) en relación al tratamiento SI, sin diferencias significativas entre la BCI y ACI (Fig. 13). Con respecto a los cultivares, SLE2330 y Bag.18 presentaron los mayores valores de NGE diferenciándose de manera significativa de A315, Bag.11, BSY100, A303 y K.Yayará que presentaron valores significativamente menores (Fig. 14).

**Tabla 6:** Valores de  $p$  y cuadrados medios (ANOVA) del rendimiento y sus componentes, número de espigas/m<sup>2</sup> (NE), número de granos/espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), rendimiento y contenido de proteína en grano (CPG) en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

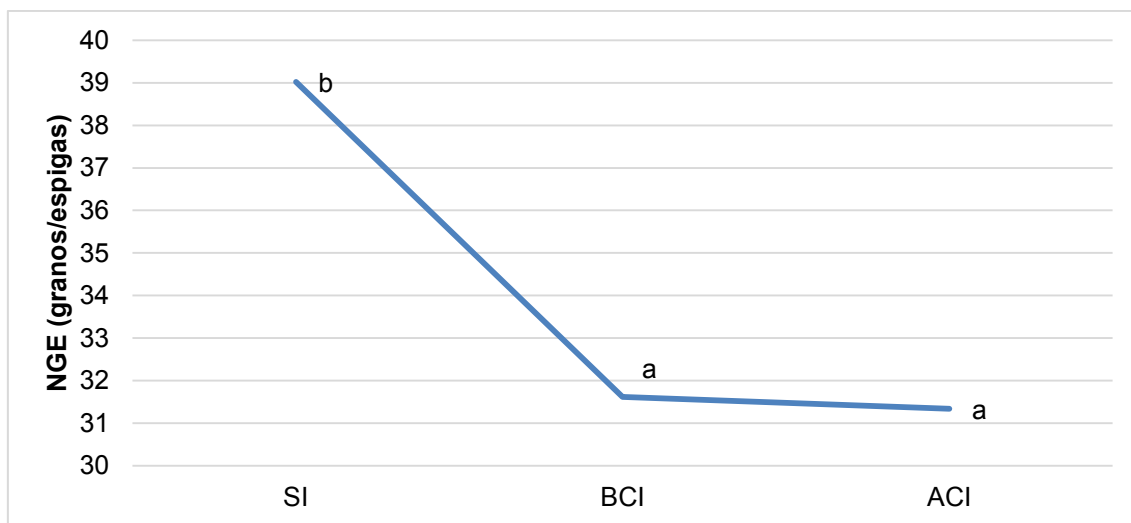
Fuente De Variación	GL	NE	NGE	PMG	RENDIMIENTO	CPG
Tratamiento Inoculación	2	4471 ( $p=0,682$ ) <sup>‡</sup>	568 ( $p=0,004$ ) <sup>‡</sup>	37,3 ( $p=0,007$ ) <sup>‡</sup>	19402618 ( $p=0,013$ ) <sup>‡</sup>	14,7 ( $p=0,051$ ) <sup>‡</sup>
Error A	4	10592	19,3	1,77	1255424	2,14
Cultivar	9	69182 ( $p<0,001$ ) <sup>‡</sup>	157 ( $p<0,001$ ) <sup>‡</sup>	2,91 ( $p<0,001$ ) <sup>‡</sup>	3504777 ( $p<0,001$ ) <sup>‡</sup>	11,38 ( $p<0,001$ ) <sup>‡</sup>
Inoculación × Cultivar	54	8543 ( $p=0,845$ ) <sup>‡</sup>	24,4 ( $p=0,516$ ) <sup>‡</sup>	4,57 ( $p=0,024$ ) <sup>‡</sup>	873991 ( $p=0,472$ ) <sup>‡</sup>	0,454 ( $p=0,997$ ) <sup>‡</sup>
Error B	18	13202	25,4	2,26	872081	1,56
Total	89					

<sup>‡</sup> F test

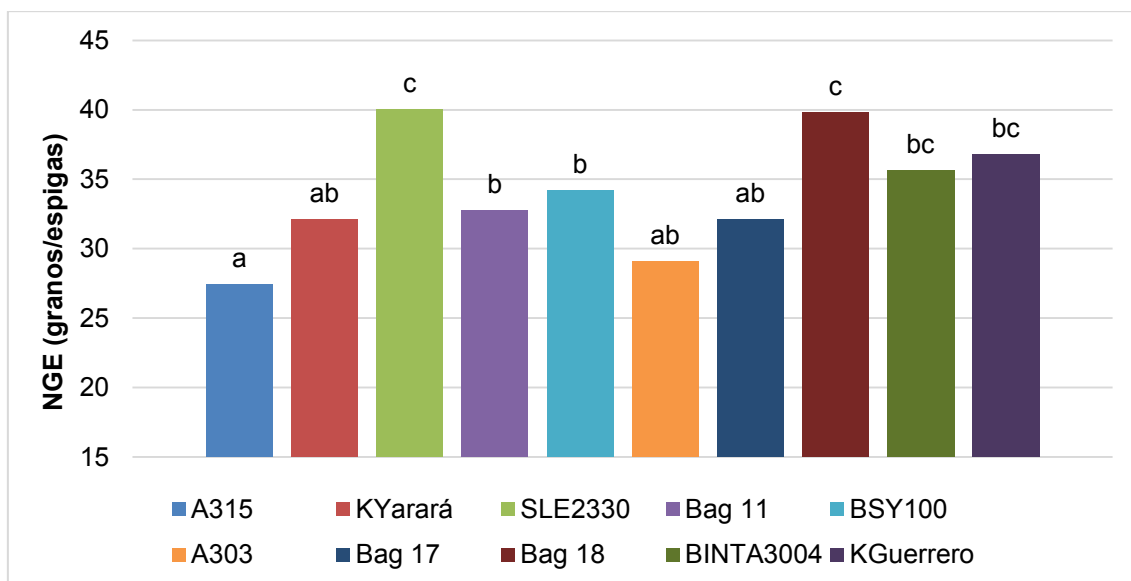


**Figura 12:** Número de espigas/m<sup>2</sup> (NE) de los diferentes cultivares del ensayo. Medias

seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



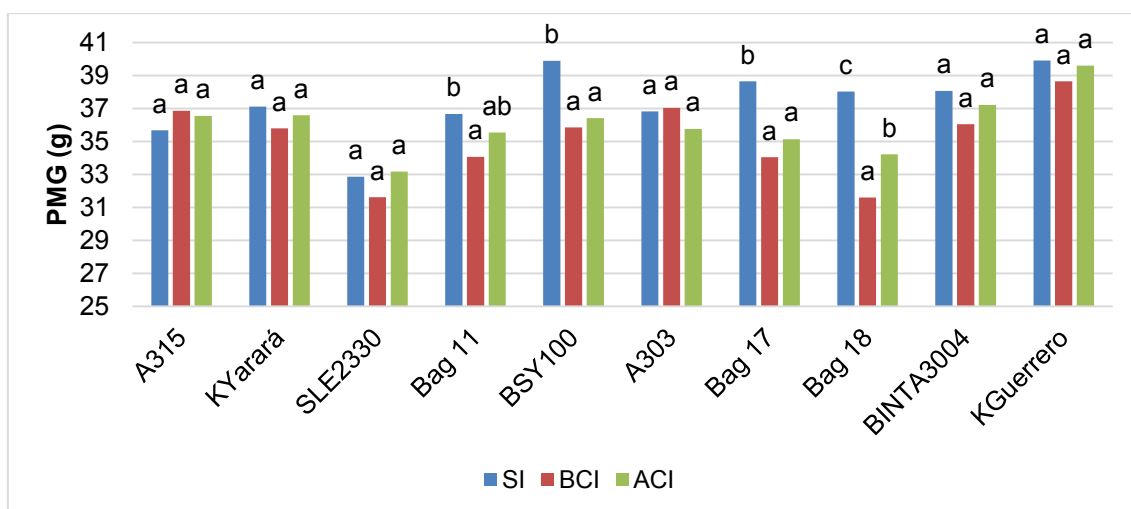
**Figura 13:** Número de granos por espiga (NGE) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



**Figura 14:** Número de granos por espiga (NGE) de los diferentes cultivares del ensayo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

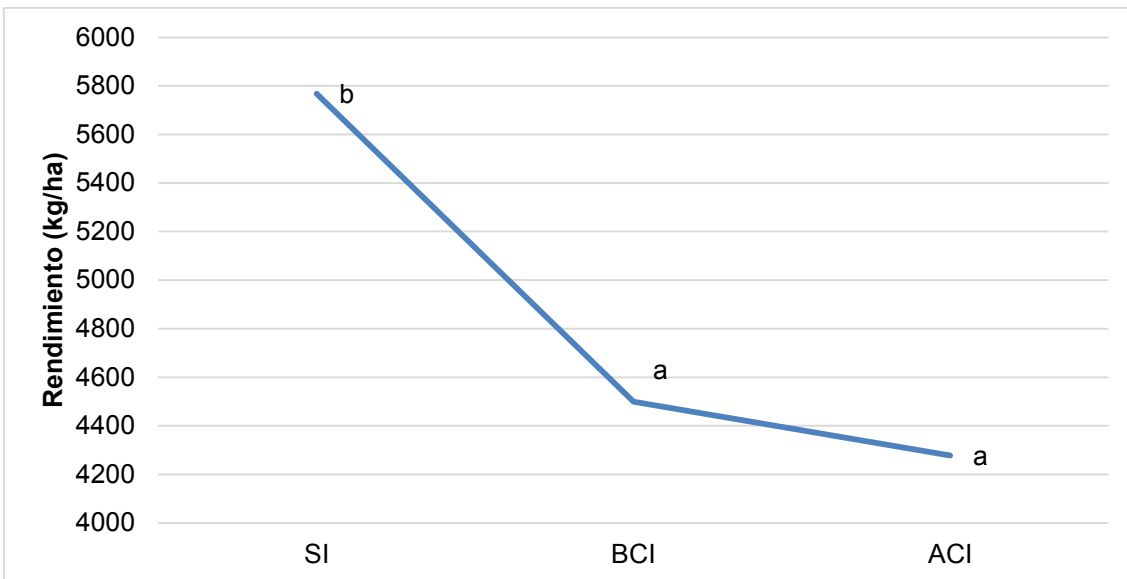
Con respecto al PMG, se observaron diferencias significativas para los factores principales y la interacción inóculo  $\times$  cultivar (Tabla 6), que estuvo fundamentalmente explicada por la respuesta diferencial de los cultivares a los tratamientos de inoculación. En este sentido, los cultivares A315, K.Yarará, SLE2330, A303, BINTA3004 y K.Guerrero no evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación. Contrariamente, cultivares como BSY100 y Bag.17

presentaron valores de PMG significativamente inferiores en los tratamientos de BCI y ACI respecto al testigo SI (Fig. 15).

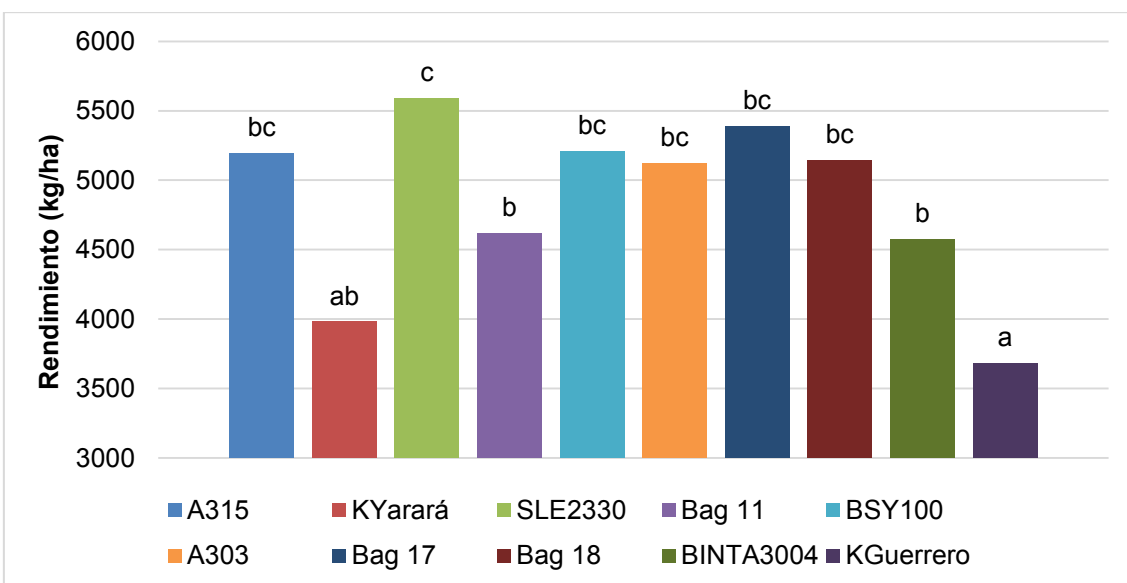


**Figura 15:** Medias del peso de mil granos (PMG) de la interacción *Inóculo* × *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Para cada cultivar, medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

Por su parte, el rendimiento evidenció diferencias significativas para los factores principales de inoculación y cultivares (Tabla 6). Así, los tratamientos de inoculación BCI y ACI disminuyeron de manera significativa el rendimiento (promedio 23,9%) en relación al testigo SI, no observándose diferencias significativas entre ambas concentraciones (Fig. 16). Por otro lado, los cultivares que presentaron los menores niveles de rendimiento fueron K.Yarará, K.Guerrero, BINTA3004 y Bag.11 en tanto que SLE2330 presentó los mayores niveles de esta variable (Fig. 17).



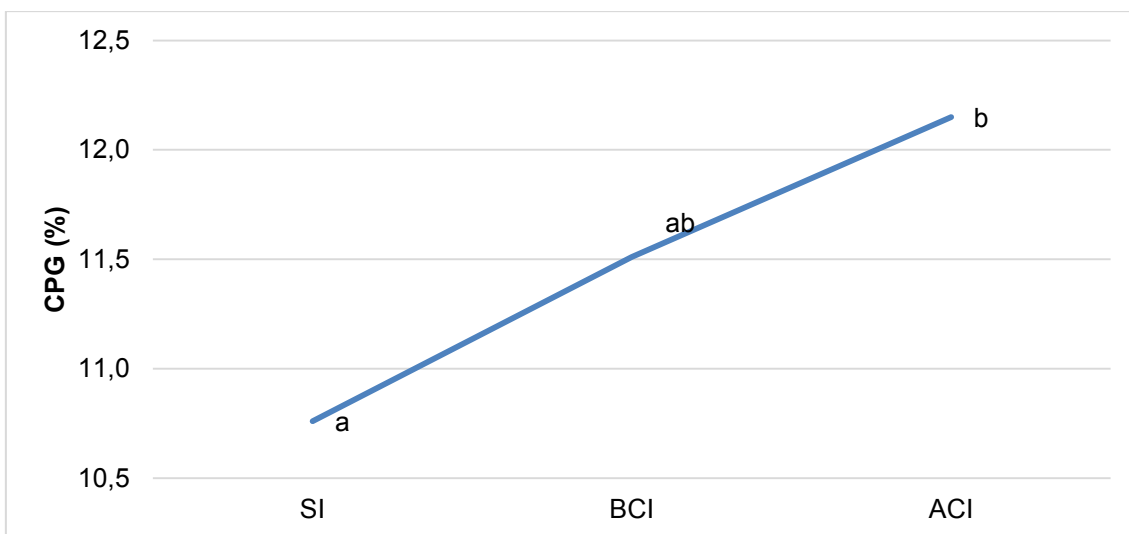
**Figura 16:** Rendimiento (kg/ha) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



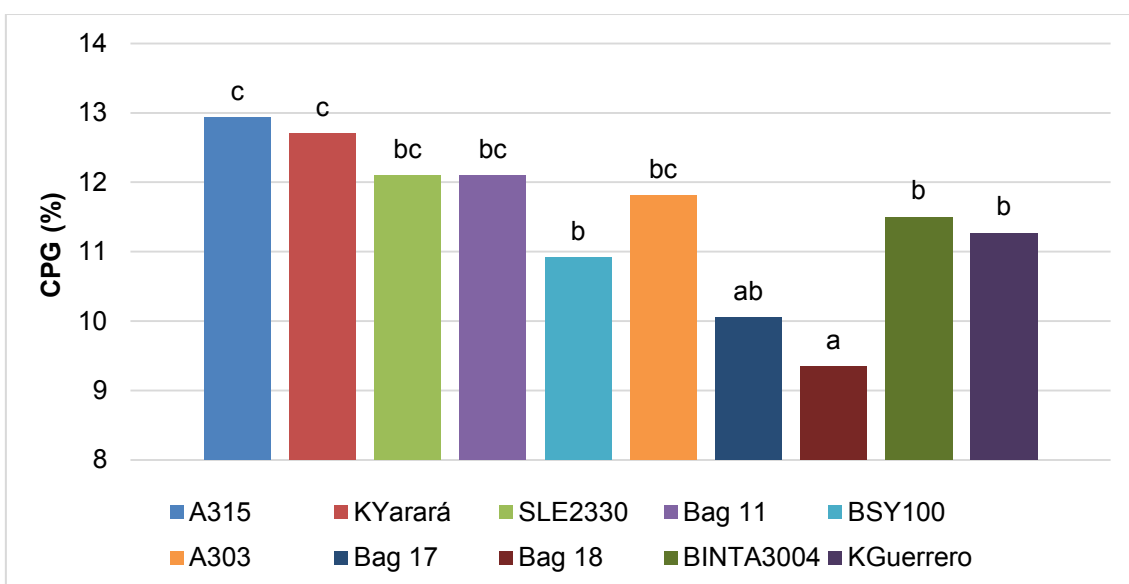
**Figura 17:** Medias de rendimiento de la interacción *Inóculo* × *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

Asimismo, el CPG solo presentó diferencias significativas en los factores principales de inoculación y cultivares (Tabla 6). La enfermedad generó incrementos del CPG que se pueden observar a través de los mayores niveles de esta variable en los tratamientos inoculados. En este sentido, solo la ACI se diferenció significativamente del tratamiento SI, la cual incrementó el CPG en un 12,9% (Fig. 18). El CPG presentó diferencias significativas entre los cultivares evaluados con valores

promedio de 12,6% en los cultivares de grupo de calidad 1, 11,5% para los de grupo de calidad 2 y de 10,8% para los de grupo de calidad 3 (Fig.19).



**Figura 18:** Contenido de proteínas en grano (CPG) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).



**Figura 19:** Contenido de proteínas en grano (CPG) de los diferentes cultivares del ensayo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD  $p=0,05$ ).

#### V.4. TOLERANCIA A LA MANCHA AMARILLA

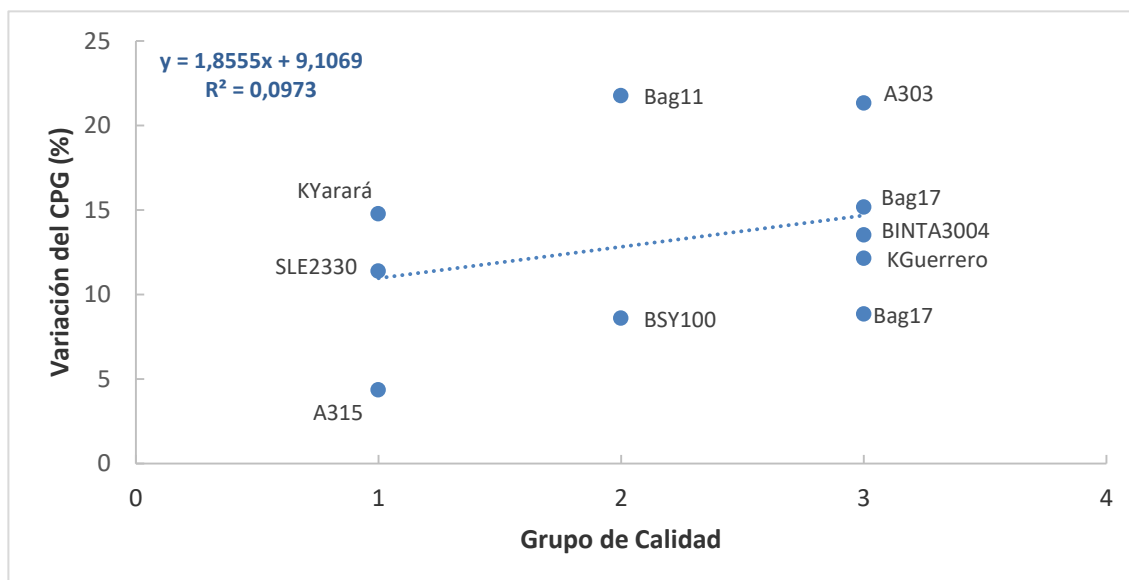
Las pendientes de la regresión lineal entre la DAFV y el rendimiento mostraron diferencias significativas entre cultivares, lo que permitió detectar cultivares tolerantes y sensibles a mancha amarilla ( $p=0,012$ ). Como se observa en la Tabla 7, los

cultivares A315 y BSY100 fueron tolerantes a mancha amarilla presentando bajos valores de pendiente, en tanto que K.Yarará, A303, Bag.17 y Bag.18 se comportaron como sensibles (valores de pendiente significativamente elevados, Tabla 7).

**Tabla 7:** Pendiente (coeficiente b) de las rectas de regresión lineal entre el rendimiento en grano y la duración del área foliar verde del cultivo (DAFV)

Cultivar	Coefficiente b
A315	20,2 a
K.Yarará	45,5 b
SLE2330	21,8 ab
Bag. 11	23,9 ab
BSY100	19,8 a
A303	42,6 b
Bag. 17	50,5 b
Bag. 18	38,5 b
BINTA3004	37,8 ab
K.Guerrero	36,1 ab

Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente ( $p=0,05$ ).



**Figura 20:** Asociación del grupo de calidad y el porcentaje de variación del contenido de proteínas en grano entre los tratamientos de inoculación extremos (sin inóculo y alta concentración de inóculo).

Finalmente, si bien en promedio los cultivares de grupo de calidad 1 presentaron menores niveles de variación del CPG entre los tratamientos de inoculación extremos SI y la ACI (promedio 10,18%) con respecto a los del grupo 2



(15,18%) y los del grupo 3 (14,20%), la asociación entre el grupo de calidad y la variación del CPG entre la ACI y el testigo SI no fue significativa ( $p=0,380$ ) (Fig. 20).

## VI- DISCUSIÓN

---

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que las infecciones con *Py. tritici-repentis* incrementaron los niveles de severidad con diferencias significativas en relación al testigo sin inóculo en los estadios de EC60 y EC82, no así para el estadio de EC39. Esto se explicaría por las menores temperaturas registradas durante el mes de septiembre que tuvieron un valor promedio de 11,9°C, las cuales fueron inferiores al óptimo requerido por el patógeno. En este sentido, autores como Sah (1994), señalan que las temperaturas óptimas para el desarrollo de la enfermedad se encuentran entre los 19 y 22°C, en tanto que autores como Mehta (1998) mencionan que con temperaturas promedio entre 20 y 23°C, la enfermedad progresa rápidamente. Los valores de severidad más elevados cuando se realizaron inoculaciones se reflejaron en mayores valores de ABCPE en relación al tratamiento sin inóculo que presentó los menores niveles, como consecuencia del control que ejerce el fungicida sobre la enfermedad. Similares resultados han sido observados por Liaudat (2011), Fleitas (2011), Schierenbeck (2015), Castro (2016) quienes documentaron disminuciones de ABCPE en los tratamientos donde se aplicó fungicida para el control de enfermedades foliares.

La presencia de patógenos foliares provocan disminuciones en la DAFV a partir del adelantamiento de la senescencia foliar o incrementos en la tasa de caída del IAFV. En el presente estudio, el IAFV se redujo significativamente en los tratamientos inoculados para todos los estadios evaluados lo que provocó una menor DAFV, coincidiendo con lo reportado en los distintos patosistemas por Waggoner & Berger (1987), Dimmock & Gooding (2002b) y Parker et al. (2004). De la misma manera, Serrago et al. (2009) verificaron caídas de esta variable ante infecciones de diferentes patógenos foliares en los tratamientos sin proteger.

Numerosos trabajos han documentado las disminuciones de rendimiento ocasionadas por la mancha amarilla (Fleitas et al., 2014; Schierenbeck, 2015). En el presente trabajo, donde se realizaron inoculaciones artificiales con *Py. tritici-repentis*, los tratamientos sin proteger disminuyeron significativamente el rendimiento explicados fundamentalmente a través de disminuciones en el NGE y PMG. Esto coincide con lo

documentado por Schierenbeck (2015) en uno de los años bajo estudio, donde las mermas de NGE y PMG fueron muy similares (alrededor de un 5,5%). Una posible explicación sería que, tanto en anthesis como en llenado de grano, los niveles de enfermedad fueron significativamente elevados en comparación a los tratamientos sanos.

La longevidad de las hojas influencia directamente el rendimiento en grano, pero se ve seriamente disminuida por el estrés ambiental. La protección de la hoja bandera es particularmente importante porque es la última hoja en senescer, intercepta más luz que las hojas inferiores y es la más próxima a los destinos (granos dentro de las espigas). La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de granos, es por ello que su longevidad se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. Por lo tanto, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la misma es importante para asegurar elevados rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri, 2009).

Algunos cultivares, frente al mismo nivel de severidad de ataque de algún patógeno presentan variabilidad en la disminución de rendimiento atribuida a características intrínsecas de los cultivares que determinan la presencia de algún mecanismo de tolerancia. Para un rango limitado de variedades se han encontrado diferencias de tolerancia de *M. graminicola* (Zuckerman et al., 1997; Ziv & Eyal, 1998; Foulkes et al., 2006; Bancal et al., 2015; Castro, 2016; Castro & Simón; 2016). Sin embargo, no se dispone de información con respecto a la tolerancia de cultivares de trigo frente a mancha amarilla. En el presente trabajo se observó que los cultivares A315 y BSY100 fueron tolerantes a mancha amarilla en tanto que K.Yarará, A303, Bag.17 y Bag.18 se comportaron como sensibles.

Por otro lado, la influencia de los patógenos necrotróficos sobre el CPG ha sido poco investigada y la mayoría de la bibliografía disponible hace referencia al efecto del patógeno hemibiotrófico *M. graminicola* (Arabi et al., 2007; Liaudat, 2011; Castro, 2016). En el presente estudio, el patógeno *Py. tritici-repentis* generó incrementos del CPG en los tratamientos inoculados explicados fundamentalmente por la reducción del área foliar fotosintéticamente activa. Contrariamente, en el testigo SI se observaron los menores niveles de esta variable. El CPG es el resultado tanto de la acumulación de carbohidratos como de proteínas, procesos que son independientes por lo que pueden existir efectos de dilución y concentración. Por esta razón, ante la disminución de la

fuerza de carbohidratos producida por un factor adverso como una enfermedad necrotrófica, podría esperarse un aumento en el CPG por una disminución del contenido de carbohidratos. La protección del tejido sano, prolonga el periodo de llenado, lo cual conduce a incrementos de la acumulación de carbohidratos y por ende, diluye a la proteína. Estudios realizados por Schierenbeck (2015) sobre la dinámica de acumulación de N frente a infecciones artificiales con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, verificaron que el impacto del primer patógeno fue mucho más importante sobre la acumulación de carbohidratos que sobre la acumulación y removilización de N.

El estudio sobre el impacto de las enfermedades foliares en la molienda y calidad panadera y en las interacciones de la severidad de la enfermedad con el cultivar en la calidad panadera del trigo ha sido escaso. Algunos autores señalan que cultivares específicamente panaderos, en los cuales el elevado nivel de proteína es un criterio para la selección junto con el rendimiento, podrían ser capaces de mantener la acumulación de N en el grano más efectivamente ante retrasos en la senescencia e incrementos de rendimiento, comparado con los cultivares mejorados para galletitas donde la concentración de proteína es menos importante. En el presente estudio, se observó una leve tendencia a mantener los niveles de proteína en los cultivares de mejor aptitud panadera (grupo de calidad 1), sin embargo, esta asociación no resultó significativa. Esto coincide con lo documentado por Castro (2016) quien observó que los cultivares de grupo de calidad 1 y 2 tendieron a incrementar o mantener el CPG más que aquellos pertenecientes al grupo de calidad 3 cuando cuando se aplicaron fungicidas para el control de *M. graminicola* inoculado artificialmente. Por su parte otros autores (Puppala et al.,1998) también verificaron un aumento del CPG con el control de la enfermedad en un cultivar con alto contenido de proteínas, aunque estos resultados fueron obtenidos por infecciones naturales conjuntas de *Py. tritici-repentis*, *P. triticina* y *M. graminicola* de manera que los mismos son menos representativos.

## VII- CONCLUSIONES

---

- Existen diferencias de tolerancia a la pérdida de rendimiento en cultivares argentinos frente a mancha amarilla.
- La mancha amarilla provoca incrementos del CPG por un efecto de concentración al afectar más la acumulación de carbohidratos que la de N.

- Los cultivares de mejor grupo de calidad, tienden a mantener elevados niveles de proteína junto con elevados rendimientos.

## VIII- BIBLIOGRAFÍA

---

**Ali, S. & Franci, L.J.** 2003. Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and noncereal grasses in the Great Plains. *Plant Disease*, 87, pp. 418–422.

**Annone, J.G.; Botta, G.E. & Ivancovich, A.** 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. In: III Congreso Nacional de Trigo y I Simposio Nacional de Cereales de siembra Otoño-Invernal. Dpto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Asociación de Ingenieros Agrónomos del Norte de la Provincia de Buenos Aires, Bahía Blanca, Buenos Aires. 26-28 de octubre de 1994. pp. 205-207.

**Annone, J.G.** 2001. Criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 16:16-20. INTA, EEA Pergamino.

**Arabi, M.I., Jawar, M. & Mir Ali, N.** 2007. The effect of *Mycosphaerella graminicola* infection on wheat protein content and quality. *Cereal Research Communications*, 35, pp. 81-88.

**Bancal, P., Bancal, M.O., Collin, F. & Gouache, D.** 2015. Identifying traits leading to tolerance of wheat to *Septoria tritici blotch*. *Field Crops Research*, 180, pp. 176-185.

**Bingham, I.J., Walters, D.R., Foulkes, M.J. & Paveley, N.D.** 2009. Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. *Annals of Applied Biology*, 154, pp. 159-173.

**Blandino, M. & Reyneri, A.** 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. *European Journal of Agronomy*, 30, pp. 275-282.

**Borlaug, N.** 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica*, 157, pp.287-297.

**Bryson, R. J., Paveley, N. D., Clark, N. D., Sylvester- Bradley, R. & Scott, R. K.** 1997. Use of in- field measurements of green leaf area and incident radiation to

estimate the effects of yellow rust epidemics on the yield of winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 7, pp. 53-62.

**Byrnes, B.H. & Bumb, B.L.** 1998. Population growth, food production and nutrient requirements. *Journal of Crop Production*, 2, pp. 1-27.

**Carmona, M., Melo Reis, E. & Cortese, P.** 1999. *Manchas Foliares del Trigo: Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo*. Gráfica Condal. Buenos Aires. 32 pp.

**Carmona, M.** 2006. El manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo, una asignatura pendiente. En Federación de Centros y Entidades Gremiales de Acopiadores de Cereales (ed.) *Actas del Congreso A Todo Trigo. Conocimiento y Producción*, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 161-165.

**Carretero, R., Bancal, M.O. & Miralles, D.J.** 2011. Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 35, pp. 237-246.

**Castellarín, J.M., González M., Pedrol, H.M., Salvagiotti, F. & Roso, O.** 2004. Control de enfermedades foliares en trigo: tipo de molécula fúngica y momento de aplicación In: *Para mejorar la producción*. EEA Oliveros. INTA Oliveros. N° 25. pp. 67-69.

**Castro, A.C.** 2016. Efecto de la tolerancia a *Zymoseptoria tritici*, la fertilización nitrogenada y distintos fungicidas sobre la expresión del rendimiento y la calidad panadera del trigo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UN de La Plata, La Plata, Argentina. 246 pp.

**Castro, A.C. & Simón, M.R.** 2016. Effect of tolerance to *Septoria tritici blotch* on grain yield, yield components and grain quality in Argentinean wheat cultivars. *Crop Protection*, 90. pp. 66-76.

**Cuniberti, M. & Mir, L.** 2016. Calidad del trigo argentino. aportes de la región central del país a la producción y exportación nacional. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD.

**Darwich, N.A. & Darwich, G.A.** 2004. Estrategias de fertilización para mejorar el rinde y la calidad industrial del trigo. *Actas del Congreso "A Todo Trigo"*. 13 y 14 de Mayo de 2004, Mar del Plata Argentina. pp. 64 - 65.

**Dimmock, J.P.R.E. & Gooding, M.J.** 2002a. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. *Journal of Agricultural Science*, 138, pp. 349-366.

**Dimmock, J.P.R.E. & Gooding, M.J.** 2002b. 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, pp. 1-16.

**Duveiller, E., Singh, R. & Nicol, J.** 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica* 157, pp. 417-430.

**Evans, L.T.** 1998. *Feeding the ten billion*. Cambridge University Press, Cambridge. 267 pp.

**FAO.** 2016. Los primeros pronósticos de la FAO sobre los cereales en 2016/17 indican abundantes suministros, un comercio apagado y mercados contenidos. Disponible en <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Último acceso: abril de 2016.

**Fernandez, M.R., Clarke, J.M. & DePauw, R.M.** 1994. Response of durum wheat kernels and leaves at different growth stages to *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Disease*, 78, pp. 597-600.

**Fleitas, M.C.** 2011. Influencia de la mancha de la hoja sobre el rendimiento y variables reológicas de calidad del grano de trigo. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 46 pp.

**Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Golik, S. & Simón, M.R.** 2014. Tolerancia a mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) de diferente grupo de calidad. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 34, pp. 219-221.

**Foulkes, M.J., Paveley, N.D., Worland, A., Welham, S.J., Thomas, J. & Snape, J.W.** 2006. Major genetic changes in wheat with potential to affect disease tolerance. *Phytopathology*, 96, pp. 680-688.

**González Montaner, J. G. & Di Nápoli, M.** 2007. Principales aspectos para el manejo de la calidad del cultivo. En: *Producción de trigo*. E. Satorre (coordinador). Ed. Libros de AACREA, Buenos Aires. pp. 65-72.

**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. pp. 45-52.

**Kremer, M. & Hoffmann, G.M.** 1992. Effect to *Drechslera tritici-repentis* as the cause of wheat yellow leaf spot disease on kernel yield and dry matter production. *Journal of Phytopathology* 99, pp. 509-605.

**Jordahl, J.G. & Francl L.J.** 1992. Increase and storage of cultures of *Pyrenophora tritici-repentis*. In: Francl, L.J., Krupinsky, J.M., McMullen, M.P. (Eds.), *Advances in Tan Spot Research*. Agricultural Experiment Station, Fargo, North Dakota, p. 109.

**Liaudat, J.P.** 2011. Influencia de la mancha de la hoja sobre componentes de rendimiento y concentración de proteínas en tres partes de la espiga de trigo con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 59 pp.

**Mehta, I.R.,** 1998. Constraints on the integrated management of spot blotch of wheat. En *Helminthosporium blights of wheat: spot blotch and tan spot*. Duvellier, E.; Dubin, H.J.; Reeves, J. & McNab, A., eds. Mexico, D.F. CIMMYT. pp. 18-27.

**Miralles, D.J. & Slafer, G.A.,** 1990. Estimación del área foliar en trigo: Generación y validación de un modelo. 11vo Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap. L, pp. 76-85.

**Miralles, D.J., Serrago, R. & Carretero R.** 2007. Generación del rendimiento en trigo. En: *Producción de trigo*. E. Satorre (coordinador). Ed. Libros de AACREA, Buenos Aires. pp. 15-26.

**Moreno, M.V.** 2007. Tesis Doctoral. Caracterización cultural, patogénica genética y bioquímico-molecular de *Pyrenophora tritici-repentis* en Argentina. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

**Ney, B., Bancal, M.O., Bancal, P., Bingham, I.J., Foulkes, J., Gouache, D., Paveley, N. & Smith, J.** 2013. Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. *European Journal of Plant Pathology*, 135, pp. 561-580.

**Parker, S.R., Welham, S., Paveley, N.D., Foulkes, J. & Scott, R.K.** 2004. Tolerance of *Septoria leaf blotch* in winter wheat. *Plant Pathology*, 53, pp. 1-10.

**Paveley, N. D., Lockley, D., Sylvester-Bradley, R. & Thomas, J.** 1997. Determinants of fungicide spray decisions for wheat. *Journal of Pest Science*, 49, pp. 379-88.

**Paveley, N. D.** 1999. Integrating *Septoria* risk variables. In: Lucas J. A, Bowyer P, Anderson HM, eds. *Septoria on Cereals: a study of pathosystems*. Wallingford, UK: CABI Publishing, pp. 230-50.

**Peña, R.J., Ortiz-Monasterio, J.I. & Sayre, K.D.** 1997. Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. Libro: Explorando altos rendimientos de trigo. Editores: Kohli, M.M. y Martino, L.D. CIMMYT e INIA. 20-23 de Octubre, La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 339 pp.

**Perelló, A., Mónaco, C., Simón, M. & DalBello, G.** 2003. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* isolates for tan spot of wheat in Argentina. *Crop Protection* 22, pp. 1099-1106.

**Peturson, B., Newton, M. & Whiteside, A. G. O.** 1948. Further studies on the effect of leaf rust on the yield, grade and quality of wheat. *Canadian Journal of Research* 26, pp. 65-70.

**Puppala, V., Herrman, T.J., Bockus, W. W. & Loughin, T.M.** 1998. Quality responses of twelve hard red winter wheat cultivars to foliar disease across four locations in central Kansas. *Cereal Chemistry*, 75, pp. 148-151.

**Rees, R.G., Platz, G.J. & Mayer, R.J.** 1982. Yield losses in wheat from yellow spot: comparison of estimates derived from single tillers and plots. 33, pp. 899-908.

**Rees, I.G. & Platz, G.J.** 1983. Effects of yellow spot of wheat in Southern Queensland. *Australasian Journal of Agricultural Research*, 34, pp. 39-46.

**Reis, E.M., Barreto, D. & Carmona, M.** 1999. Patología de semillas de cereales de invierno. 100 p.

**Rosell, C. M.** 2007. Cereals and Health Worldwide: adapting cereals to the social requirements. 1ª Conferencia Internacional de la International Association for Cereal Science and Technology-ICC en Latinoamérica. 23-26 de Septiembre de 2007. Bolsa de Comercio de Rosario, Argentina. 163 pp.

**Sah, D. N.** 1994. Effects of leaf wetness duration and inoculum level on resistance of wheat genotypes to *Pyrenophora tritici-repentis*. *Journal of Phytopathology* 142, pp. 324-330.

**Satorre, E.H. & Slafer, G.A.** 1999. Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press NY. USA. 503 pp.

**Schilder, A.M.C. & Bergstrom, G.C.** 1990. Variation in virulence within the population of *Pyrenophora tritici-repentis* in New York. *Phytopathology* 80, pp. 84-90.

**Serrago, R.A., Carretero, R., Bancal, M.O. & Miralles, D.J.** 2009. Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy*, 31, pp.95-203



**Schierenbeck, M., Fleitas, M.C. & Simón, M.R.** 2014a. Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 34, pp. 247-250.

**Schierenbeck M., Fleitas, M.C., Cortese, F., Golik, S.I., Simón M.R.** 2014b. Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 34, pp. 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 pp.

**Shaner, G. & Finney, R.E.** 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*. 72, pp.154-158.

**Slafer, G.A., Calderini, D.F., & Miralles, D.J.** 1996. Generation of yield components and compensation in wheat: Opportunities for further increasing yield potential. CIMMYT International Symposium, CIANO. Cd. Obregon, Mexico. pp. 101-133.

**Stone, P.J. & Savin, R.** 1999. Grain quality and its physiological determinants. In: E.H. Satorre, and G. a. Slafer, eds. *Wheat: A physiological Ecological Approach to Understand Yield and its Determining process at the crop level of organization.* Food product Press, New York. pp. 85-120.

**Waggoner, P.E. & Berger, R.** 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology* 77, pp. 393-398.

**Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q. & Wolf, G.** 2004. Effect of fungicide treatment on the quality of wheat flour and breadmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52. pp. 7593-7600.

**Wiese, M.W.** 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathological Society. U.S.A. 106 p.

**Zadoks, J.C., Chang, T.Y. & Konzak, C.F.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, pp. 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.

**Ziv, O. & Eyal, Z.** 1978. Assessment of yield component losses caused in plants of spring wheat genotypes by selected isolates of *Septoria tritici*. *Phytopathology*, 68, pp. 791-796.

**Zuckerman, E., Eshel, A. & Eyal, Z.** 1997. Physiological aspects related to tolerance of spring wheat cultivars to *Septoria tritici blotch*. *Phytopathology*, 87, pp. 60-65.