

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**



**TRABAJO FINAL DE CARRERA**

“Influencia de *Drechslera tritici-repentis*, sobre la removilización y absorción post-antesis de nitrógeno en distintos cultivares de trigo”

Carrera: Ingeniería Agronómica.

Alumno: Bellocq Juan Francisco

Legajo: 26149/1

Mail: jfb\_48@hotmail.com

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

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

Fecha de entrega: 26/08/2016

## RESUMEN

El trigo pan (*Triticum aestivum* (L) Thell.) es un cereal básico para la alimentación humana. El crecimiento poblacional conlleva un aumento en la demanda de este cereal de ahí la necesidad de aumentar la producción mundial elevando los rendimientos promedios. La mancha amarilla causada por el hongo [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.] es una de las enfermedades foliares más importantes del cultivo debido a las mermas en el rendimiento que produce. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la mancha amarilla sobre la removilización y absorción de nitrógeno post-antesis en diez cultivares de trigo. El ensayo se llevó a cabo en el año 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, localizada en Los Hornos, Partido de La Plata, Buenos Aires – Argentina. Se realizó un diseño experimental con parcelas divididas con tres repeticiones, la parcela principal fueron los tratamientos de inoculación, 1- Sin inóculo y aplicación de fungicida -SI-; 2-baja concentración de inóculo -BCI- ( $3 \times 10^2$  esporas.ml<sup>-1</sup>) y 3- alta concentración de inóculo -ACI- ( $3 \times 10^3$  esporas.ml<sup>-1</sup>). Las sub-parcelas fueron diez genotipos de trigo. La enfermedad produjo diferentes niveles de severidad en los distintos estadios y cultivares y el fungicida disminuyó los niveles de la misma. Aumentos en la concentración de inóculo provocaron reducciones significativas en la generación de biomasa y reducciones en el rendimiento de hasta 32,5%, cuando se compararon los tratamientos ACI y SI. Esto se tradujo en un caída del 18,2% en la removilización de N, del 32,1% en la absorción de nitrógeno post-antesis y una disminución de la acumulación de N en los granos del 23,6% cuando fueron comparados los tratamientos ACI y SI.

## ÍNDICE

	Pg.
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1 Importancia mundial y nacional del trigo	5
1.2 Principales enfermedades fúngicas que afectan al cultivo	6
1.3 Principales características de la mancha amarilla	6
1.4 Influencia de la mancha amarilla sobre la generación de rendimiento y la absorción-removilización del nitrógeno en trigo	8
1.5 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo	10
<b>2 HIPÓTESIS</b>	<b>11</b>
<b>3 OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>11</b>
4.1 Datos climáticos	11
4.2 Datos del suelo	12
4.3 Diseño del ensayo y preparación del suelo	13
4.4 Preparación del inóculo e inoculación	14
4.5 Determinaciones	15
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>16</b>
5.1 Severidad en EC39, EC60, EC82 y ABCPE	16
5.2 Biomasa aérea en EC39, EC60 y EC95	19
5.3 Rendimiento y sus componentes	21
5.4 Removilización, absorción post-antesis y nitrógeno acumulado en granos	25

<b>6 DISCUSIÓN</b>	<b>30</b>
<b>7 CONCLUSIONES</b>	<b>33</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUCCIÓN:

### 1.1. Importancia mundial y nacional del trigo

El trigo es uno de los tres granos más ampliamente producidos globalmente junto con el arroz (*Oryza sativa*) y el maíz (*Zea mays*). Su grano es una fuente clave de nutrientes y de energía para nuestra civilización, constituyendo la principal fuente de hidratos de carbono y de proteína de origen vegetal, ambos esenciales para la alimentación humana (FAO, 2014). Es el segundo cereal más consumido del mundo, surgiendo de su procesamiento dos ramas de productos, los denominados de primera industrialización, entre los que se encuentra la harina, sémolas, semolines, germen, afrecho y los de segunda industrialización, tales como los panificados, las galletitas y las pastas.

El trigo pan es el cereal panificable más cultivado en el mundo, ocupando aproximadamente un sexto del total de los suelos cultivados (Satorre & Slafer, 1999). Su distribución geográfica mundial es 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.

Proyecciones realizadas por el G20 recientemente, indican que la demanda de trigo a nivel mundial se incrementará un 60% para el año 2050 debiendo superar los 1000 millones de toneladas para suplir la creciente demanda mundial. Teniendo en cuenta esta proyección, el rendimiento promedio mundial debería llegar a 4,4 t.ha<sup>-1</sup>. Según Reynolds *et al* (2009) la posibilidad de incrementar la producción mundial mediante el aumento de la superficie sembrada parece poco probable ya que en cultivos como trigo dicha área no ha mostrado cambios de importancia desde mediados del siglo XX hasta la fecha. Ante esta problemática, diversos autores concordaron en que el aumento del rendimiento, era la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans, 1999; Borlaug, 2007).

Lo mencionado anteriormente constituye aún hoy un gran desafío para la agricultura mundial ya que actualmente el rendimiento promedio mundial se encuentra cercano a las 3,11 t.ha<sup>-1</sup>, siendo los principales productores Unión Europea (160 mill t), China (130 mill t), India (86,5 mill t), USA (55,8 mill t), Francia (40 mill t) y Rusia (61 mill t) (USDA, 2015). Por su parte, Argentina promedió en los últimos cinco años una producción de 11,99 millones de toneladas con una superficie sembrada de 4 millones de ha y un rendimiento promedio de 2,99 t.ha<sup>-1</sup> (Statista, 2015; FAO, 2015). En nuestro país, el trigo es considerado como uno de los cultivos invernales más importantes,

destacándose por su importancia en la rotación, ya que éste se hace imprescindible para incrementar los niveles de carbono orgánico en el suelo, siendo las principales provincias productoras Buenos Aires con un 51% de la superficie sembrada, Córdoba con un 12% y Santa Fe con un 10% (SIIA, 2014).

## **1.2. Principales enfermedades fúngicas que afectan al cultivo**

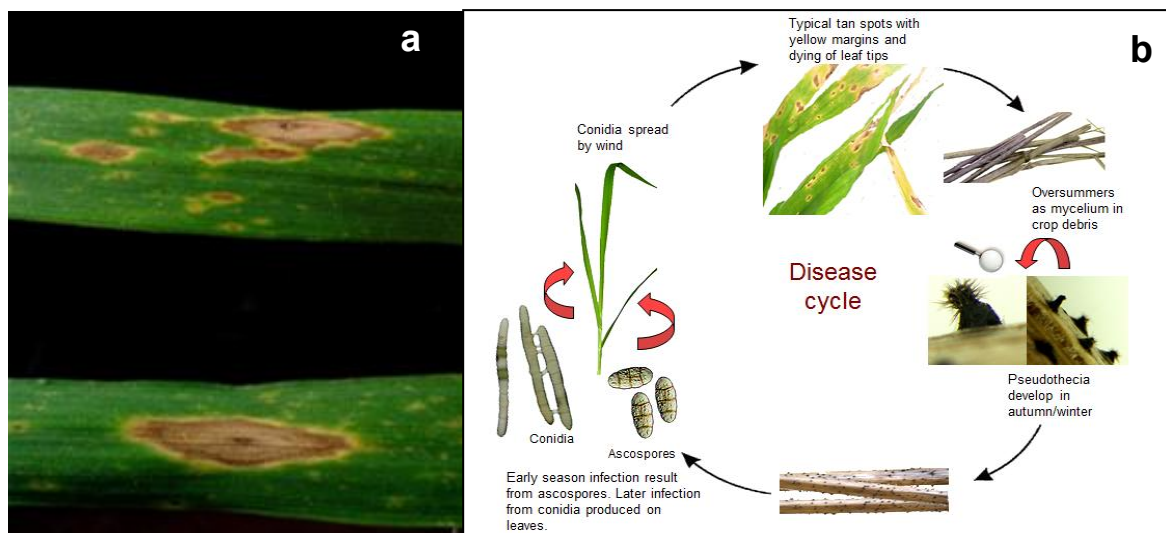
El cultivo de trigo puede ser afectado por un amplio grupo de patógenos que actúan afectando los tejidos de raíces, tallos, hojas y espigas para cumplir su ciclo de vida a expensas de la planta (Wiese, 1977; Zillinsky, 1984). Entre estos, las enfermedades fúngicas foliares constituyen uno de los principales factores que limitan la expresión de los rendimientos y calidad del cultivo de trigo en todo el mundo (Oerke & Dehne, 1997; Annone *et al.*, 2001; Simón *et al.*, 2002; Oerke & Dehne, 2004; Duveiller *et al.*, 2007; Carretero, 2011). Por la difusión, 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.], variando su importancia según años, comportamiento sanitario de los genotipos y subregiones trigueras, de acuerdo entre otros factores a las condiciones climáticas y ambientales. La mancha amarilla es una de las enfermedades foliares más importantes del cultivo debido a las mermas en el rendimiento que produce.

## **1.3. Principales características de la mancha amarilla**

La mancha amarilla produce mermas de rendimiento de 3 a 53% (Rees & Platz, 1983), con una incidencia creciente en los últimos años por el aumento de la superficie sembrada mediante siembra directa. Perteneció al grupo de los patógenos necrotróficos que obtienen los nutrientes necesarios para su crecimiento de tejidos muertos, luego de matar al hospedante por la secreción de toxinas (Ptr ToxA, Ptr ToxB y Ptr ToxC) que generan la degradación de las paredes celulares (Ney *et al.*, 2013). Es un microorganismo que puede generar inóculo, infectar al trigo y causar lesiones en un rango considerablemente amplio de condiciones ambientales. Esos procesos ocurren normalmente con temperaturas de 10 a 30 °C (siendo óptimas 19-22 °C) y períodos de 6 a 48 h de alta humedad relativa. El desarrollo intenso de lesiones severas de la enfermedad es más favorecido por períodos prolongados con formación de rocío sobre los tejidos foliares que por precipitaciones (Annone, 2001).

Con respecto a los síntomas, aparecen manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por una toxina (Figura 1a). Las infecciones secundarias forman los típicos puntos de infección castaño oscuro, rodeados de un halo amarillo. En condiciones de alta humedad aparecen bandas alargadas con conidióforos de color castaño oscuro con conidios de color claro (Carmona *et al.*, 1999).

El agente causal de la mancha amarilla 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. Se lo ha encontrado afectando a varias especies de *Agropyron* y *Elymus*, *Andropogon gerardi*, *Alopecurus arundinaceus*, *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, *Phalaris arundinacea*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale* *Avena sativa*, entre otros 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). La infección primaria puede ser originada por la semilla (conidios) a través del coleoptilo originando lesiones en hojas jóvenes o bien a partir de pseudotecios de *Pyrenophora* localizados en el rastrojo. La infección secundaria a partir de las primeras lesiones formadas, es vertical hasta alcanzar las hojas superiores y puede ocurrir durante todo el ciclo del cultivo (Figura 1b).



**Figura 1:** a- Síntomas causados por *Pyrenophora tritici-repentis*; b- Ciclo de la enfermedad.

#### **1.4. Influencia de la mancha amarilla sobre la generación de rendimiento y la absorción-removilización del N en trigo.**

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 rendimiento y la calidad del cultivo están fuertemente influenciados por la disponibilidad, absorción y redistribución del nitrógeno (N) (Barracough *et al.*, 2010). Este nutriente constituye una pequeña porción del peso seco total de la planta, sin embargo juega un rol crucial en el metabolismo vegetal, ya que más del 90 % de este elemento forma parte de proteínas, lo que lo convierte en el nutriente clave para el desarrollo del área foliar que permite una adecuada intercepción de radiación y el correcto funcionamiento del aparato fotosintético.

El rendimiento en N deriva de 1) N acumulado en hojas, tallos y raíces antes de antesis 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 antesis en la parte vegetativa explica la mayor parte del N final en los granos (; 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 antesis de N representa 1/3 del N total a cosecha, en tanto que el N removilizado representa los 2/3 restantes. 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). Barbottin *et al.* (2005) encontraron que el N removilizado no es suficiente para explicar la variación en el N final de los granos, ya que esta variable depende también de la absorción post-antesis y de la presión que las enfermedades pueden ejercer durante el llenado de granos, es por esto que uno de los objetivos del mejoramiento es buscar genotipos con altos potenciales de absorción de N post-antesis como forma de aumentar la concentración de proteína en grano y N acumulado a cosecha (Brancourt-Humel *et al.*, 2003, 2005).



Los patógenos necrotróficos, como el organismo causal de la mancha amarilla, provocan pequeños efectos inmediatos sobre la fisiología de los cultivos, ya que no interactúan con células vivas. Sin embargo, se caracterizan por provocar mermas en la generación de biomasa al generar una reducción en el aparato fotosintético de la planta acelerando la senescencia de las hojas debido a la necrosis foliar y a la posterior disminución en la fotosíntesis total por hoja (Gooding *et al.*, 2000; Dimmock & Gooding, 2002). Según Waggoner & Berger (1987), de los dos componentes fisiológicos determinantes de la biomasa aérea, las enfermedades afectan principalmente la eficiencia de interceptación de radiación primordialmente por reducciones de la cobertura verde (caída de hojas o muerte acelerada de macollos) y de la interceptación de radiación por área foliar enferma (IAF no verde), que no podrá ser utilizada para la generación de biomasa y consecuentemente provoca efectos detrimentales en el rendimiento (Carretero *et al.*, 2009).

La concentración de proteína del grano deriva de la relación entre el N y la materia seca en el grano a la cosecha (Martre *et al.*, 2003). La información sobre el efecto de enfermedades foliares en el porcentaje de proteínas de los granos presenta resultados contrastantes (Rees *et al.*, 1982; Ash & Brown, 1990; Clark, 1993; Kelley, 1993; Herrman *et al.*, 1996; Simón *et al.*, 1996; Puppala *et al.*, 1998; Ruske *et al.*, 2001; Ishikawa, 2001; Blandino & Reyneri, 2009; Simón *et al.*, 2012). Cuando predominan patógenos biotróficos, la infección puede ser más limitante para la acumulación de N en el grano que para la acumulación de materia seca, ya que este tipo de patógenos producen profundos cambios en la fisiología de los hospedantes, al parasitar las células vivas provocando reducciones en la capacidad fotosintética de las hojas, un aumento de la tasa respiratoria, la transpiración y una reducción de la tasa de translocación de los órganos afectados (McNew, 1960; Robert *et al.*, 2004; Agrios, 2005; Robert *et al.*, 2005; Serrago *et al.*, 2009). Esto ocasiona que frecuentemente la concentración de proteína aumente al controlar las royas con fungicidas (Peterson *et al.*, 1948; Dimmock & Gooding, 2002; Gooding, 2006; Simón *et al.*, 2012).

Por otro lado, cuando se trata de patógenos necrotróficos como es el caso de mancha amarilla, frecuentemente ocurre la situación inversa. Este tipo de organismos puede afectar el peso de granos, incidiendo de manera significativa en la acumulación de carbohidratos en el grano por una disminución del área foliar y su duración en el periodo de llenado. El contenido de N en el mismo, al ser afectado en menor magnitud, sufre un efecto de concentración provocando un incremento del porcentaje de proteína (Dimmock & Gooding, 2002). El control de la enfermedad por medio de fungicidas hace que se mantenga el área foliar verde y que el proceso de llenado se lleve a cabo con

normalidad y actúe de modo contrario, es decir, “diluyendo” la proteína y por lo tanto disminuyendo el porcentaje de las mismas. Se han documentado, sin embargo, casos en que los efectos en la acumulación de N son más importantes que el efecto en la acumulación de materia seca del grano, de manera que se produce el efecto inverso (Dimmock & Gooding, 2000).

Algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N, en el caso de epifitias que ocurren antes de la floración, aunque, raramente afectan la absorción de N en post-floración (Bastiaans, 1993, Kremer & Hoffmann, 1993). Sin embargo Bancal *et al.*, 2008 determinaron en infecciones naturales de *Puccinia triticina* y *Z. tritici* que las enfermedades foliares afectan más la absorción de N post-floración que la removilización de N, y que la absorción post-floración se correlaciona en forma positiva y más consistente con el N final.

Las diferentes enfermedades foliares pueden afectar la materia seca y el flujo de N en forma diferencial. No se dispone de información que discrimine el efecto del patógeno necrotrófico *Drechslera tritici-repentis* sobre la removilización, la absorción post-floración, el % N en grano y la acumulación de N en granos a través de inoculaciones con dicho patógeno y comparado con tratamientos protegidos con fungicida.

### **1.5. Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo**

Los fungicidas constituyen una importante herramienta en el control de enfermedades foliares para la producción de trigo (Gooding, 2006). La aplicación eficiente de éstos ha producido aumentos significativos en los rendimientos 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 poseer acción sistémica, afectando las membranas de los hongos patógenos mediante la inhibición de la síntesis de los esteroides (ISE). Las estrobilurinas son otro de los grupos de fungicidas ampliamente utilizados y poseen acción oligosistémica, generando una inhibición de 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 área foliar verde de la

hoja bandera. Recientemente se han introducido al mercado fungicidas formulados en una triple mezcla conformada por un triazol, una estrobilurina y una carboxamida. Las carboxamidas al igual que las estrobilurinas inhiben la respiración mitocondrial pero a nivel del complejo II (Arregui & Puricelli, 2008).

## 2. HIPÓTESIS

- La mancha amarilla disminuye la absorción post-antesis y la removilización de nitrógeno.
- La absorción post-antesis y la removilización de nitrógeno presenta diferencias entre distintos cultivares de trigo.
- Incrementos en la severidad causada por *Py.tritici-repentis* provocan mayores caídas porcentuales en la absorción de N en post-antesis con respecto a la removilización de N.

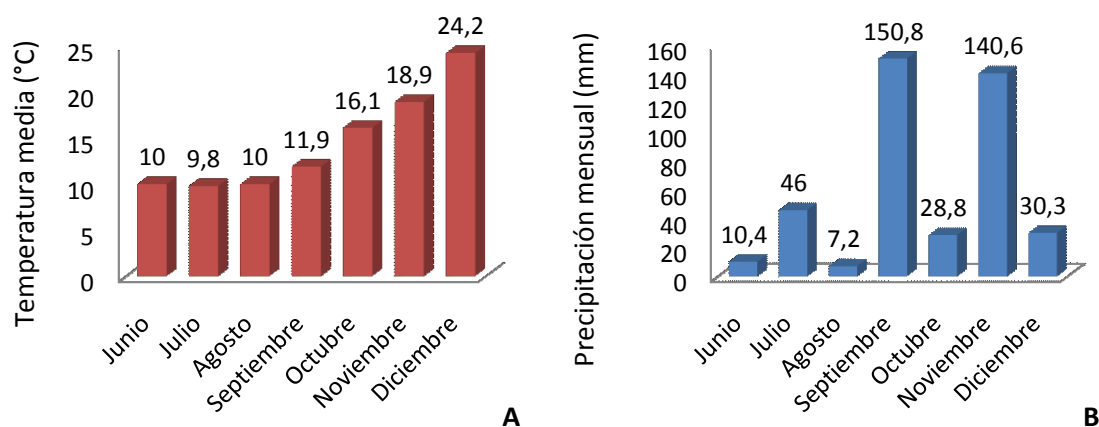
## 3. OBJETIVO

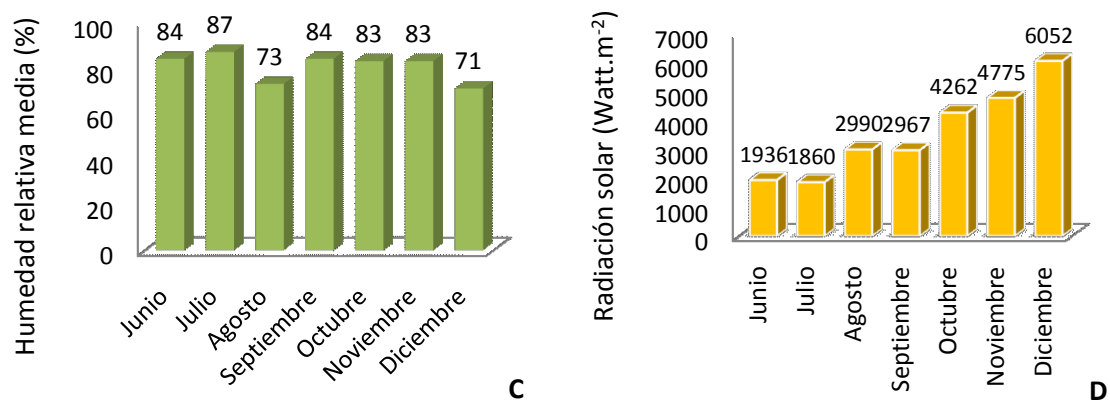
Evaluar el efecto de inoculaciones artificiales de *Drechslera tritici-repentis* sobre la removilización de nitrógeno desde las partes vegetativas al grano y la absorción de N post-antesis en diez cultivares de trigo y bajo diferentes tratamientos.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS:

### 4.1. Datos climáticos

Los datos climáticos fueron registrados en una estación meteorológica situada en las cercanías de los ensayos (Figura 4).





**Figura 4:** Datos climáticos registrados durante el ciclo del cultivo. A- Temperatura media en grados centígrados. B- Precipitación mensual en milímetros. C- Humedad relativa media en porcentaje. D- Radiación solar media en watt.m<sup>-2</sup>.

#### 4.2. Datos de suelo

El ensayo se llevó a cabo en el año 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.

El suelo fue un Argiudol típico, serie Los Hornos con la siguiente fertilidad química:

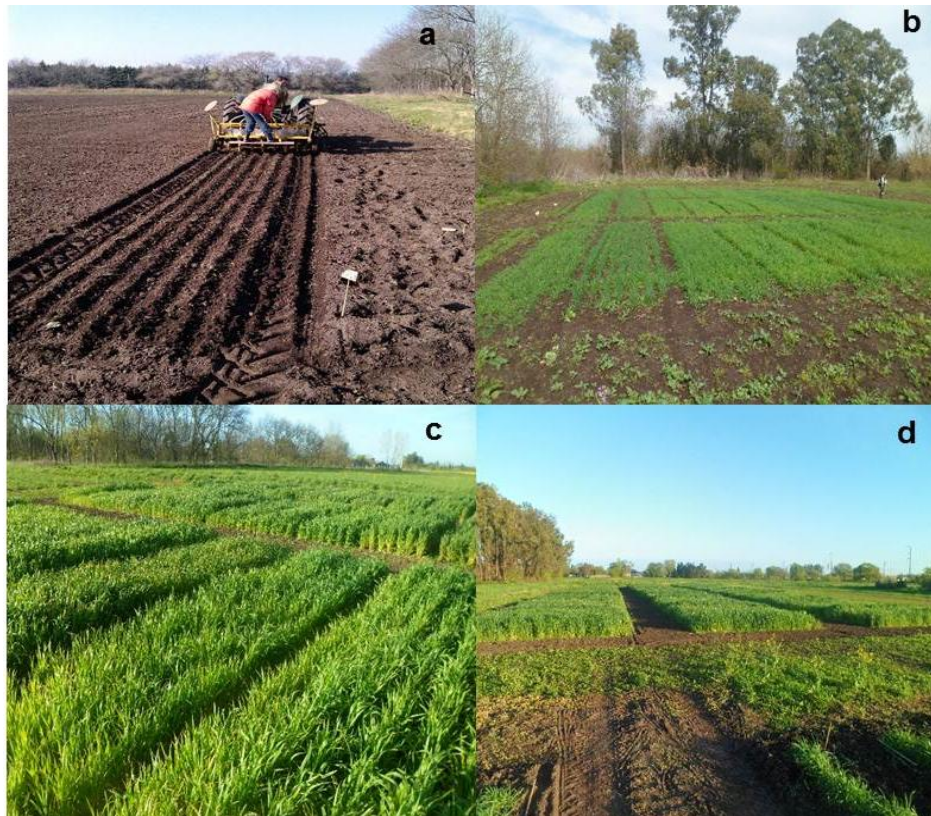
**Tabla 1:** Datos edáficos.

Análisis	Unidad	Profundidad (cm)	
		0 – 20	20-40
pH (1:2,5)		5,86	5,9
Carbono	[%]	2,01	
Materia Orgánica	[%]	3,47	
Nitrógeno total	[%]	0,173	
Nitratos	[ppm]	33,2	22,5
Fósforo	[ppm]	14,33	

### 4.3. Diseño del ensayo y preparación del suelo

Se realizó un diseño experimental en parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal fueron los tratamientos de inoculación. Se inoculó con *D. tritici-repentis*, de modo de generar un gradiente de enfermedad realizando tres tratamientos de inoculación: 1- sin inóculo y aplicación de fungicida -SI-, 2-con baja concentración de inóculo -BCI- ( $3 \times 10^2$  esporas.ml<sup>-1</sup>), 3- con alta concentración de inóculo -ACI- ( $3 \times 10^3$  esporas.ml<sup>-1</sup>). Las sub-parcelas fueron diez genotipos de trigo de ciclo intermedio-largo y similar ciclo ontogénico seleccionados de la Red Oficial de Ensayos Territoriales (RET) en años previos por poseer diferente susceptibilidad a *D. tritici-repentis*. Los cultivares que se utilizaron son Klein Yarará, Klein Guerrero, Baguette 11, Baguette 17, Baguette 18, BioINTA 3004, ACA 303, ACA 315, Buck SY 100 y Sursem LE 2330.

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, realizándose además un barbecho químico con glifosato. La siembra se llevó a cabo en el mes de junio, utilizando una sembradora experimental con un distanciamiento de 20 cm entre líneas y una densidad de 250 pl.m<sup>-2</sup> (Figura 2 a). El tamaño de las parcelas fue de 5,50 metros de largo y de 1,4 metros de ancho (7,7 m<sup>2</sup>). Entre las parcelas principales se realizó una inter-siembra de avena (*Avena sativa*) para disminuir el traspaso de inóculo y el efecto bordura (Figura 2 b, c y d). En todas las parcelas se aplicó 100 kg N.ha<sup>-1</sup> (46-0-0), particionados en dos momentos, a la siembra y a fines de macollaje y una fertilización fosforada con fosfato tricálcico granulado (0-20-0) a razón de 50 kg P.ha<sup>-1</sup> a la siembra.



**Figura 2:** a- Siembra del ensayo; b- Tamaño de parcelas (5,5m x 1,4 m); c- Vista parcial de bloque (36 parcelas), d- Vista parcial de la parcela principal de *D.tritici-repentis* en EC39.

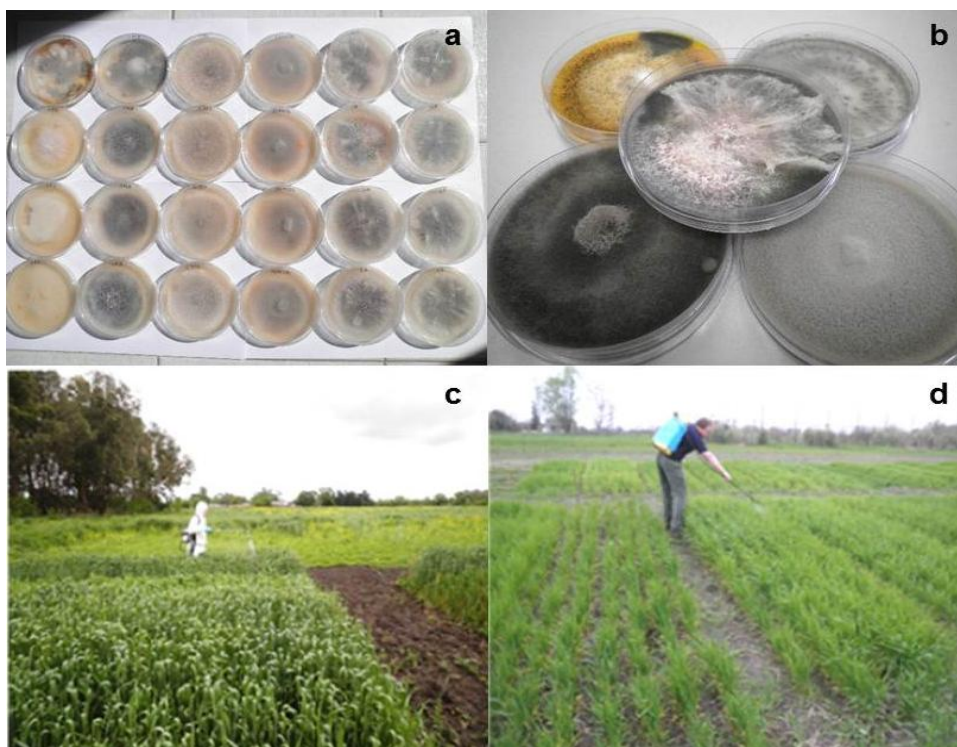
#### 4.4. Preparación del inóculo e inoculación

El inóculo de *P. tritici-repentis* se preparó en caldo V8<sup>R</sup>. 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, siguiendo el protocolo sugerido por Raymond & Bockus, 1982 (Figura 3 a y b). Una vez cumplido ese lapso, se raspó el micelio infectivo y conidios mediante agua destilada y un cepillo y se obtuvo una solución concentrada. De la misma se realizaron diluciones para obtener una de BCI, y otra de ACI, ambas contadas con cámaras de Neubauer.

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) y EC39 (hoja bandera desplegada). Para ambas concentraciones se utilizaron 800 ml de solución (inóculo, agua destilada y coadyuvante –Tween 20, a razón de 0.5 ml.L<sup>-1</sup> 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 d).



En las sub-parcelas que no fueron inoculadas (SI) se realizó la aplicación del fungicida Orquesta™ Ultra (fluxapyroxad 50g.L<sup>-1</sup>, epoxiconazole 50 g.L<sup>-1</sup> y pyraclostrobin 81 g.L<sup>-1</sup>) para disminuir la infección natural y el inóculo proveniente de los otros tratamientos. El producto se aplicó en pleno macollaje (EC23) y en hoja bandera desplegada (EC39) mediante una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano. La tasa de aplicación fue de 140 L.ha<sup>-1</sup> con una dosis de 1,2 L.ha<sup>-1</sup> de producto (Figura 3 c).



**Figura 3.** a y b- Cajas de Petri con colonias de *P. tritici-repentis* utilizadas para la inoculación. c- Aplicación de fungicida en hoja bandera; d- Inoculación con *P. tritici-repentis* en macollaje.

#### 4.5. Determinaciones

Se evaluó: a) la severidad (necrosis y clorosis), mediante estimación visual, expresadas como porcentaje de lesión cubierta por la enfermedad en la hoja. Para esto se evaluaron siete plantas tomadas al azar por cada parcela en los estados de hoja bandera desplegada (EC39) y antesis (EC60), con observaciones sobre todas las hojas con tejido verde. La tercera evaluación se realizó sobre la hoja bandera y en estado de grano pastoso (EC82). Con las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) siguiendo la formula

desarrollada por Shaner & Finney (1977); b) la biomasa aérea en EC39, EC60 y EC95 (cosecha), para lo cual se extrajeron 1,50 m lineales de plantas en cada parcela y se determinó la materia seca aérea mediante secado de una alícuota de 100g en estufa a 60 °C hasta peso constante (aprox. 72 h); c) el rendimiento y sus componentes [número de espigas por metro cuadrado (NEsp.m<sup>2</sup>), número de granos por espiga (NG.E<sup>-1</sup>) y peso de mil granos (PMG)]. Para ello se contaron las espigas en 5,5 metros lineales a cosecha por parcela. Se cosecharon 20 espigas de cada parcela, se contaron los granos y se calculó el peso de mil granos; d) el % de N mediante micro-kjeldahl en antesis y madurez, previa separación del material en parte vegetativa y grano. A partir del porcentaje de N y la materia seca en floración y a cosecha, se determinó el N total acumulado en g.m<sup>-2</sup> en estos estadios. Se calculó el N removilizado desde los órganos vegetativos al grano en post-antesis como:

$$N \text{ vegetativo en antesis (g.m}^{-2}\text{)} - N \text{ vegetativo a cosecha (g.m}^{-2}\text{)}$$

y el N absorbido post-antesis como:

$$N \text{ total a la cosecha (g.m}^{-2}\text{)} - N \text{ total en antesis (g.m}^{-2}\text{)}.$$

El N acumulado en los granos (g.m<sup>-2</sup>) se calculó como:

$$\text{Rendimiento (g.m}^{-2}\text{)} \times (\% \text{ N grano}/100).$$

## 5. RESULTADOS:

### 5.1. Severidad en EC39, EC60, EC82 y ABCPE

En el estadio EC39 no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos de inoculación. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de *Inoculación* en los estadios EC60, EC82 y para el ABCPE y altamente significativa entre los *Cultivares*. A su vez no existe interacción entre los tratamientos de Inoculación x Cultivar para dichos estadios, en tanto que para el ABCPE el nivel de significancia fue cercano al 5% (Tabla 2).

**Tabla 2:** Valores de *p* y Cuadrados medios (ANVA) de severidad para hoja bandera desplegada (EC 39), antesis (EC 60), grano pastoso (EC 82) y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo de trigo inoculado con *D.tritici-repentis*, con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares. Nivel de significancia del 0,05.



Fuente de variación	Grados de libertad	Severidad EC 39	Severidad EC60	Severidad EC82	ABCPE
Tratamiento Inoculación	d.f (2)	0,873 (p=0,618) <sup>T</sup>	1037,25 (p=0,005) <sup>T</sup>	4311,7 (p=0,014) <sup>T</sup>	2109008 (p=0,004) <sup>T</sup>
Error A	4	1,604	41,42	291,5	74704
Cultivar	9	4,076 (p=0,094) <sup>T</sup>	491,99 (p=< 0,001) <sup>T</sup>	1638,1 (p=<0,001) <sup>T</sup>	536694 (p=<0,001) <sup>T</sup>
Inoculación × Cultivar	18	2,018 (p=0,603) <sup>T</sup>	110,47 (p=0,102) <sup>T</sup>	204,3 (p=0,877) <sup>T</sup>	119455 (p=0,065) <sup>T</sup>
Error B	54	2,293	70,26	335,3	69701
Total	89				

El comportamiento de los *Cultivares* para las tres evaluaciones y el ABCPE puede observarse en la Tabla 3. En EC39 los valores de severidad fluctuaron entre 0,49% (Baguette 18) y 2,54% (SY 100). En EC 60 el cultivar que presentó menor porcentaje de severidad fue Klein Guerrero (10,78%), en tanto que LE 2330 (35,89%) fue el que presentó los mayores valores. En cuanto al último estadio analizado el menor porcentaje de severidad lo presentó el cultivar Klein Guerrero con 29,08%, y el mayor porcentaje SY 100 con 69,53%.

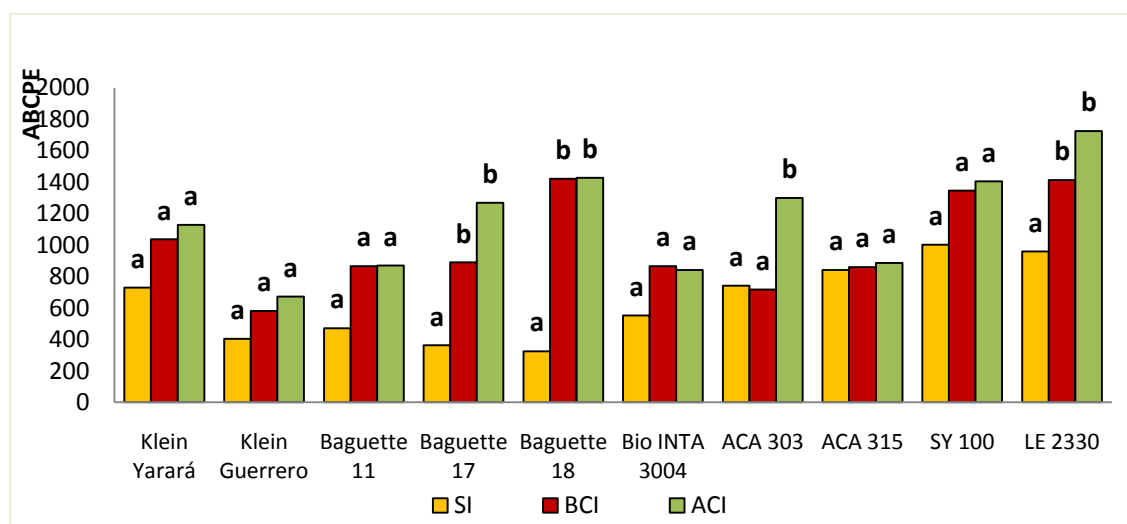
Para el ABCPE los cultivares que se destacaron por un buen comportamiento sanitario fueron Klein Guerrero (552), BioINTA 3004 (752,9) y Baguette 11 (735,3), en tanto que SY 100 (1251) y LE 2330 (1366) fueron los que mostraron los mayores valores de ABCPE (Tabla 3).

**Tabla 3.** Medias de % de Severidad y ABCPE de diez cultivares de trigo en los estadios de hoja bandera desplegada (EC 39), anthesis (EC 60), grano pastoso (EC 82) y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación de *D.tritici-repentis*. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

Cultivar	% Severidad EC39	% Severidad EC60	% Severidad EC82	ABCPE
Klein Yará	0,95 ab	17,56 abc	56,13 cd	963,9 bc
Klein Guerrero	0,87 ab	10,78 a	29,08 a	552,5 a

<b>Baguette 11</b>	1,15 abc	14,67 ab	38,04 ab	735,3 ab
<b>Baguette 17</b>	1,66 abc	14,98 ab	43,62 abc	839,9 bc
<b>Baguette 18</b>	0,49 a	20,89 bcd	56,58 cd	1058 cd
<b>Bio INTA 3004</b>	2,11 bc	15,22 ab	37,51 ab	752,9 ab
<b>ACA 303</b>	0,94 ab	27,22 d	29,49 a	919,3 bc
<b>ACA 315</b>	1,96 bc	22,44 bcd	32,13 a	853,4 bc
<b>SY 100</b>	2,54 c	23,78 cd	69,53 d	1251 de
<b>LE 2330</b>	1,98 bc	35,89 e	52,73 bcd	1366 e

En la Figura 5 pueden observarse la media de ABCPE para la interacción *Inoculación x Cultivar*. Si bien en todos los casos los valores de ABCPE fueron mayores en aquellos tratamientos con mayor concentración de inóculo con respecto a los no inoculados, solo los cultivares Baguette 17, Baguette 18, ACA 303 y LE 2330 presentaron diferencias significativas entre tratamientos de inoculación. Los incrementos en el ABCPE entre los tratamientos con alta concentración de inóculo con respecto al testigo sin inocular fueron: Baguette 18 (339,8%); Baguette 17 (250,2%); ACA 303 (75,42%); LE2330, (79,69%). El resto de los cultivares (Klein Guerrero, Klein Yará, Baguette 17, Bio INTA 3004, ACA 315 y SY 100) no presentaron diferencias significativas.



**Figura 5.** Medias de ABCPE de la interacción *Inoculación x Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

## 5.2. Biomasa en EC39, EC60 y EC95

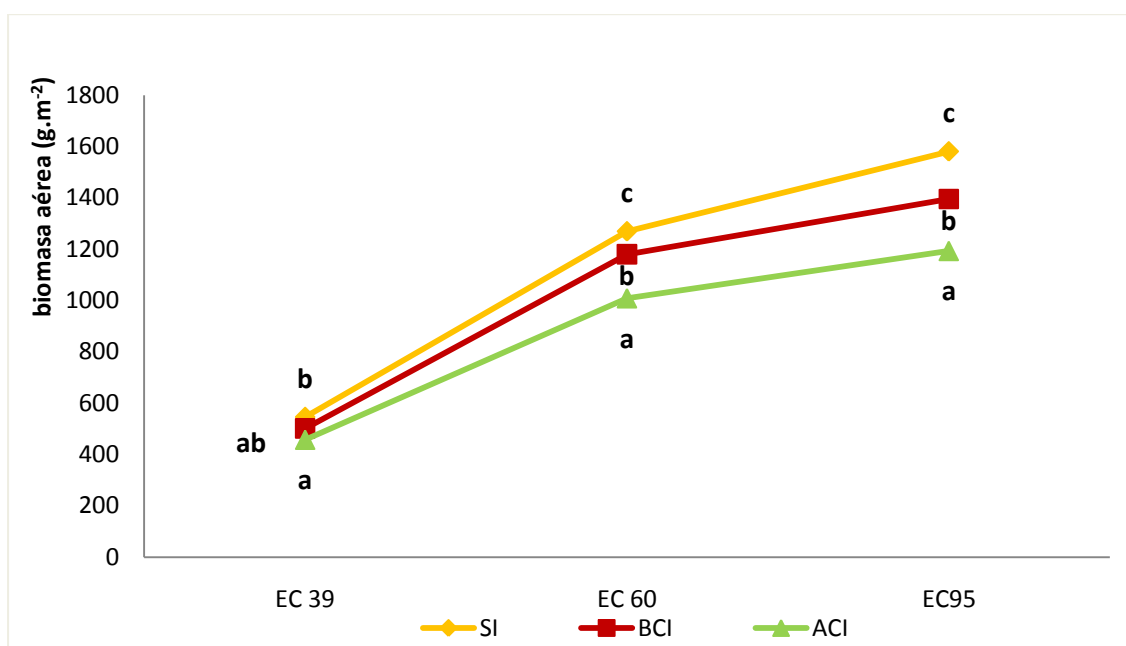
La biomasa presentó diferencias significativas en el tratamiento *Inoculación* en el estadio EC39, mientras que para los estadios EC60 y EC95 se observaron diferencias altamente significativas. En el tratamiento *Cultivar* hubo diferencias significativas para EC39 y EC60 y altamente significativas para EC95. Ninguno de los estadios presentó diferencias significativas en la interacción *Inoculación x Cultivar* (Tabla 4).

**Tabla 4:** Valores de *p* y Cuadrados medios (ANVA) de biomasa para hoja bandera (EC 39), antesis (EC 60), y cosecha (EC 95) en un ensayo de trigo inoculado con *D.tritici-repentis*, con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares. Nivel de significancia del 0,05.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Biomasa EC39	Biomasa EC60	Biomasa EC95
<b>Tratamiento Inoculación</b>	d.f (2)	58585 ( $p < 0,023$ ) <sup>T</sup>	628851 ( $p < 0,001$ ) <sup>T</sup>	1128687 ( $p < 0,001$ ) <sup>T</sup>
<b>Error A</b>	4	5234	9809	11179
<b>Cultivar</b>	9	30826 ( $p = 0,013$ ) <sup>T</sup>	54457 ( $p = 0,028$ ) <sup>T</sup>	69271 ( $p < 0,001$ ) <sup>T</sup>
<b>Inoculación × Cultivar</b>	18	6309 ( $p = 0,922$ ) <sup>T</sup>	14796 ( $p = 0,862$ ) <sup>T</sup>	6595 ( $p = 0,954$ ) <sup>T</sup>
<b>Error B</b>	54	11594	23571	13597
<b>Total</b>	89			

En la Figura 6 pueden observarse las medias de biomasa aérea para los tratamientos de *Inoculación* en los tres estadios evaluados. En todos los estadios analizados el tratamiento ACI evidenció una reducción en la generación de biomasa respecto al tratamiento SI y con BCI. En EC39 no se evidenciaron diferencias significativas entre el tratamiento de BCI y ACI, pero si la hubo entre este último y el tratamiento protegido (SI), detectándose una caída del 16,1% en la producción de biomasa.

En las dos mediciones restantes realizadas en EC60 y EC95 hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos, siendo la disminución de biomasa en EC60 de un 20,53% y en EC95 de un 24,52% cuando fueron comparados los tratamientos ACI y SI.



**Figura 6.** Medias de biomasa aérea ( $\text{g.m}^{-2}$ ) de tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* en diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, LSD ( $P=0.05$ ).

Las medias de biomasa aérea para el factor *Cultivar* se presentan en la Tabla 5. Se observa que en EC39 los valores variaron entre  $591,6 \text{ g.m}^{-2}$  (ACA 303) y  $392,6 \text{ g.m}^{-2}$  para Baguette 11. En EC60 el cultivar que mayor biomasa acumuló fue SY 100 ( $1272 \text{ g.m}^{-2}$ ), en tanto que Klein Yarará fue el que presentó los menores valores ( $1060 \text{ g.m}^{-2}$ ). En EC95 Baguette 17 fue el cultivar que mayor materia seca acumuló ( $1544 \text{ g.m}^{-2}$ ), y Klein Yarará el que tuvo menor acumulación ( $1273 \text{ g.m}^{-2}$ ) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Medias de Biomasa aérea ( $\text{g materia seca.m}^{-2}$ ) de diez cultivares de trigo en los estadios de Hoja bandera (EC 39), antesis (EC 60) y cosecha (EC 95) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación de *D.tritici-repentis*. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD ( $P=0.05$ ).

Cultivar	Biomasa EC39	Biomasa EC60	Biomasa EC95
Klein Yarará	519,0 bcd	1060 a	1273 a
Klein Guerrero	442,7 ab	1144 abc	1319 abc
Baguette 11	392,6 a	1068 a	1289 ab
Baguette 17	541 bcd	1270 bc	1544 f
Baguette 18	463 abc	1251 bc	1449 def

<b>Bio INTA 3004</b>	553,4 cd	1159 abc	1397 bcde
<b>ACA 303</b>	591,6 d	1127 abc	1354 abcd
<b>ACA 315</b>	529,5 bcd	1141 abc	1372 abcd
<b>SY 100</b>	508,9 bcd	1272 c	1496 ef
<b>LE 2330</b>	478,9 abc	1126 ab	1404 cde

### 5.3. Rendimiento

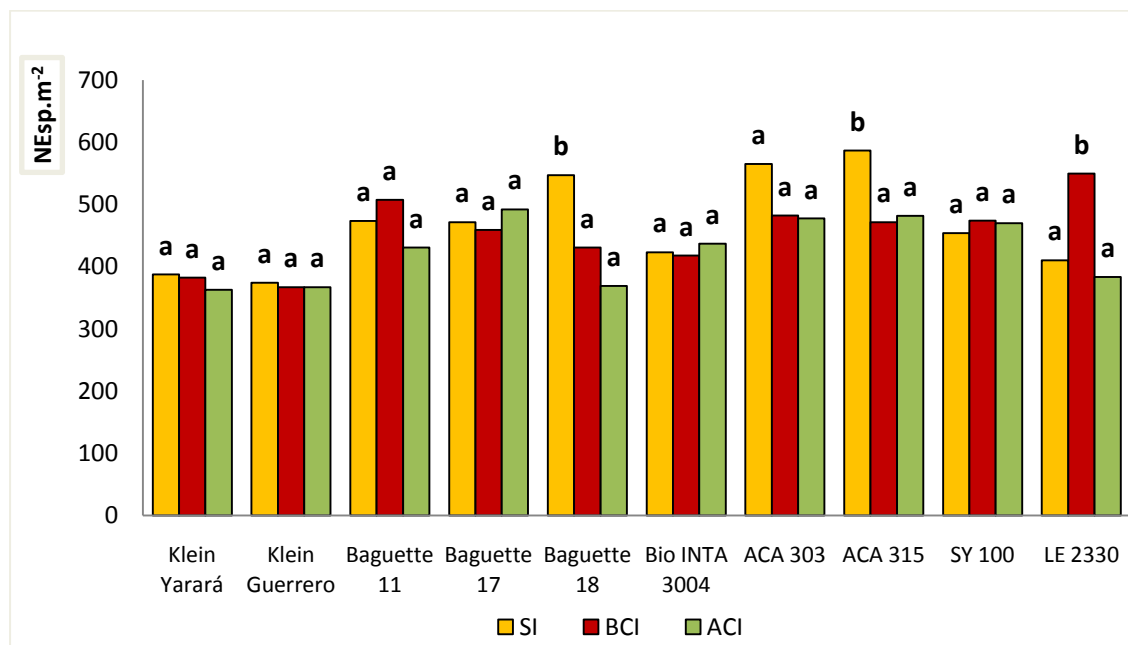
El análisis de la varianza para el rendimiento y sus componentes, es decir, el NEsp.m<sup>-2</sup>, el NG.E<sup>-1</sup> y el PMG se presenta en la Tabla 6. Puede verse que el NEsp.m<sup>-2</sup>, el PMG y el rendimiento presentaron diferencias significativas para la interacción *Cultivar x Inoculación*, mientras el NG.E<sup>-1</sup> presentó diferencias significativas para el tratamiento *Inoculación y Cultivar*.

**Tabla 6:** Cuadrados medios de rendimiento y sus componentes, NEsp.m<sup>-2</sup>, NG.E<sup>-1</sup>, PMG en un ensayo de trigo inoculado con *D.tritici-repentis*, con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares. Nivel de significancia del 0,05.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>NEsp.m<sup>-2</sup></b>	<b>NG.E<sup>-1</sup></b>	<b>PMG</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>Tratamiento Inoculación</b>	d.f (2)	14056 (p=0,109) <sup>T</sup>	568,5 (p=0,004) <sup>T</sup>	37,33 (p=0,007) <sup>T</sup>	36842921 (p=<0,001) <sup>T</sup>
<b>Error A</b>	4	3455	19,27	1,77	32427
<b>Cultivar</b>	9	21025 (p=<0,001) <sup>T</sup>	157,5 (p=< 0,001) <sup>T</sup>	29,08 (p=<0,001) <sup>T</sup>	2019756 (p=<0,001) <sup>T</sup>
<b>Inoculación x Cultivar</b>	18	7803 (p=0,025) <sup>T</sup>	24,43 (p=0,516) <sup>T</sup>	4,57 (p=0,024) <sup>T</sup>	972390 (p=0,017) <sup>T</sup>
<b>Error B</b>	54	3886	25,44	2,26	458138
<b>Total</b>	89				

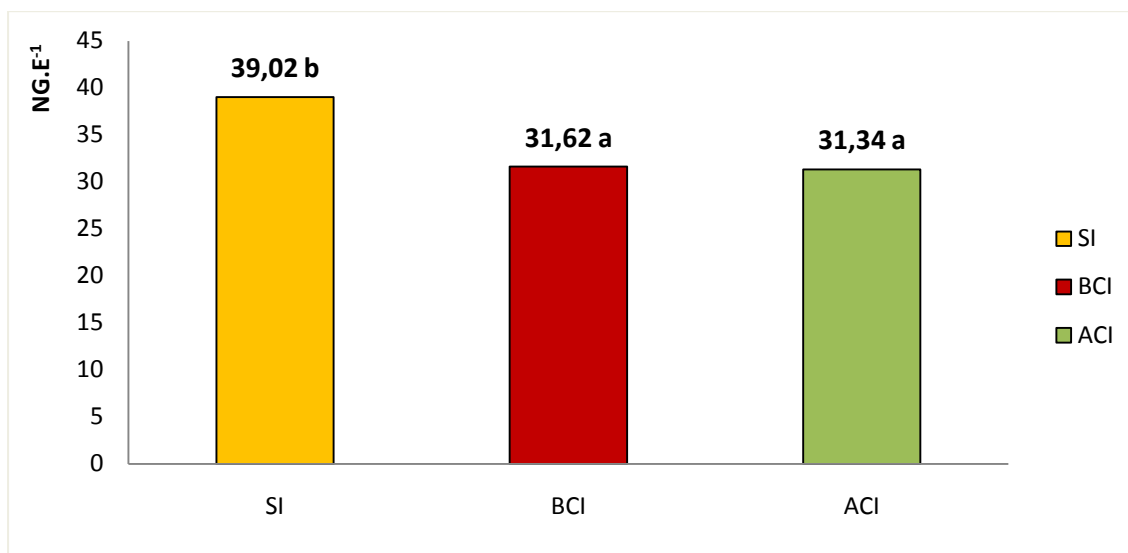
En lo que respecta al número de espigas por metro cuadrado puede observarse en la Figura 7 que sólo los cultivares Baguette 18, ACA 315 y LE 2330 presentaron

diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación. Tanto Baguette 18 como ACA 315 presentaron diferencias en el tratamiento SI con respecto a los tratamientos BCI y ACI, mientras que en LE 2330 la diferencia se presentó entre el tratamiento BCI y los tratamientos SI y ACI, probablemente debido a un error experimental.



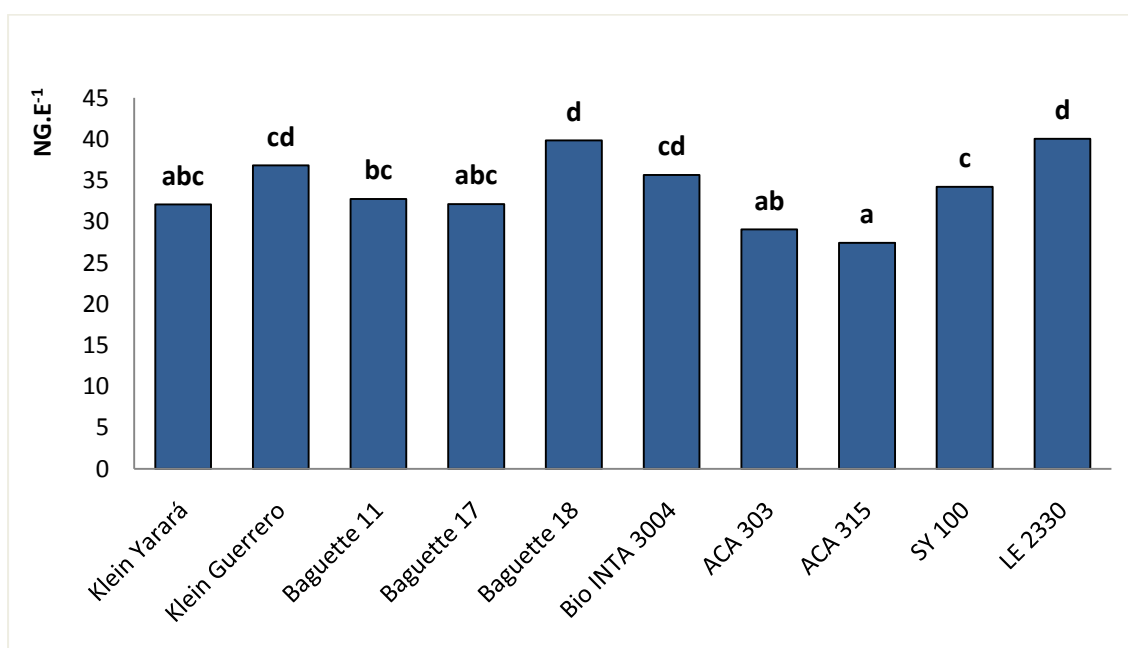
**Figura 7.** Medias de NEsp.m<sup>-2</sup> de la interacción *Inoculación* × *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

En la Figura 8 se presentan las medias del NG.E<sup>-1</sup> para el factor *Inoculación*. En la misma puede observarse que los tratamientos BCI y ACI evidenciaron una disminución de hasta el 19,68 % en el NG.E<sup>-1</sup> respecto al tratamiento SI, siendo la misma significativa. No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos BCI y ACI.



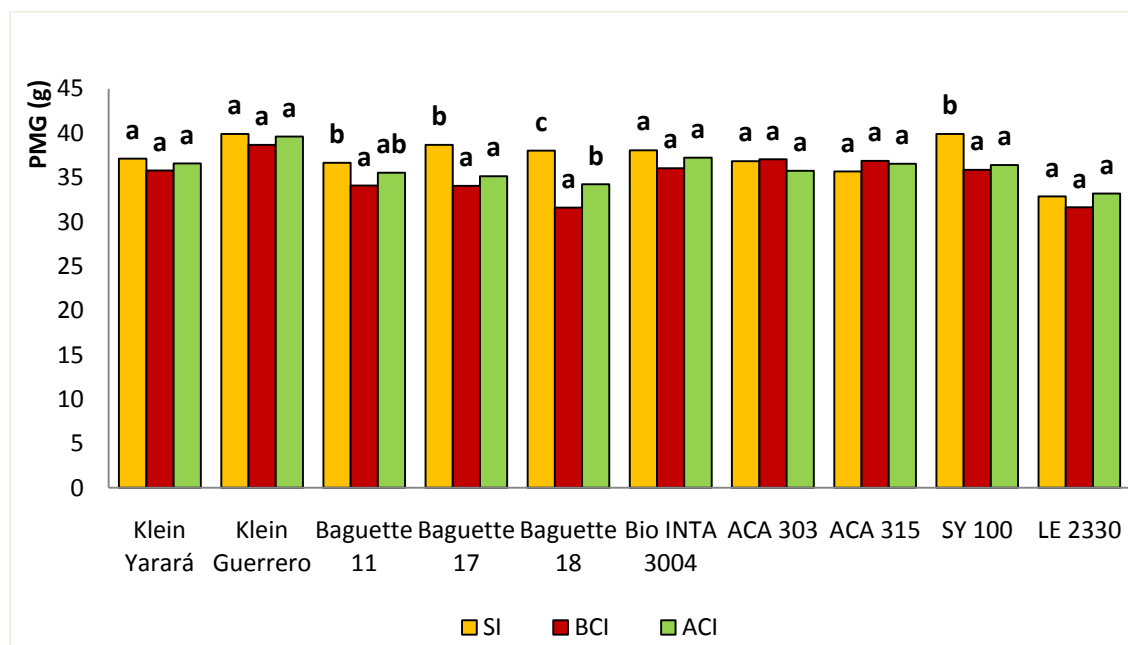
**Figura 8.** Medias de NG.E<sup>-1</sup> para el factor *inoculación* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, LSD ( $P=0.05$ ).

Los diferentes genotipos tuvieron diferencias significativas en el NG.E<sup>-1</sup>, con un rango de valores que fluctuó entre 40,02 granos por espigas para el cultivar LE 2330 a 27,40 granos por espiga para ACA 315 (Figura 9).



**Figura 9.** Medias de NG.E<sup>-1</sup> para el factor *cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, LSD ( $P=0.05$ ).

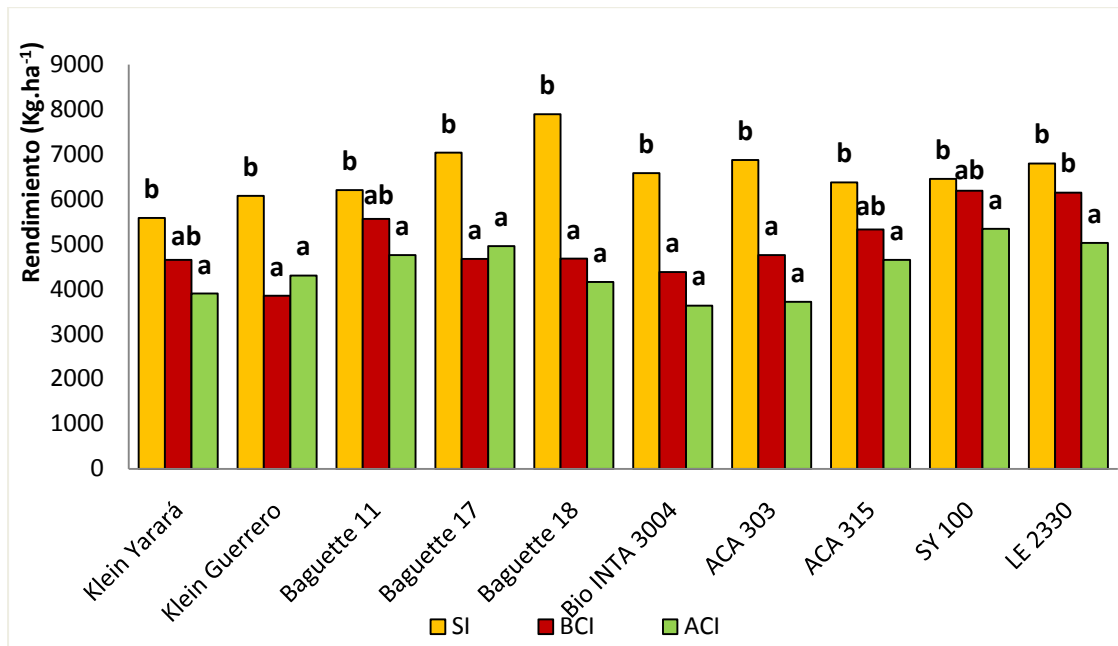
Las medias de PMG, para la interacción *Inoculación x Cultivar*, presentadas en la Figura 10 muestran que solo los cultivares Baguette 17, Baguette 18 y SY 100 presentaron disminuciones significativas en el PMG en los tratamientos inoculados con respecto al sin inocular. Los genotipos que presentaron las mayores disminuciones ante incrementos en la concentración de inóculo fueron Baguette 17 donde el tratamiento con BCI disminuyó un 11,92% y el de ACI un 9,02% con respecto a SI y Baguette 18 con una disminución del 16,91% (BCI) y 10,02% (ACI).



**Figura 10.** Medias de PMG para la interacción *Inoculación x Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

En la interacción *Inoculación x Cultivar*, para el rendimiento, se advierte una disminución en el mismo en los tratamientos inoculados de todos los cultivares respecto a los testigos protegido. Sin embargo, los genotipos Baguette 18 y ACA 303 fueron los que presentaron mayores mermas en el rendimiento, siendo la misma de 47,3% y 45,9% respectivamente, comparando el tratamiento ACI respecto al SI, en tanto que SY 100, Baguette 11 y LE 2330 fueron los que presentaron las menores caídas en el rendimiento ante incrementos en la concentración de inóculo. (Figura 11).





**Figura 11.** Medias de rendimiento de la interacción *Inoculación* × *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Para cada cultivar, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

#### 5.4. Removilización, absorción post-antesis y nitrógeno acumulado en granos

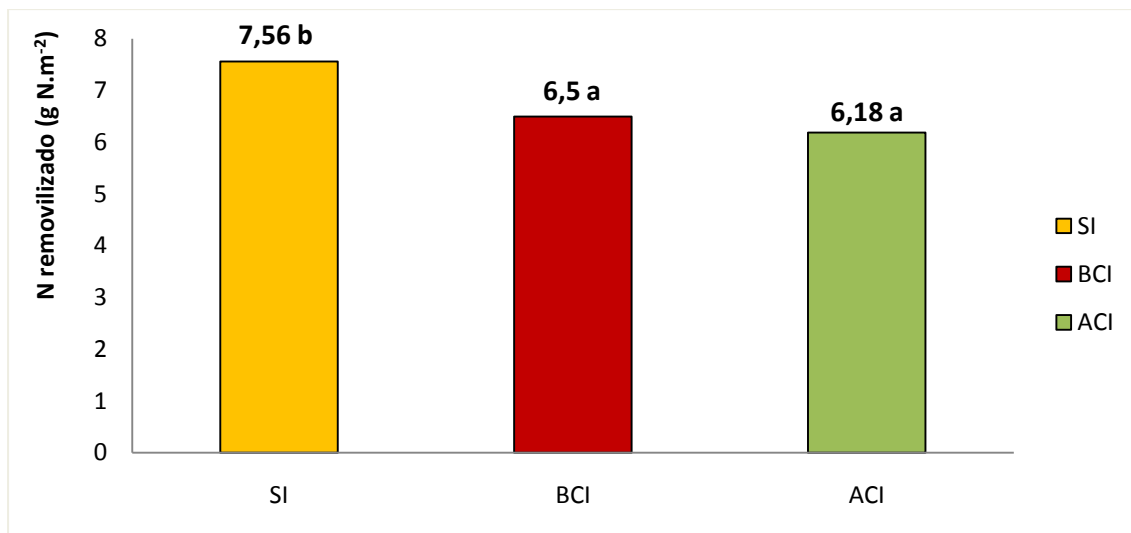
Como se muestra en la Tabla 7, tanto el N removilizado como el N absorbido post-antesis y el N acumulado en granos presentaron diferencias significativas para el tratamiento *Inoculación* y para el tratamiento *Cultivar*, en tanto que no se detectaron diferencias significativas para la interacción *Cultivar* × *Inoculación*.

**Tabla 7:** Cuadrados medios de nitrógeno removilizado, nitrógeno absorbido post-antesis y nitrógeno acumulado en granos en un ensayo de trigo inoculado con *D.tritici-repentis*, con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares. Nivel de significancia 0,05.

Fuente de variación	Grados de Libertad	N removilizado	N absorbido post-antesis	N acumulado en granos
<b>Tratamiento Inoculación</b>	d.f (2)	15,58 (p=0,024) <sup>T</sup>	19,294 (p=<0,001) <sup>T</sup>	69,53 (p=0,003) <sup>T</sup>
<b>Error A</b>	4	1,44	0,292	2,15
<b>Cultivar</b>	9	15,47 (p=0,011) <sup>T</sup>	4,58 (p=< 0,053) <sup>T</sup>	15,12 (p=<0,001) <sup>T</sup>

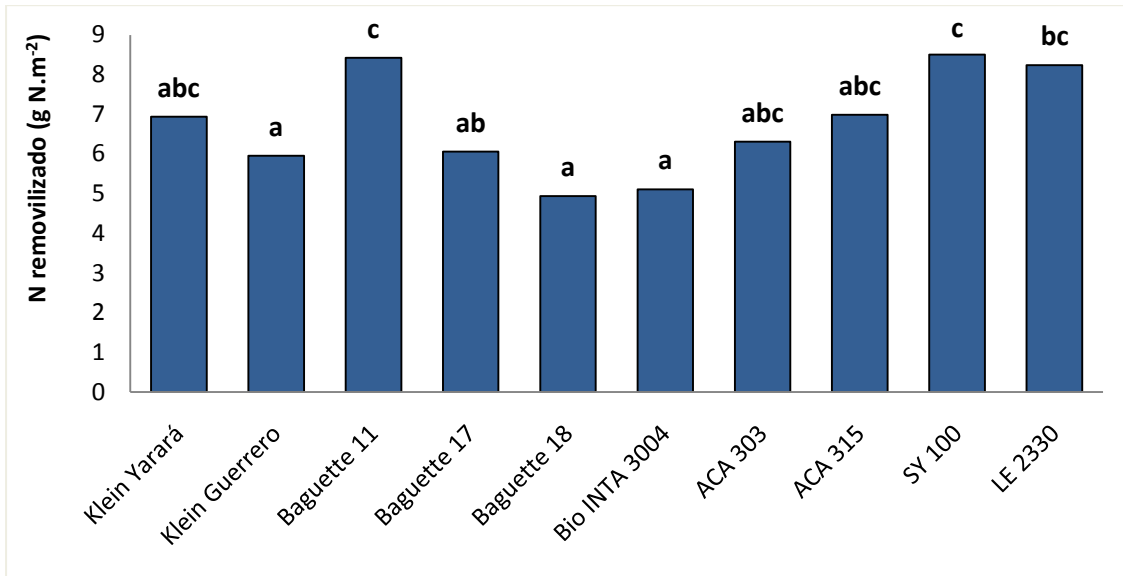
<b>Inoculación × Cultivar</b>	18	3,64 (p=0,852) <sup>T</sup>	0,48 (p=0,99) <sup>T</sup>	3,35 (p=0,557) <sup>T</sup>
<b>Error B</b>	54	5,69	2,25	3,63
<b>Total</b>	89			

En cuanto a la removilización del N se observa en el tratamiento *Inoculación* una disminución de la misma a medida que se aumenta la concentración de inóculo, habiendo diferencias significativas entre el tratamiento SI y los tratamientos BCI y ACI. Estos dos últimos no presentaron diferencias entre sí. La removilización del N en el tratamiento ACI disminuyó un 18,19% respecto al SI (Figura 12).



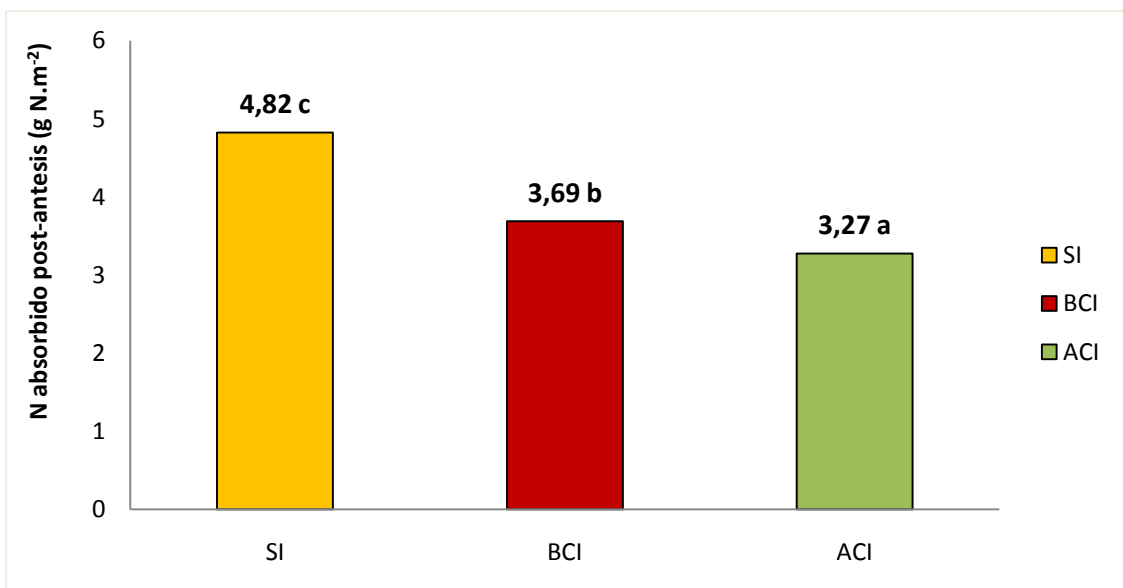
**Figura 12.** Medias de nitrógeno removilizado (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *Inoculación* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

Los distintos cultivares presentaron diferencias significativas en el N removilizado. En la Figura 13 se evidencia que SY 100 (8,51 g N.m<sup>-2</sup>), Baguette 11 (8,42 g N.m<sup>-2</sup>), y LE 2330 (8,25 g N.m<sup>-2</sup>) presentaron los mayores valores, éste último sin diferencia con varios cultivares, mientras que Baguette 18 (4,94 g N.m<sup>-2</sup>), Bio INTA 3004 (5,11 g N.m<sup>-2</sup>), y Klein Guerrero (5,95 g N.m<sup>-2</sup>), los menores, que también fueron significativamente similares a otros cultivares.



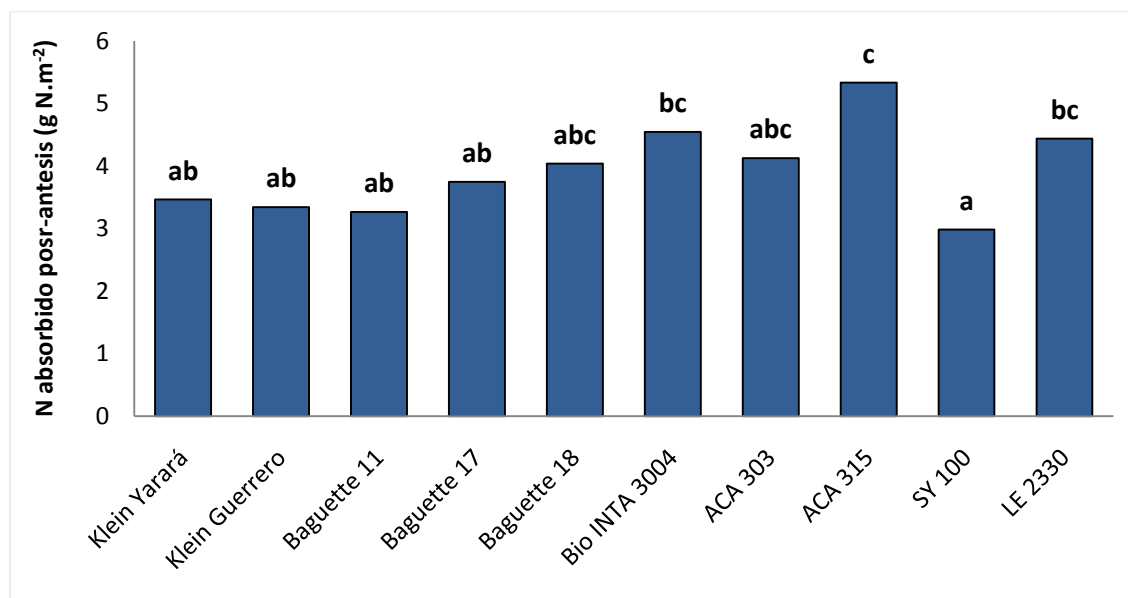
**Figura 13.** Medias de nitrógeno removilizado (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

En la Figura 14 se observa como disminuyó la absorción de N post-antesis a medida que se aumentó la concentración de inóculo. Todos los tratamientos tuvieron diferencias significativas entre sí, siendo la disminución 23,54% (BCI) y 32,1% (ACI) respecto a SI.



**Figura 14.** Medias de nitrógeno absorbido post-antesis (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *inoculación* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

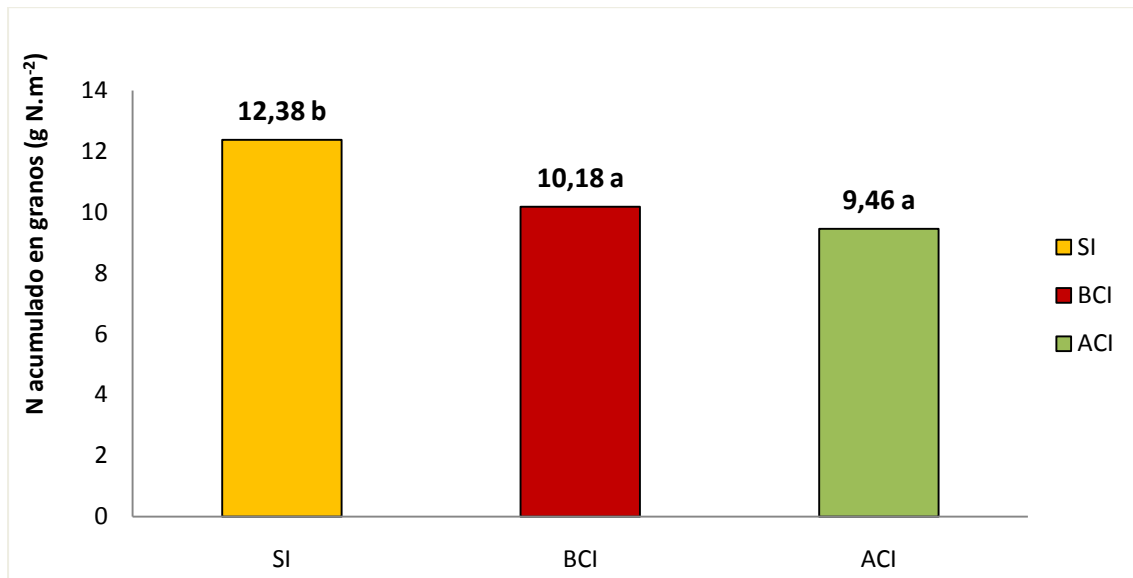
Los distintos genotipos presentaron diferencias significativas en la absorción de N en post-antesis siendo ACA 315 (5,33 g N.m<sup>-2</sup>), Bio INTA 3004 (4,54 g N.m<sup>-2</sup>) y LE 2330 (4,43 g N.m<sup>-2</sup>) los que mayores valores presentaron, que a su vez no difirieron significativamente de otros y SY 100 (2,98 g N.m<sup>-2</sup>) presentó menores valores, no difiriendo de varios otros cultivares (Figura 15).



**Figura 15.** Medias de nitrógeno absorbido post-antesis (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05)

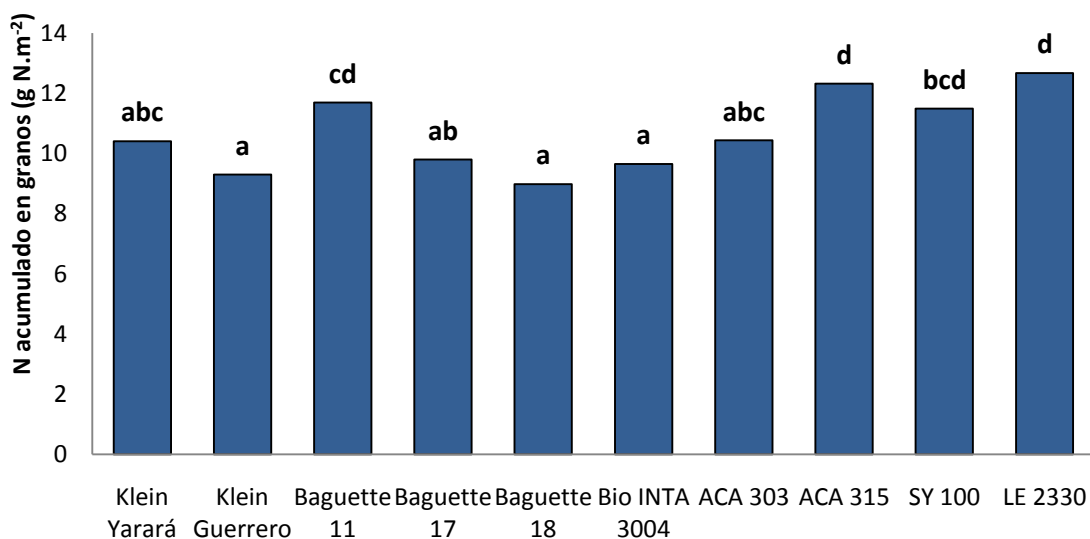
La Figura 16 muestra que a medida que se aumentó la concentración de inóculo el N acumulado en granos disminuyó, habiendo diferencias significativas entre el tratamiento con fungicida y los de BCI y ACI, sin diferencias significativas entre estos dos últimos. El tratamiento ACI presentó una disminución de la acumulación de N del 23,58% y el BCI del 17,77% respecto del tratamiento SI.

Al analizar la contribución de la removilización de N y la absorción post-antesis de N al total acumulado en los granos, se detecta que incrementos en la concentración de inóculo provocaron una reducción en la proporción de N absorbido en post-antesis con respecto al N removilizado. En este sentido, el N acumulado en granos para el tratamiento SI estuvo explicado por una contribución del 61,1% de N removilizado y 38,9% de N absorbido en post-antesis, en tanto que para BCI y ACI la contribución del N absorbido en post-antesis decrece al 36,2% y 34,5%, respectivamente. La contribución del N removilizado en estos dos últimos casos aumenta a 63,8% para BCI y a 65,5% para ACI.



**Figura 16.** Medias de nitrógeno acumulado en granos (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *inoculación* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

El N acumulado en granos presentó diferencias significativas entre los distintos genotipos. LE 2330 (12,67 g N.m<sup>-2</sup>), ACA 315 (12,32 g N.m<sup>-2</sup>), Baguette 11 (11,69 g N.m<sup>-2</sup>) y SY 100 (11,49 g N.m<sup>-2</sup>) fueron los cultivares con mayor acumulación, por otro lado Baguette 18 (8,98 g N.m<sup>-2</sup>), Klein Guerrero (9,3 g N.m<sup>-2</sup>) y Bio INTA 3004 (9,65 g N.m<sup>-2</sup>) los de menor (Figura 17).



**Figura 17.** Medias de nitrógeno acumulado en granos (g N.m<sup>-2</sup>) para el tratamiento *cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *D.tritici-repentis* y diez cultivares de trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas LSD (P=0.05).

## 6. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que la mancha amarilla mostró valores de severidad significativamente más altos, en los estadios EC60, EC82 y ABCPE, a medida que se aumentó la concentración de inóculo, no así para el estadio EC39. Se registraron diferencias altamente significativas entre los cultivares en los estadios EC60, EC82 y el ABCPE. Los inferiores valores de severidad cuando se aplicó el fungicida (tratamiento SI), son consecuencia del control que ejerce este último sobre la enfermedad, incluso, controlando los patógenos de menor importancia que no se observan fácilmente en el campo (Bertelsen *et al.*, 2001) y relacionado con los efectos fisiológicos directos que pueden tener los fungicidas sobre la planta (Grossmann & Retzlaff, 1997), como aumentos en la duración del área foliar verde, el contenido de clorofila y la eficiencia del uso de la radiación de las hojas (Milne *et al.*, 2007).

Incrementos en la concentración de inóculo provocaron reducciones en la generación de biomasa. En este sentido, Waggoner & Berger (1987) y Bancal *et al.*, 2007, afirman que las enfermedades foliares afectan la producción de biomasa al reducir el índice de área foliar total (IAFT) y el índice de área foliar verde (IAFV), asociado con los procesos de senescencia foliar que generan (Bergamin Filho *et al.*, 1997; Jesus Junior *et al.*, 2001; Schierenbeck *et al.*, 2014b; Schierenbeck *et al.*, 2015), pudiendo incluso afectar la supervivencia de macollos (Lim & Gaunt, 1986; Whelan *et al.*, 1997). En coincidencia con este trabajo donde la disminución de la biomasa a cosecha fue del 24,52% comparando ACI y SI, Sharma *et al.* (2004) evaluando el comportamiento a *P. tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en la biomasa a cosecha de 2% a 24% frente a testigos protegidos. También hubo diferencias significativas entre los distintos cultivares siendo Baguette 17 y 18 los que presentaron mayores valores de biomasa a cosecha.

En cuanto al rendimiento, los tratamientos protegidos tuvieron los mayores valores respecto al BCI y ACI. En este sentido, la aplicación de fungicidas ha sido asociada con incrementos de rendimiento debido al mantenimiento de la fotosíntesis del cultivo durante el periodo de llenado del grano (Pepler *et al.*, 2005) ya que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno. Dimmock & Gooding (2002) hallaron que la inclusión de 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. Gooding *et al.* (2000) sugieren que las hojas superiores del canopeo son de particular importancia en la provisión de asimilados al rendimiento de trigo debido a que

son las últimas en senescer; poseen un menor nivel de sombreo con respecto a las hojas restantes pudiendo así interceptar mayores niveles de radiación; y están vascularmente más cerca de las espigas respecto de otras hojas. Lupton (1972) y Verreet & Klink (2002), demuestran que gran parte de los carbohidratos de los granos provienen de la hoja bandera y sostienen que las hojas superiores del canopeo son las que más contribuyen al rendimiento del cultivo de trigo con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que aumentar la duración de área foliar verde de ese estrato se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. En este sentido, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la hoja bandera es por lo tanto importante para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri, 2009). En este trabajo, las disminuciones en el rendimiento por acción de la enfermedad se debieron más a la disminución en el  $NG.E^{-1}$  que a la disminución del  $NEsp.m^{-2}$  y PMG (solo los cultivares Baguette 11, Baguette 17, Baguette 18 y SY100 presentaron disminuciones significativas frente a aumentos en la concentración de inóculo).

Como se mencionó previamente, el rendimiento del cultivo de trigo puede expresarse a través de la cantidad de biomasa generada y la proporción de ésta que es particionada hacia los órganos reproductivos (van der Werf, 1996) o puede ser calculado como el producto de los componentes numéricos que lo conforman ( $NEsp.m^{-2}$ ,  $NG.E^{-1}$  y PMG). El  $NG.E^{-1}$  puede ser reducido debido al efecto que las enfermedades pueden ejercer sobre la tasa de crecimiento del cultivo alrededor de anthesis, etapa crucial para la definición del rendimiento, debido a que el tallo y la espiga crecen en forma conjunta (Fischer, 1985; Madden & Nutter, 1995; Miralles & Slafer, 1999; Borrás *et al.*, 2004). Por otro lado, caídas en el PMG (Wang *et al.*, 2004; Ishikawa *et al.*, 2011) han sido vinculadas a infecciones de patógenos en post-floración que provocan reducciones en la duración del área foliar verde (DAFV) o en la radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAa) durante el llenado de los granos afectando principalmente la tasa de llenado de granos y la duración en el llenado de los mismos en menor proporción (Gooding *et al.*, 2000; Dimmock & Gooding, 2002; Ruske *et al.*, 2003; Robert *et al.*, 2004; Pepler *et al.*, 2005; Serrago, 2010; Serrago *et al.*, 2011). En este trabajo no se detectaron disminuciones en el  $NEsp.m^{-2}$ , esto podría deberse a que la disminución de este componente está asociada generalmente a epifitias en estadios fenológicos tempranos (ej. macollaje) y generalmente relacionada con patógenos que sobreviven en rastrojo (Leitch & Jenkins, 1995; Simón *et al.*, 2002). En este trabajo, las enfermedades tuvieron una baja incidencia en estadios tempranos y presentaron un

mayor desarrollo a partir de EC60, explicada por las condiciones ambientales más propicias para su desarrollo.

Wegulo *et al.* (2012) comprobaron reducciones del 27-42% en el rendimiento frente a infecciones conjuntas ocasionadas por *Py.tritici-repentis* y *S.tritici*. Sharma & Duveiller (2006) reportaron pérdidas en el rendimiento de hasta un 38% ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana*. En tanto que Luz (1984) encontró pérdidas de hasta 43% ante epifitias naturales de estos dos patógenos en Brasil. En un mismo sentido, Rees *et al.* (1982) documentó reducciones en el rendimiento de 49% bajo condiciones favorables para el desarrollo de MA en Australia, en tanto que en Estados Unidos, se reportaron caídas cercanas a 15% en parcelas inoculadas con este patógeno frente a testigos protegidos (Evans *et al.*, 1999). Sharma *et al.* (2004) evaluando la resistencia a *Py.tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en el rendimiento de 2% a 26% frente a testigos protegidos. En Argentina, Carmona *et al.* (1998) verificaron en ensayos de eficiencia de fungicidas un aumento entre 22 y 55% con respecto a testigos enfermos con *Py.tritici-repentis*. En concordancia con lo dicho por los anteriores autores en este ensayo la disminución del rendimiento fue del 32,51% comparando los tratamientos ACI y SI. Baguette 18 y ACA 303 fueron los cultivares que presentaron mayores mermas en el rendimiento, siendo la misma de 47,3% y 45,9% respectivamente, comparando el tratamiento ACI respecto al SI, en tanto que SY 100, Baguette 11 y LE 2330 fueron los que presentaron las menores caídas en el rendimiento ante incrementos en la concentración de inóculo.

En relación a la dinámica del nitrógeno los resultados muestran que el N acumulado en granos disminuyó a medida que se aumentó la concentración de inóculo. La aplicación del fungicida permitió un aumento de la acumulación del 30,9% respecto del tratamiento ACI. La removilización desde la parte vegetativa hacia los granos fue la que mayor porcentaje aportó al nitrógeno acumulado comparando con el N absorbido post-antesis, aumentándose su proporción a medida que se incrementó la concentración de inóculo. Coincidiendo con otros autores, la removilización de N acumulado previo a antesis en la parte vegetativa explicó entre 61-65% del N final en los granos (Simpson *et al.*, 1983; Palta & Fillery, 1995; Kichey *et al.*, 2007; Gaju *et al.*, 2014).

Se ha reportado que entre 8-50% del N encontrado en plantas a madurez proviene de la absorción post-antesis (Spiertz & Ellen, 1978), este rango de datos está explicado por la variabilidad en la humedad del suelo y la disponibilidad de N en el suelo



durante el llenado de granos. En ese sentido, tanto las enfermedades foliares como las que afectan los tallos, pueden restringir la captura de N post antesis y afectar la partición de éste hacia los granos (Rabbinge, 1990). Coincidiendo con lo documentado por Bancal *et al.*, 2008, la proporción de N absorbido en post-antesis presentó una importante caída ante incrementos en la concentración de inóculo de *Py.tritici-repentis*. El N absorbido en post-antesis aportó 38,9% al total de N en granos para el tratamiento SI, en tanto que para BCI y ACI la contribución del N absorbido en post-antesis decreció al 36,2% y 34,5%, respectivamente.

La aplicación de fungicida permitió aumentar la removilización de N respecto a los tratamientos inoculados. Estos datos concuerdan con lo documentado por Bancal *et al.* (2008) que encontraron disminuciones en el N removilizado de hasta el 35 % ante infecciones naturales conjuntas de *Septoria tritici* y *P. triticina*, y son mayores que los valores encontrados por Gooding *et al* (2005) con disminuciones de hasta el 12% ante los mismos patógenos. Esta variable podría estar explicada por un aumento en la producción de biomasa en antesis ante aplicaciones de fungicida con respecto a los tratamientos enfermos.

A su vez se detectaron importantes diferencias genotípicas en la removilización y absorción post-antesis del N.

## 7. CONCLUSIONES

- La mancha amarilla disminuye la generación de biomasa y el rendimiento lo cual se traduce en una disminución de la removilización y absorción post-antesis del N, en tanto que el fungicida incrementa estas variables debido a que aumenta la producción de biomasa y la duración del área foliar.
- Hay variación genotípica en la removilización y absorción post-antesis del N.
- Aumentos en la severidad de *Py.tritici-repentis* provocaron mayores caídas porcentuales sobre la absorción de N que sobre la removilización de N.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Annone, J.G.** 2001. Criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo. Revista de Tecnología Agropecuaria. INTA, EEA Pergamino. 16:16-20.
- 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.
- Arregui, M.C. & Puricelli, E.** 2008. Mecanismos de Acción de Plaguicidas. Dow Agrosiences. pp. 105-105.
- Ash, G.J. & Brown, J.F.** 1990. Yield losses in wheat caused by stripe rust (*Puccinia striiformis* West.) in northern New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture 30: 103–108.
- 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. Annals Bototany 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. European Journal Agronomy. 33: 1–11.
- 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.
- Bergamin Filho, A., Carneiro, S.M.T.P.G., Godoy, C.V., Amorim, L., Berger, R.D. & Hau, B.** 1997. Angular leaf spot of Phaseolus beans: Relationship between disease, healthy leaf area and yield. Phytopathology 87: 506-515.
- Bertelsen, J.R., Neergaard, E. & Smedegaard-Petersen, V.** 2001. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phylloshpere fungi, senescence and yield of winter wheat. Plant Pathology. 50: 190–205.

- 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* 30:275-282.
- Borlaug, N.** 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica*. 157:287-297.
- Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Be´rard, 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. *Crop Science* 45:1427–1431.
- Borras, L., Slafer, G.A. & Otegui, M.E.** 2004. Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 86: 131-146.
- Carmona, M., Cortese, P., Ferrazzini, M. & Permingeat, O.** 1998. Control de la mancha amarilla. *Revista CREA*. 213:54-56
- Carmona, M., Reis, E. Melo. & Cortese, P.** 1999. Manchas Foliares del trigo: Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo. *Gráfica Condal*. Buenos Aires. pp. 32.
- Carretero, R., Serrago R.A., Bancal, M.O. & Miralles, D.J.** 2009. Importancia de las enfermedades foliares durante el período de llenado de granos. Congreso A Todo Trigo 2009. 14 y 15 de Mayo de 2009. Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina.
- 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: 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 En: Para mejorar la producción. EEA Oliveros. INTA Oliveros. N° 25 pp. 67-69.

- Chidichimo H. & Sempé M.E.** 2006. Material de apoyo didáctico para las unidades. Trigo: Origen y Sistemática. UNLP. pp. 9-10.
- Clark, W.S.** 1993. Interaction of winter wheat varieties with fungicide programmes and effects on grain quality. *Aspects of Applied Biology* 36, Cereal Quality III, 397–406.
- Critchley, C.S.** 2001. A physiological explanation for the canopy nitrogen requirement of winter wheat. PhD Thesis. University of Nottingham, UK, 257 pp.
- 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. & Gooding, M. J.** 2000. Predicting the effects of fungicides on wheat grain quality. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases*, pp. 815–820.
- Dimmock, J.P.R.E. & Gooding, M.J.** 2002. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf area. *Journal of Agricultural Science., Cambridge* 138:1-16.
- Duveiller, E., Singh, R. & Nicol, J.** 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica* 157: 417-430.
- Evans, L.T.** 1999. Steps towards feeding the ten billion: a crop physiologists view. *Plant Production Science*. 2:3-9.
- 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. Las perspectivas sobre la producción de cereales en 2014 siguen mejorando. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Último acceso: Junio de 2015.
- Fischer, R.A.,** 1985. Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 105: 447-461.
- 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, M.J., Dimmock, J.P., France, R.E., & Jones, J.** 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology* 136:77-84.

**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.

**Grossmann, K. & G. Retzlaff.** 1997. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *Pesticide Science* 50: 11-20.

**Herrman, T.J., Bowden, R.L., Loughin, T. & Bequette, R.K.** 1996. Quality response to the control of leaf rust in Karl hard red winter wheat. *Cereal Chemistry* 73: 235-238.

**INTA.** Demanda mundial de trigo 2050. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=28237>. Último acceso: agosto 2016

**INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.** Evolución y perspectiva mundial y nacional de la producción y el comercio de trigo. Disponible en: [http://inta.gob.ar/documentos/evolucion-y-perspectiva-mundial-y-nacional-de-la-produccion-y-el-comercio-de-trigo/at\\_multi\\_download/file/INTA%20Evoluci%C3%B3n%20y%20perspectiva%20mundial%20y%20nacional%20de%20la%20producci%C3%B3n%20y%20el%20comercio%20del%20trigo.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/evolucion-y-perspectiva-mundial-y-nacional-de-la-produccion-y-el-comercio-de-trigo/at_multi_download/file/INTA%20Evoluci%C3%B3n%20y%20perspectiva%20mundial%20y%20nacional%20de%20la%20producci%C3%B3n%20y%20el%20comercio%20del%20trigo.pdf). Último acceso: junio 2015.

**Ishikawa, S., Hare, M.C. & Kettlewell, P.S.** 2001. Nitrogen accumulation in grains of wheat in response to strobilurin fungicides. *Aspects of Applied Biology* 64: Wheat Quality 235 - 236.

**Ishikawa, S., Hare, M.C. & Kettlewell, P.S.** 2011. Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*, leaf senescence and yield. *The Journal of Agricultural Science*. pp. 1-16

**Jesus Junior, W.C., Vale, F.X.R., Coelho, R.R., Hau, B., Zambolim, L., Costa, L.C. & Bergamin Filho, A.** 2001. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology* 91: 1045-1053.

- Kelley, K.W.** 1993. Nitrogen and foliar fungicide effects on winter wheats. *Journal of Production Agriculture* 6: 53–57.
- Kremer, M. & Hoffmann, G.M.** 1993. Effekte von Blattinfektionendurch Drechleratritici-repentis auf den Kohlenhydrat- und Stickstoffhaushalt von Weizenpflanzen. *Journal of Plant Diseases and Protection* 100:259-277.
- Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F. & Le Gouis, J.** 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain cor-relate with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*.102: 22–32.
- Leitch, M.H. & Jenkins, P. D.** 1995. Influence of nitrogen on the development of Septoria epidemics in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*. 124, 361-368.
- Lim, L.G. & Gaunt, R.E.** 1986. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in NewZealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. *Plant Pathology* 35: 44-53.
- Lupton, F.G.H.** 1972. Further experiments on photosynthesis and translocation in wheat. *Annals of Applied Biology*. 71: 69-79.
- Luz, W.C. da.** 1984. Yield losses caused by fungal foliar wheat pathogens in Brazil. *Phytopathology* 74: 1403–1407.
- Madden, L.V. & Nutter, F.W.J.** 1995. Modeling crop losses at field scale. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 17: 124-137.
- Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D. & Triboï, E.** 2003. Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiology* 133: 1959–1967.
- McNew, G.** 1960. The nature, origin and evolution of parasitism. In *Plant pathology: An Advanced Treatise*, ed. JG Horsfall, AE Dimond. Madison, WI: University Wisconsin Press. 2: 19-69
- Milne, A., Paveley, N., Audsley, E. & Parson D.** 2007. The effect of fungicides on diseaseinduced yield loss in wheat. A model of the effect of fungicides on diseaseinduced yield loss, for use in wheat disease management decision support systems. *Annals of Applied Biology*. 151: 113–125.

- 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.
- Miralles, D.J. & Slafer, G.A.** 1999. Wheat development. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Product Press, New York, USA, pp. 14-43
- 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*. 135:561-580.
- Oerke, E.C. & Dehne, H.W.** 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection – current situation and future trends. *European Journal of Plant Pathology*. 103:203-215.
- Oerke, E.C. & Dehne, H.W.** 2004. Safeguarding production-losses in major crops and therole of crop protection. *Crop Protection*. 23: 275-285
- 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. *Australian Journal of Agricultural Research*. 46:519–531.
- Pepler, S., Gooding, M.J., Ford, K.E., Ellis, R.H. & Jones, S.A.** 2005. A temporal limit to the association between flag leaf life extension by fungicides and wheat yields. *European Journal of Agronomy*.22:363-373.
- Peterson, R.F., Campbell, A.B. & Hannah, A.E.** 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research* 26:496-500.
- Rabbinge, R., Rossing, W.A.H. & van der Werf, W.** 1990. The bridge function of production ecology in pest and disease management. In: *Theoretical Production Ecology: Reflections and prospects*. Simulation monographs 34. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp.181-195.
- Raymond, P.J. & Bockus, W.W.** 1982. An in vitro technique for profuse sporulation of *Drechslera tritici-repentis*, (Abstr.). *Phytopathology* 72:934.

- 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. *Australian Journal of Agricultural Research* 33: 899-908.
- Rees, I.G. & Platz, G.J.** 1983. Effects of yellow spot of wheat in Southern Queensland. *Australasian Journal of Agricultural Research* 34:39-46.
- Reynolds M.P., Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Berry P.M., Parry M.A.J., Snape, J.W., Angus, W.J.** 2009. Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany* 60: 1899–1918.
- Robert, C., Bancal, M.O. & Lannou, C.** 2004. Wheat leaf rust uredospore production on adult plants: influence of leaf nitrogen content and *Septoria tritici* blotch. *Journal of Phytopathology* 94: 712-721.
- Robert, C., Bancal, M.O., Ney, B. & Lannou, C.** 2005. Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. *New Phytologist*, 165: 227–241.
- Ruske, R.E., Gooding, M.J., Pepler, S. & Froggatt, P.** 2001. Nitrogen accumulation in grains of winter wheat in response to strobilurin fungicides. *Aspects of Applied Biology* 64:, Wheat Quality,p. 227–234.
- Ruske, R.E., Gooding, M. J. & Jones, S.A.** 2003. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars . *The Journal of Agricultural Science*. 140: 395–407
- 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. *Revista Facultad de Agronomía. La Plata*, 102: 175-186.
- Satorre, E.H. & Slafer, G.A.** 1999. *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press NY. USA. p. 503.
- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C. & Simón, M.R.** 2014b. Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 34 (2): 247-250.



- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C., Golik, S.I. & Simón, M.R.** 2015. Dinámica de área foliar verde y producción de biomasa aérea frente a infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja. *Revista Técnica de Cultivos invernales AAPRESID* 2015. 22: 53-61.
- 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* 31:195-203.
- Serrago, R.** 2010. Enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Un enfoque ecofisiológico de sus efectos sobre la generación de biomasa y los componentes del rendimiento. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 138 pp.
- Serrago, R.A., Carretero, R., Bancal, M.O. & Miralles, D.J.** 2011. Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 120: 352–359.
- Shaner, G. & Finney, R.E.** 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67:1051-1056.
- Sharma, R.C., Duveiller, E., Gyawali, S., Shrestha, S.M., Chaudhary, N.K. & Bhatta,** 2004. Resistance to *Helminthosporium* leaf blight and agronomic performance of spring wheat genotypes of diverse origins *Euphytica* 139:33-44.
- Sharma, R.C. & Duveiller, E.** 2006. Spot blotch continues to cause substantial grain yield reductions under resource-limited farming conditions. *Journal of Phytopathology*. 154:482–488.
- Simón, M.R., Perelló, A.E., Cordo, C.A. & Arriaga, H.O.** 1996. Influencia de la infección tardía de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. sobre el peso de mil granos y algunos variables de calidad en *Triticum aestivum* L. *Investigación Agraria*. 11: 161-171.
- Simón, M.R., Perelló, A.E., Cordo, C.A. & Struik, P.C.** 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Science*. 42: 1974-1981.
- Simón, M.R., Fleitas, M.C. & Angeletti, P.** 2012. Efecto del control y residualidad de fungicidas con diferentes mezclas de triazoles y estrobilurinas sobre la roya de la

hoja de trigo. Jornadas Fitosanitarias Argentinas 2012. 3-5 de Octubre de 2012. Potrero de los Funes, San Luis pp. 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.
- Spiertz, 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* 26: 210-231.
- Statista.** 2015. Disponible en :<http://www.statista.com/statistics/237912/global-topwheat-producing-countries/>. Último acceso 16/2/2015.
- 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.
- Verreet, J.A. & Klink, H.** 2002. The biology of fungal pathogens. Vol. 1: Fungal pathogen and diseases of cereals. Department of Plant Pathology, Christian-Albrechts University. Kiel, Germany.
- 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: 7593-7600.
- Waggoner, P.E. & Berger, R.** 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology* 77:393-398.
- Wegulo, S., Stevens, J., Zwingman, M. & Baenziger, P.S.** 2012. Yield Response to Foliar Fungicide Application in Winter Wheat, *Fungicides for Plant and Animal Diseases*, Dr. Dharumadurai Dhanasekaran (Ed.), Available from: <http://www.intechopen.com/books/fungicides-for-plant-and-animal-diseases/yield-response-to-foliar-fungicide-application-in-winterwheat>
- Whelan, H.G., Gaunt, R.E. & Scott, W.R.** 1997. The effect of leaf (*Puccinia hordei*) on yield response in barley (*Hordeum vulgare* L.) crops with different yield potentials. *Plant Pathology* 46: 397-406.
- Wiese, M.W.** 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathological Society. U.S.A. p.106.

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