

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



**Trabajo final de carrera**

“Aplicación de fungicidas y fertilización nitrogenada en trigo: Efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento ante infecciones de *Drechslera tritici-repentis*”

**Carrera:** Ingeniería Agronómica.

**Alumno:** Gastón Ezequiel Burs.

**Legajo:** 25910/8.

**DNI:** 34.170.531.

**Mail:** gastonburs@hotmail.com.

**Alumno:** Teófilo Dubor.

**Legajo:** 25398/5.

**DNI:** 28.472.125.

**Mail:** duborteo@hotmail.com.

**Director del trabajo:** PhD. MSc. María Rosa Simón.

**Co-director del trabajo:** Ing. Agr. MSc. Matías Schierenbeck.

**Fecha de entrega:** 9 de agosto de 2016.

## RESUMEN

El trigo pan (*Triticum aestivum* (L) Thell.) es un cereal básico para la alimentación humana. La mancha amarilla causada por [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.] es una de las enfermedades foliares más importantes del cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de tres dosis de fertilización nitrogenada y tres tratamientos de fungicidas sobre la severidad causada por *D.tritici-repentis* y sus efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento en tres cultivares de trigo. El ensayo se llevó a cabo en el año 2015 en la E.E J. Hirschhorn. Se utilizó un diseño de parcela dividida con tres repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento con fungicida: 1-Sin fungicida (SF); 2- con fungicida triazol + estrobilurina (TE); 3- con estrobilurina + triazol + carboxamida (TEC). La subparcela fueron los tres tratamientos de fertilización nitrogenada: 0N, 70N y 140N. La sub-subparcela fueron 3 genotipos. La severidad presentó reducciones ante incrementos en la fertilización N. Los tratamientos TE y TEC redujeron en forma significativa el avance de la enfermedad, detectándose una asociación positiva entre aumentos en la fertilización N y moléculas fungicidas en la disminución de la enfermedad. La generación de biomasa mostró diferencias significativas para los tratamientos de fertilización, moléculas fungicidas y cultivares. Comparado con el tratamiento SF, la generación de biomasa en EC39 presentó aumentos de hasta 18,5% (EC39), 15,5% en EC60 y 21,2% en EC82 ante el tratamiento TEC. El tratamiento 140N se diferenció significativamente de 70N y 0N. En este sentido, la biomasa se incrementó un 29,9% (EC39), 24,2% (EC60) y 24,7% (EC82) con respecto a 0N. Incrementos en la fertilización nitrogenada provocaron aumentos del 19,7% (70N) y 33,9% (140N) con respecto al tratamiento 0N en el NESP, en tanto que la aplicación de los fungicidas TE y TEC provocaron aumentos en el NESP (8,6%) y NGE (16,9%) con respecto al tratamiento SF. La interacción *Cultivar* × *Fertilizante* evidenció incrementos en el NGE ante aumentos en la fertilización N en los tres cultivares evaluados. El PMG presentó diferencias significativas para la interacción *Cultivar* × *Fungicida*, mostrando importantes diferencias genotípicas en cuanto a respuesta a la fertilización. El rendimiento presentó diferencias significativas entre los tres esquemas de fertilización. En este sentido el tratamiento 70N (+20,1%) y 140N (+35,6%) presentaron importantes aumentos con respecto a 0N. Se presentaron diferencias significativas para la interacción *Cultivar* × *Fungicida*, con incrementos en el rendimiento de hasta 28,5% en ACA 315, 54,4% en Baguette 11 y de 25,6% en ACA 303 cuando el tratamiento TEC y SF fueron comparados.

## ÍNDICE.

	Pg.
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.	5
1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.	6
1.3 Mancha amarilla del trigo: Ecología, ciclo de la enfermedad y sintomatología.	7
1.4 Principales efectos de la mancha amarilla sobre la generación de biomasa y rendimiento en trigo.	8
1.5 Fungicidas como herramienta de manejo en el cultivo de trigo.	9
1.6 Fertilización nitrogenada: Efectos sobre la severidad causada por <i>Drechslera tritici-repentis</i> .	10
1.7 Fertilización nitrogenada: Efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento.	11
<b>2 HIPÓTESIS</b>	<b>12</b>
<b>3 OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>13</b>
4.1 Diseño experimental del ensayo a campo.	13
4.2 Preparación del inóculo e inoculaciones.	15
4.3 Aplicación de fungicidas.	16
4.4. Evaluaciones.	16
4.5. Análisis de los datos.	17
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>17</b>

5.1 Datos climáticos.	17
5.2 Severidad en EC39, EC60, EC82 y ABCPE.	18
5.3 Biomasa aérea en EC39, EC60 y EC95.	25
5.4 Rendimiento y sus componentes.	28
<b>6 DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
<b>7 CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUCCION.

### 1.1 Descripción del cultivo, situación mundial y nacional.

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.), es una gramínea que tiene su origen en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates; actualmente se encuentra difundido en todo el mundo. Las especies más cultivadas son *Triticum aestivum* (trigo pan) y *T. turgidum var. durum* (trigo fideo). Es uno de los tres cereales de mayor producción mundial junto con el maíz y el arroz y el más ampliamente consumido por el hombre. 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). La capacidad de cocción y elasticidad del gluten que contiene su harina, admite la elaboración de una gran cantidad de productos que se consumen a diario, tales como el pan, galletitas, tortas, fideos, etc. que forman parte de las dietas de las diferentes civilizaciones.

En superficie sembrada a nivel mundial, 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 es muy amplia a causa de su gran importancia como fuente de alimento y a su gran variabilidad genética en la respuesta fisiológica al fotoperiodo y temperatura, incluyendo la vernalización. Según estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2016), la producción mundial de trigo en 2015/2016 será de 733 mill t en una superficie sembrada de 218,2 mill ha. Entre los principales productores mundiales de este cereal se encuentran la Unión Europea con 157,2 mill t, China: 130 mill t, India: 88,9 mill t, Rusia: 60,5 mill t y Estados Unidos con 55,8 mill t.

Byrnes & Bumb (1998) estiman que para el año 2025, la producción de trigo deberá superar las 1000 millones de t para suplir la creciente demanda mundial. Teniendo en cuenta esta proyección el rendimiento promedio mundial debería llegar a 4,4 t/ha. Según Slafer *et al.* (1996) la posibilidad de incrementar la producción mundial mediante el aumento de la superficie sembrada parece improbable 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 concuerdan en que el aumento del rendimiento es la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans, 1999; Borlaug, 2007). Si bien se ha documentado que el rendimiento potencial del trigo en seco puede llegar a 16,5 t/ha (Agroptima, 2015), esta situación dista ampliamente del rendimiento promedio mundial, que se encuentra cercano a las 3

t/ha (FAO, 2013).

El cultivo de trigo constituye por detrás del maíz, el segundo cereal en importancia que produce Argentina, aunque la superficie que se le destina y la producción anual son variables (MAGyP, 2011). La producción se concentra en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, que suman en conjunto alrededor del 87 %. Sin embargo, en las últimas campañas su producción se ha extendido en provincias como Corrientes y Formosa, aunque esto no incrementó el total producido (Dirección Nacional de Alimentos e Industria Alimentaria, 2007). En la última década, la producción anual de trigo argentino se mantuvo entre 14 y 16 mill t, exceptuando las campañas 2008/2009, 2009/2010, 2012/2013 y 2014/2015 en las cuales se lograron valores muy inferiores del orden de las 8-9,5 mill t debido a distintos motivos, principalmente climáticos y políticos. En cuanto a superficie implantada el promedio de los últimos 20 años fue de 5,44 millones de hectáreas, con un rendimiento medio de 2,25 t por hectárea, que se ha incrementado en los últimos años (Fyo, 2015).

En la campaña 2015-2016, la producción fue de 9,6 millones de t, en una superficie sembrada de 3,4 millones de ha y un rendimiento promedio de 2,95 t/ha (Bolsa de Comercio de Rosario, 2015-2016). Se estima que para la campaña 2016-2017 se ampliará la superficie a 5,5 mill de ha, lo que implicaría un aumento del 19,5% con respecto a la última campaña (Argent trigo, 2015).

## **1.2 Enfermedades fúngicas que afectan el cultivo de trigo.**

El cultivo de trigo puede ser afectado por un grupo considerablemente amplio de agentes patógenos. Estos organismos parásitos utilizan los tejidos de la raíz, tallos, hojas y espigas para cumplir su ciclo de vida a expensas de la planta (Wiese, 1977; Zillinsky, 1984). Dentro de dichos patógenos se destacan las enfermedades de origen fúngico, principalmente foliares. La importancia de este complejo fúngico aumenta particularmente en relación con las condiciones climáticas del norte de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sur de Córdoba, caracterizadas por inviernos benignos y primaveras lluviosas que favorecen el desarrollo de diversas patologías, entre ellas, roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis* Died Shoemaker/ teleomorfo *Pyrenophora tritici-repentis* Died Drechs), septoriosis o mancha de la hoja (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous/ teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* Fuckel Schroter in Cohn), golpe blanco o fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum* Schwabe), oidio (*Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer *f.sp. tritici/Oidium monilioides*), pietín (*Gaeumannomyces graminis var. tritici*). Por su difusión, frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico,

se considera a estas enfermedades como las de mayor importancia relativa por los daños que ocasionan al trigo (Annone, 2001; Ermácora, 2007).

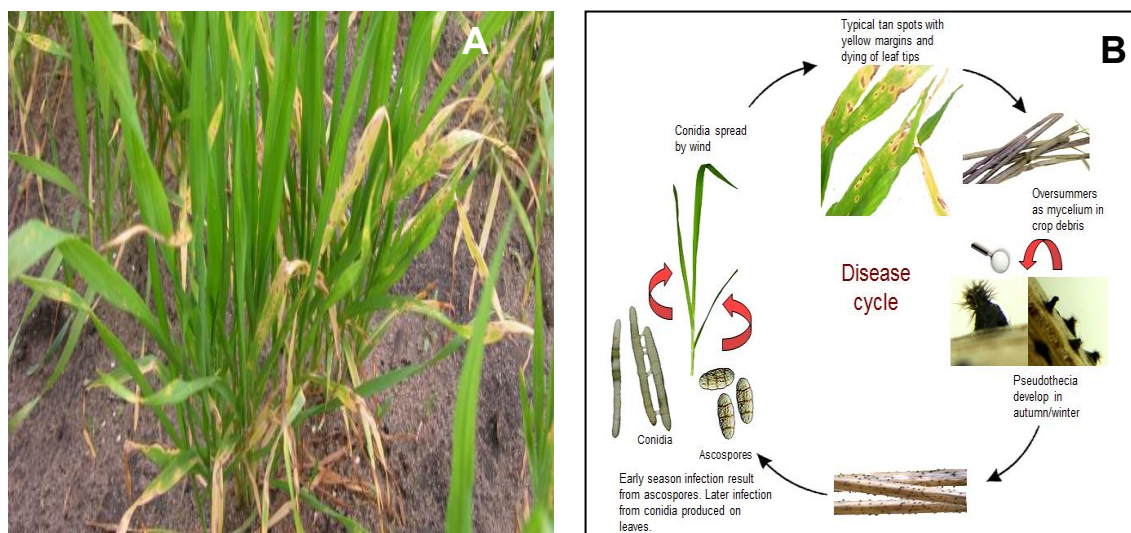
### **1.3 Mancha amarilla del trigo: Ecología, ciclo de la enfermedad y sintomatología.**

La mancha amarilla (MA) es causada por un patógeno necrotrófico que obtiene 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 producida por 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). Es por esto que la MA ocurre todos los años, a diferencia de otras enfermedades fuertemente dependientes del ambiente y, en consecuencia esporádicas, como la fusariosis. (Carmona *et al.*, 1999). En los últimos años la incidencia y severidad de esta enfermedad en trigo ha aumentado, debido principalmente a cambios en las prácticas culturales (prácticas de conservación de suelos incluyendo siembra directa, mínimo y cero laboreo), monocultivo de trigo y susceptibilidad de los cultivares. Existen antecedentes que indican que *D. tritici repentis*, una vez introducida en una determinada área triguera donde existen otros hongos causantes de manchas foliares (como *S. nodorum* y *Z. tritici*), se convierte en el patógeno dominante a lo largo de los años (Wright & Sutton, 1990). En áreas donde se ha evidenciado una disminución de la roya del tallo y de la hoja debido a la liberación de germoplasma resistente, se ha experimentado un incremento en la predominancia de mancha amarilla (Ciuffetti & Tuori, 1999).

El agente causal de la MA se propaga principalmente por medio de esporas (ascosporas y conidios) que se originan en lesiones de plantas de trigo establecidas naturalmente (Figura 1a), 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*, cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*) y avena (*Avena sativa*), entre otros hospedantes (Carmona *et al.*, 1999). 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, donde se ha documentado que la tasa de transmisión a la plántula es de 15,5 % a 75% (Schilder & Bergstrom, 1992; Carmona *et al.*, 1998; Annone, 2001).

El patógeno pasa el invierno en los restos vegetales del hospedante. Los pseudotecios tienen un papel crítico en la epidemiología de la enfermedad ya que maduran en el rastrojo de trigo durante el otoño e invierno y al comienzo de la primavera liberan las ascosporas, que son el inóculo primario de la enfermedad (Figura 1b). Estas son dispersadas por el viento, lo mismo que los conidios que se producen desde la primavera hasta avanzado el verano (Wegulo, 2011).

La sintomatología que provoca la enfermedad está asociada a la producción de manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por las toxinas que secreta el hongo. Las infecciones secundarias forman los típicos puntos de infección castaño oscuro redondeado de un halo amarillo. En condiciones de alta humedad aparecen bandas alargadas con conidióforos de color castaño oscuro con conidios de color claro (Carmona *et al.*, 1999).



**Figura 1:** A- Síntomas causados por *Pyrenophora tritici-repentis*; B- Ciclo de la enfermedad (adaptado de Shankar, 2012).

#### 1.4 Principales efectos de la mancha amarilla sobre la generación de biomasa y rendimiento en trigo.

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, es decir el índice de cosecha (IC) (Van der Werf, 1996). La producción de biomasa, por su parte, está determinada por la cantidad de radiación incidente durante el periodo de crecimiento (Rinc), la eficiencia en la intercepción de radiación (Ei), 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) (Evans *et al.*, 1978). Los patógenos necrotróficos, como el organismo causal de la MA, 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 el rendimiento 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, este tipo de patógenos necrotróficos, afecta principalmente la  $E_i$  por reducciones de la cobertura verde (caída de hojas o muerte acelerada de macollos) y de la intercepción de radiación por área foliar enferma (IAF no verde), que no podrá ser utilizada para la generación de biomasa y consecuentemente, provocando efectos detrimentales en el rendimiento (Carretero *et al.*, 2010; Serrago *et al.*, 2009), en tanto que no se han documentado efectos negativos de este patógeno sobre la EUR (Schierenbeck, 2015).

A nivel mundial, se han documentado mermas de 3 a 53% ante infecciones de este patógeno (Rees & Platz, 1983). En nuestro país, se ha reportado que en ensayos de eficiencia de fungicidas hubo incrementos en el rendimiento de 22 y 55% respecto al testigo enfermo (Carmona *et al.*, 1998, 1999). Siendo escasos los trabajos que evalúan los efectos que produce la enfermedad en la generación de biomasa y su efecto en el rendimiento del cultivo.

### **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 los mismos, ha producido aumentos significativos en los rendimientos y la calidad comercial en el orden del 10-32% respecto al testigo sin control según momento de aplicación, tipo de molécula fúngica y cultivar en relación a las enfermedades foliares (Castellarín *et al.*, 2004). El grupo de fungicidas más utilizado para el control de enfermedades foliares es el de los triazoles, los cuales se caracterizan por su acción sistémica, afectando las membranas de los patógenos mediante la inhibición de la síntesis de los esteroides (ISE). Los triazoles presentan efectividad sobre patógenos foliares (manchas, oidios y royas) y algunos para fusariosis. Las estrobilurinas son otro de los grupos de fungicidas ampliamente utilizados y poseen acción oligosistémica, alteran procesos respiratorios en mitocondrias, inhibiendo la respiración mitocondrial debido al bloqueo de la transferencia de electrones en el complejo del citocromo-bc 1. Dimmock y Gooding (2002) hallaron que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de

enfermedades foliares en trigo, está asociada a aumentos en el rendimiento en grano, peso específico del grano y peso de mil granos. Dichos aumentos estarían relacionados con una prolongación del periodo verde de la hoja bandera. La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que la longevidad de ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. De esta forma, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la hoja bandera es importante para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri, 2009). Las carboxamidas al igual que las estrobilurinas inhiben la respiración mitocondrial, pero a nivel del complejo II (Arregui & Puricelli, 2008). Específicamente inhiben la succinato deshidrogenasa, anulando el crecimiento y la proliferación del hongo. Esta es la razón por la cual las carboxamidas se comportan de manera protectora o preventiva (Carmona & Sautua., 2015 datos sin publicar).

Recientemente se han introducido al mercado fungicidas formulados en una triple mezcla conformada por un triazol, una estrobilurina y una carboxamida. Con esta mezcla, se combinan los efectos preventivos de las estrobilurinas y carboxamidas con el efecto curativo de los triazoles. También se reduce el riesgo de resistencia de los hongos a las estrobilurinas y carboxamidas.

#### **1.6 Fertilización nitrogenada: Efectos sobre la severidad causada por *Dreschlera tritici-repentis*.**

La naturaleza y la cantidad del fertilizante nitrogenado ejercen una considerable influencia en las características epidémicas de los patógenos, inhibiendo o promoviendo su comportamiento (Hanus & Schoop, 1985). La disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo, proveniente tanto de la mineralización de la materia orgánica o el aplicado como fertilizante mineral, puede influir en el desarrollo de las enfermedades de diferentes modos, mientras que, el crecimiento del patógeno puede cambiar la toma/absorción y particionamiento del nitrógeno en la planta. El N aplicado influencia el macollaje y la expansión foliar, que juntos determinan el tamaño del canopeo producido (IAF) y la concentración de N en las hojas. El tamaño del canopeo y la concentración del nitrógeno gobiernan la asimilación neta de la planta al jugar un rol preponderante en la Ei y la EUR del cultivo (Walters & Bingham, 2007). Para la MA diversos investigadores determinaron una disminución de la severidad ante aumentos en la fertilización nitrogenada (Johnston *et al.*, 1979; Huber *et al.*, 1987; Fernández *et al.*, 1997; Annone & García, 2004; Simón *et al.*, 2004; Pastore, 2008) y un aumento en el inóculo potencial ante bajas fertilizaciones de N (Verret, 1995). Sin embargo, otros autores sostienen que esta aparente reducción de la enfermedad por los fertilizantes

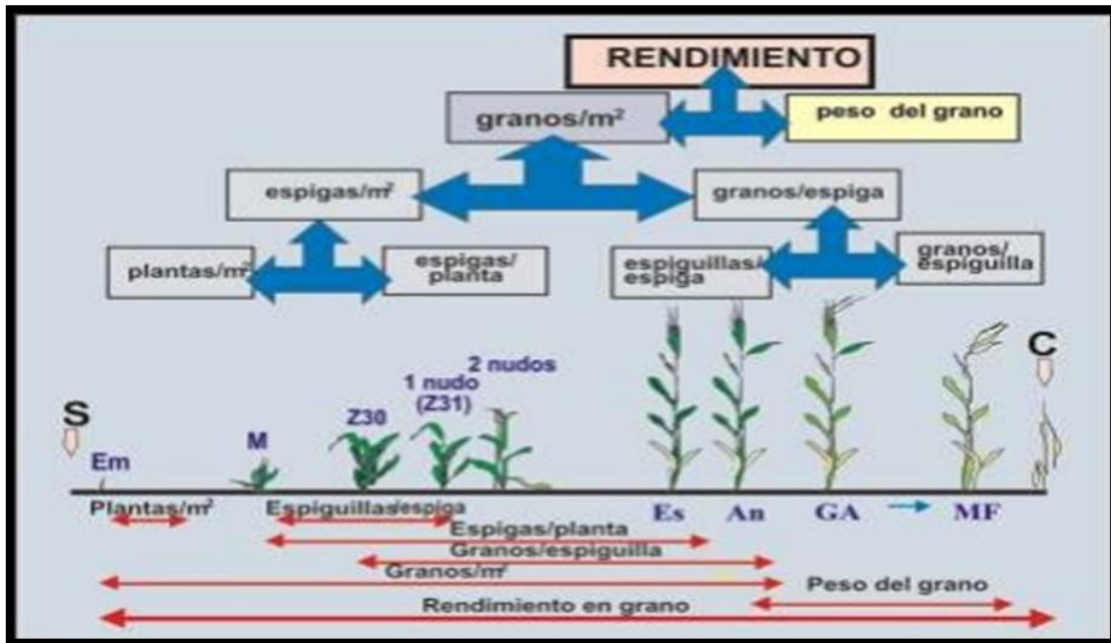
nitrogenados, es debido a un retraso en la senescencia de las hojas y no debido a un efecto directo sobre la mancha amarilla (Bockus & Davis, 1992).

### **1.7 Fertilización nitrogenada: Efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento**

El rendimiento y la calidad del cultivo de trigo está fuertemente influenciado por la disponibilidad, absorción y redistribución del nitrógeno (N) (Barraclough *et al.*, 2010). Cuando el N es limitante, se ha determinado una respuesta a N en producción de materia seca prácticamente lineal a fin del macollaje hasta una dosis de 60 kg de N /ha, o del tipo cuadrático si algún otro factor se hace más limitante que el N (García, 2004). El incremento en biomasa repercute sobre el número de espigas por unidad de área, aunque el mayor impacto se observa en el número de macollos, pues una proporción importante de éstos no llegan a producir espiga. Una alta disponibilidad de N al inicio del encañado puede favorecer la sobrevivencia de los macollos y la formación de espigas. Según García (2004), la fertilización nitrogenada a fin del macollaje puede elevar la sobrevivencia de un 60% a un 80 %, aumentando consecuentemente el número de espigas a cosecha.

Por otro lado, se sabe que una buena disponibilidad de N al finalizar el macollaje puede aumentar la tasa de desarrollo de las flores y su sobrevivencia (Kirby & Appleyard, 1984), y con ello la formación de más granos por espiguilla, lo que explicaría el aumento en el número de granos por espiga. En este sentido, se han documentado que ante dosis altas de N se logró aumentar hasta un 50 % la producción de granos por espiguilla (García, 2004). Una proporción considerable del peso seco del grano proviene de la fotosíntesis luego de la floración (Stoy, 1970) lo que explica la frecuente asociación entre el rendimiento en grano y la duración del área foliar. Las hojas superiores del tallo y aristas hacen una contribución importante al rendimiento. Un 60 % de los hidratos de carbono del grano pueden provenir de la hoja bandera (Marshall & Biscoe, 1982, Reilly, 1990). Una adecuada nutrición con N prolonga la duración del área foliar y puede tener un efecto similar al del control de enfermedades que aceleran la muerte de las hojas. En esos casos se ha determinado que cada día más de duración de la hoja bandera incrementa 200 kg la materia seca/ha (De Vos, 1979).

Con respecto al peso de mil granos, éste frecuentemente se correlaciona negativamente con el rendimiento, debido a que ante una alta disponibilidad de N se incrementa el número de granos/m<sup>2</sup>, lo que aumenta la competencia entre granos por productos de la fotosíntesis durante el llenado de los mismos (García, 2004).



**Figura 2.** Componentes del rendimiento en trigo: secuencia de eventos que definen el rendimiento, en una escala de tiempo arbitraria. S=siembra, Em=emergencia, M=inicio de macollaje, Z30= Zadock30 fin de macollaje, Es=espigazón, An=antesis, GA=grano acuoso, MF=madurez fisiológica, C=cosecha (Adaptado de García, 2004).

Con el desarrollo de este trabajo se pretende evaluar el efecto de tres dosis de fertilización nitrogenada y tres tratamientos de fungicidas sobre la severidad causada por el patógeno necrotrófico *D.tritici-repentis* y sus efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento en tres cultivares de trigo.

## 2. HIPÓTESIS.

- Incrementos en la fertilización nitrogenada producen disminuciones en la severidad causada por *Drechslera tritici-repentis* y aumentos en la producción de biomasa y rendimiento.
- La utilización de fungicidas provoca reducciones variables según el tipo de molécula empleada, en la severidad causada por *Drechslera tritici-repentis* y aumentos en la producción de biomasa y rendimiento.
- Los cultivares presentan una respuesta diferencial a la aplicación de fungicidas.

## 3. OBJETIVOS.

### 3.1 Objetivos específicos.

- Evaluar diferencias en la severidad de la mancha amarilla ante cambios en la disponibilidad de N.
- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en la generación de biomasa y rendimiento.
- Evaluar diferencias en la severidad de MA ante distintos tratamientos de fungicidas.
- Evaluar el efecto de la aplicación de fungicidas en la generación de biomasa y rendimiento.
- Evaluar la interacción entre tratamientos de fertilización nitrogenada y tratamientos fungicidas.

### 3.2 Objetivos generales.

Contribuir al manejo integrado de la mancha amarilla a partir del estudio del efecto de la fertilización nitrogenada, aplicación de fungicidas, el comportamiento sanitario de tres cultivares de trigo y sus interacciones.

## 4. MATERIALES Y METODOS.

### 4.1 Diseño experimental del ensayo a campo.

El ensayo se llevó a cabo en el año 2015 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.

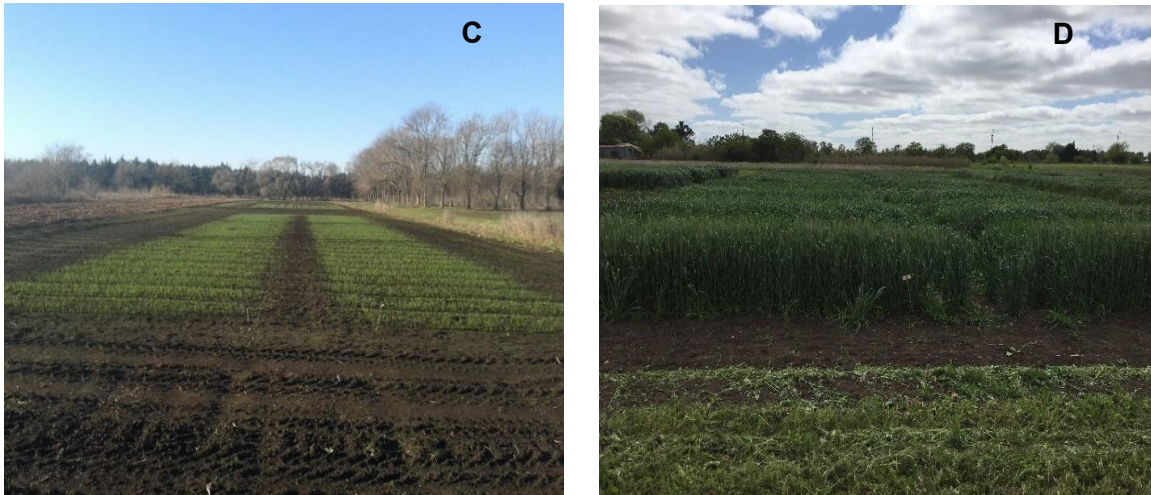
Análisis	Unidad	Profundidad (cm)	
		0 – 20	20-40
pH (1:2,5)		5,86	5,9
Carbono	[%]	2,01	
Materia Orgánica	[%]	3,47	
Nitrógeno total	[%]	0,173	
Nitratos	[ppm]	33,2	22,5
Fósforo	[ppm]	14,33	

Se utilizó un diseño de parcela dividida con tres repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento con fungicida: 1-Sin fungicida; 2- con fungicida (triazol+estrobilurina) en una dosis de  $500 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ; 3- con estrobilurina + triazol + carboxamida en una dosis de  $1200 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . La subparcela fueron los tres tratamientos de fertilización nitrogenada:  $0 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $140 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  (aplicados en forma de úrea en dos dosis aplicadas a la siembra y en Z 32). La sub-subparcela fueron tres cultivares de diferente grupo de calidad panadera ACA 315 (Grupo 1), Baguette 11 (Grupo 2) y ACA 303 (Grupo 3). Las parcelas se inocularon con *Drechslera tritici-repentis*. La dosis de fertilizante se estimó en base al análisis de suelo del lote.

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, además se realizará un barbecho químico con glifosato. La siembra (Figura 3a) se llevó a cabo con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de  $250 \text{ pl. /m}^2$ . Las parcelas experimentales tienen un largo de 5,50 m. y un ancho de 1,40 m. (Figura 3b), siendo la superficie de cada una  $7,7 \text{ m}^2$  y se realizó una intersiembra de avena entre parcelas principales, para disminuir la interferencia entre los distintos tratamientos de fungicidas. La fertilización fosforada se realizó a la siembra mediante la aplicación de fosfato tricálcico granulado (0-20-0) a razón de  $50 \text{ kg/ha}$ .

Durante el ciclo del cultivo se registraron los datos climáticos en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos.



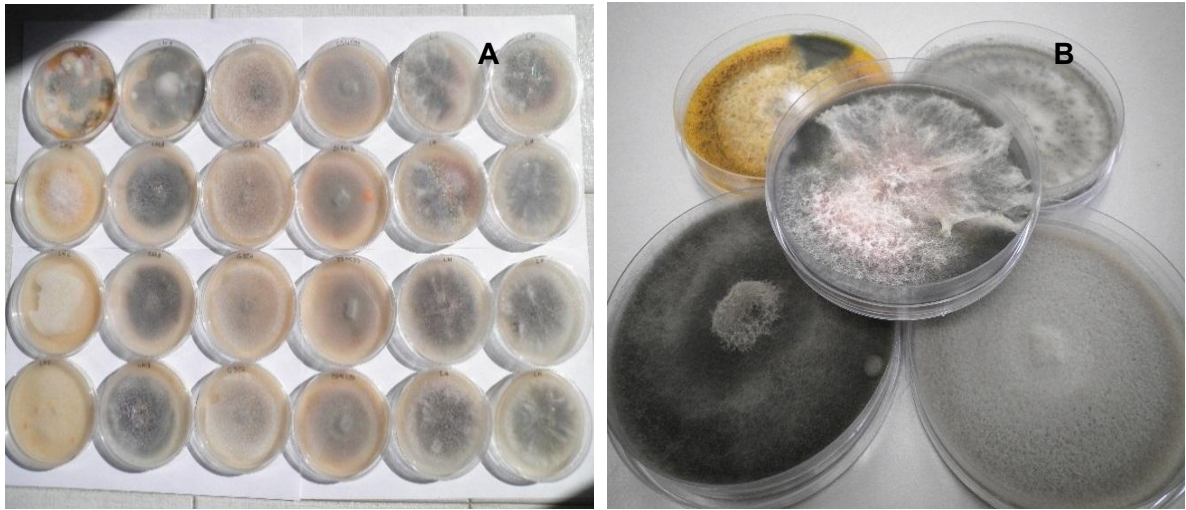


**Figura 3.** A- Siembra del ensayo; B- Tamaño de parcelas (5,5m x 1,4 m); C- Vista parcial de bloque (36 parcelas), D- Vista parcial de la parcela principal de *D.tritici-repentis* en EC60.

#### 4.2 Preparación del inóculo e inoculaciones.

El inóculo de *P. tritici-repentis* se preparó en caldo V8<sup>R</sup> a partir de aislamientos realizados en la Estación Experimental el año anterior, que fue autoclavado y vertido 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 4a y b). Una vez cumplido ese lapso, se raspó el contenido de las cajas mediante agua destilada y un cepillo para extraer el micelio y conidios infectivos y se obtuvo una solución concentrada de la cual se realizaron diluciones para obtener una solución de  $3 \times 10^3$  esporas/ml que es la usualmente recomendada en la bibliografía (Jordahl & Francl, 1992; Ali & Francl, 2003), cuantificada a través de un hemocitómetro (cámara de Neubauer).

La inoculación se llevó a cabo en dos aplicaciones correspondientes a los estadios fenológicos EC24 (fines de macollaje) y EC39 (hoja bandera desplegada) (Zadoks *et al.*, 1974). Se utilizaron 800 ml de solución (inóculo, agua destilada y coadyuvante –Tween 20, a razón de  $0.5 \text{ ml.l}^{-1}$  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 5a). Con el objetivo de disminuir la interferencia de *P. tritici* se realizó la aplicación del fungicida Plantvax (Oxycarboxim, fungicida específico para Basidiomycotas) a razón de 750g/ha en los estadios EC39 y EC60. La dosis de aplicación fue de 200 L/ha.



**Figura 4.** A y B- Cajas de Petri con colonias de *P. tritici-repentis* utilizadas para la inoculación.

#### 4.3 Aplicación de fungicidas.

Se realizó la aplicación del fungicida Orquesta™ Ultra (fluxapyroxad 50g/L, epoxiconazole 50 g/L y pyraclostrobin 81 g/L) u Opera (epoxiconazole 50 g/l y pyraclostrobin 133 g/l) según los distintos tratamientos. Los productos fueron aplicados 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 con una dosis de 1,2 L/ha de producto (Orquesta) y 1L/ha (Opera) (Figura 5b).



**Figura 5.** A - Inoculación con *P. tritici-repentis* en hoja bandera; B- Aplicación de fungicida en hoja bandera.

#### 4.4. Evaluaciones.

Las evaluaciones consistieron en la determinación de la severidad (necrosis y clorosis) mediante estimación visual, expresadas como porcentaje de lesión cubierta por la enfermedad en la hoja. La severidad se evaluó en siete plantas tomadas al azar



por cada parcela. Las evaluaciones se realizaron en hoja bandera desplegada (EC39) inicio de antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) con observaciones sobre todas las hojas con tejido verde. Asimismo, se evaluó la biomasa aérea en los mismos estadios (EC39-60-82) para lo cual se extrajo 1,50 m lineales de plantas en cada parcela, se eliminó las raíces y se pesó obteniendo de esa manera el peso fresco (materia verde), posteriormente se secó en estufa a 60 °C hasta peso constante (aprox. 72 h) y se determinó la materia seca aérea.

A cosecha se evaluó el rendimiento y sus componentes (espigas.m<sup>-2</sup>, granos.espiga<sup>-1</sup> y peso de mil granos). 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.



**Figura 6.** A y B- Cosecha del ensayo.

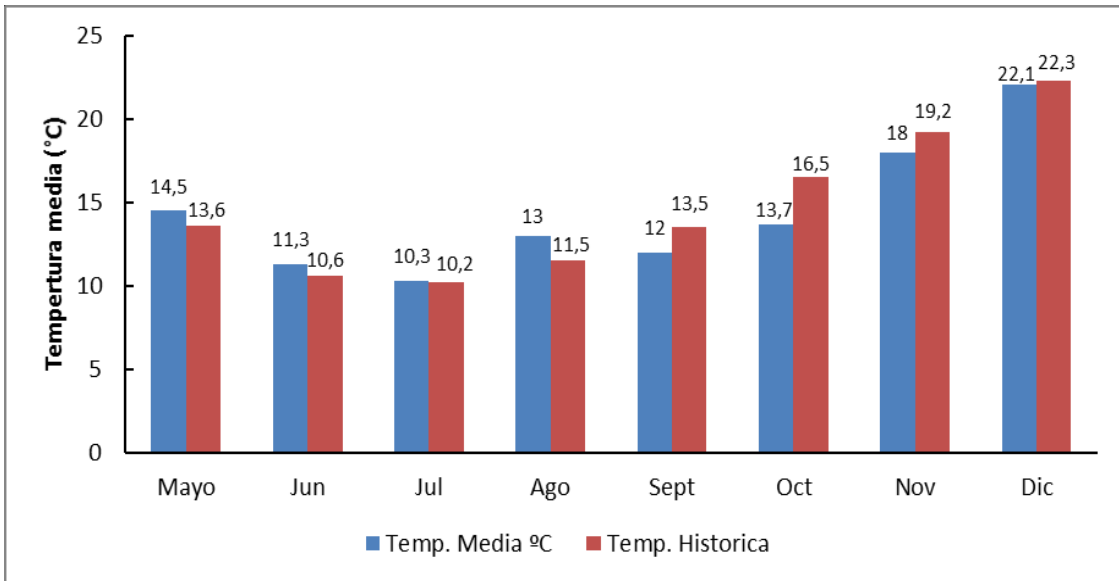
#### **4.5. Análisis de los datos.**

El análisis de datos se realizó mediante un ANAVA para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition. Las medias se compararon mediante el test LSD (P=0,05).

### **5. RESULTADOS.**

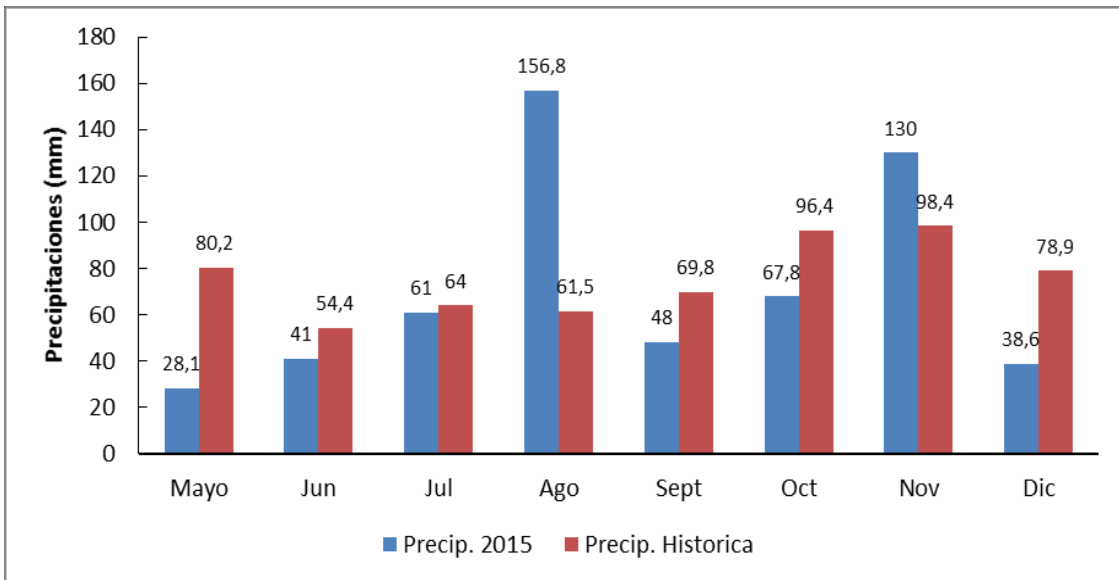
#### **5.1 Datos climáticos.**

Los datos climáticos registrados durante el ciclo del cultivo y los de la serie 1969-2009 se presentan en las figuras 7 y 8. Con respecto a la temperatura media registrada en 2015, se detectaron menores valores (a excepción de agosto) con respecto a la serie histórica (Figura 7).



**Figura 7.** Temperatura media registrada en el ciclo del cultivo y temperatura media histórica (°C).

El registro de las precipitaciones indicó una acumulación en el ciclo del cultivo (julio-noviembre) de 464 mm para 2015, en tanto que para la serie histórica, la media de precipitaciones en este periodo es de 390 mm. Los meses de julio y noviembre presentaron mayores niveles de precipitación en 2015 con respecto a la serie histórica (Figura 8).



**Figura 8.** Registro de precipitaciones en el ciclo del cultivo comparado con precipitaciones medias históricas (mm).

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

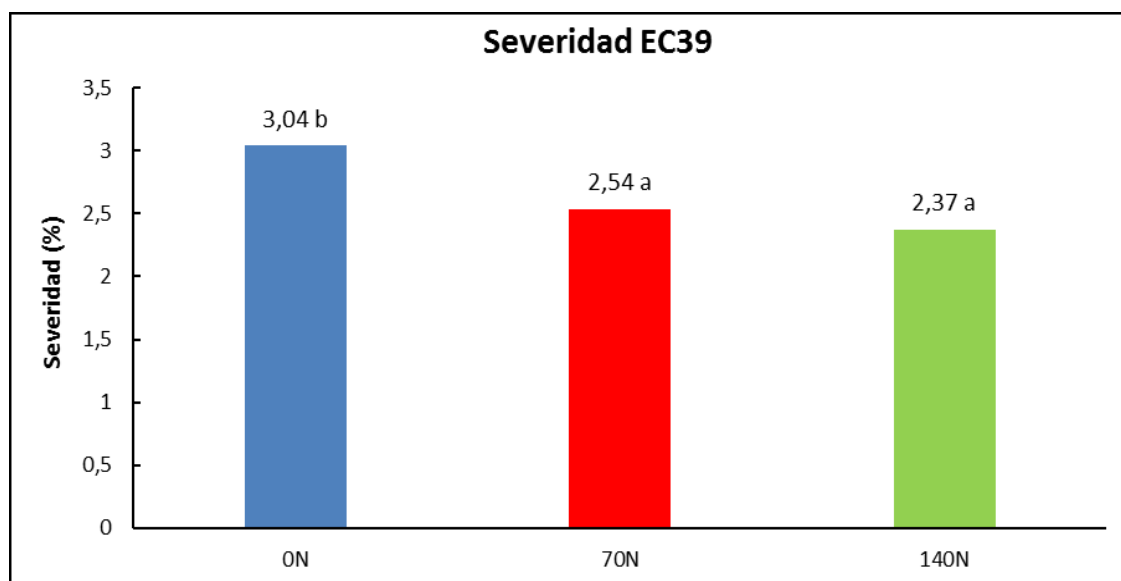
En la Tabla 2 se puede observar que para severidad, los tratamientos de *Fertilización*, *Fungicida*, *Cultivar* y la interacción *Fungicida* × *Cultivar* mostraron diferencias significativas en los tres estadios evaluados y en el ABCPE.

**Tabla 2.** Cuadrados medios y valor de p (ANVA) de severidad para EC 39, EC 60, EC 82 y ABCPE causada por *D.tritici-repentis* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	% Severidad			
		EC39	EC60	EC82	ABCPE
Fungicida (Fung)	2	19,44 (p=0,002)	1587 (p=<0,001)	2367 (p=0,003)	269447 (p=<0,001)
Error A	4	0,495	21,81	67,67	3957
Fertilizante (Fert)	2	3,23 (p=0,002)	196,7 (p=<0,001)	1221 (p=<0,001)	37469 (p=<0,001)
Fung × Fert	4	0,262 (p=0,498)	18,93 (p=0,021)	57,46 (p=0,016)	3074 (p=0,020)
Error B	12	0,293	4,36	12,10	700
Cultivar (Cult)	2	9,96 (p= <0,001)	458,8 (p=<0,001)	402,9 (p=<0,001)	80050 (p=<0,001)
Fung × Cult	4	3,51 (p= <0,001)	93,38 (p=<0,001)	79,75 (p=0,020)	16946 (p=<0,001)
Fert × Cult	4	0,600 (p=0,098)	18,79 (p=0,125)	22,13 (p=0,460)	3244 (p=0,096)
Fung × Fert × Cult	8	0,312 (p=0,382)	9,65 (p=0,455)	7,07 (p=0,963)	1641 (p=0,398)
Error C	36	0,282	9,67	23,89	1517
Total	80				

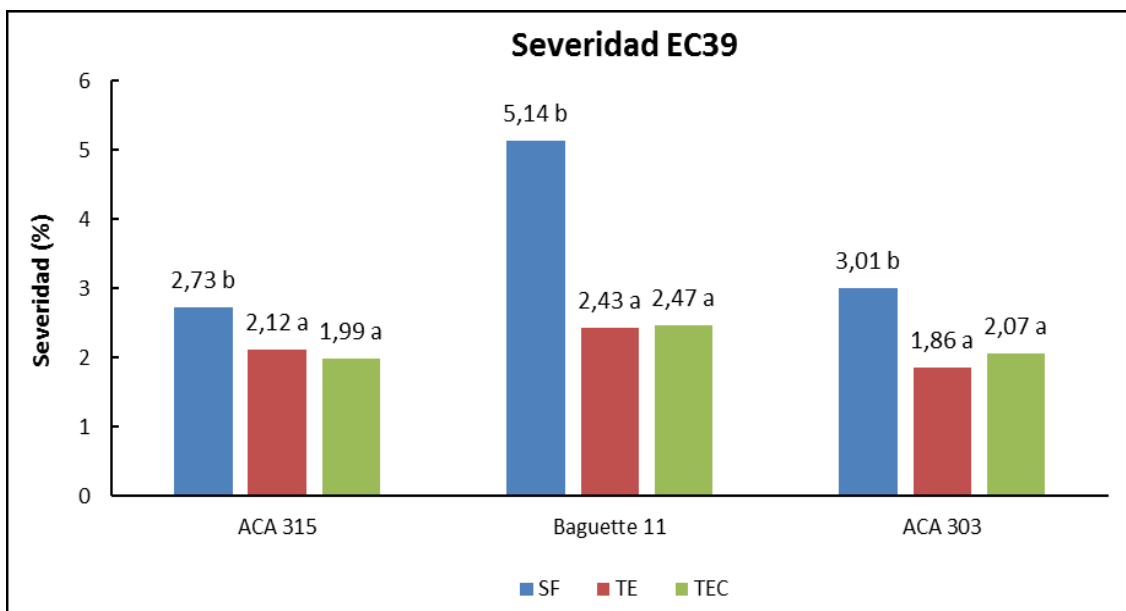
Valores de p<0.05 indican diferencias significativas.

En la Figura 9 se muestra que la severidad en EC39 disminuyó ante incrementos en la fertilización N. En este sentido, el tratamiento 0N se diferenció significativamente de 70N y 140N, que no mostraron diferencias significativas entre sí.



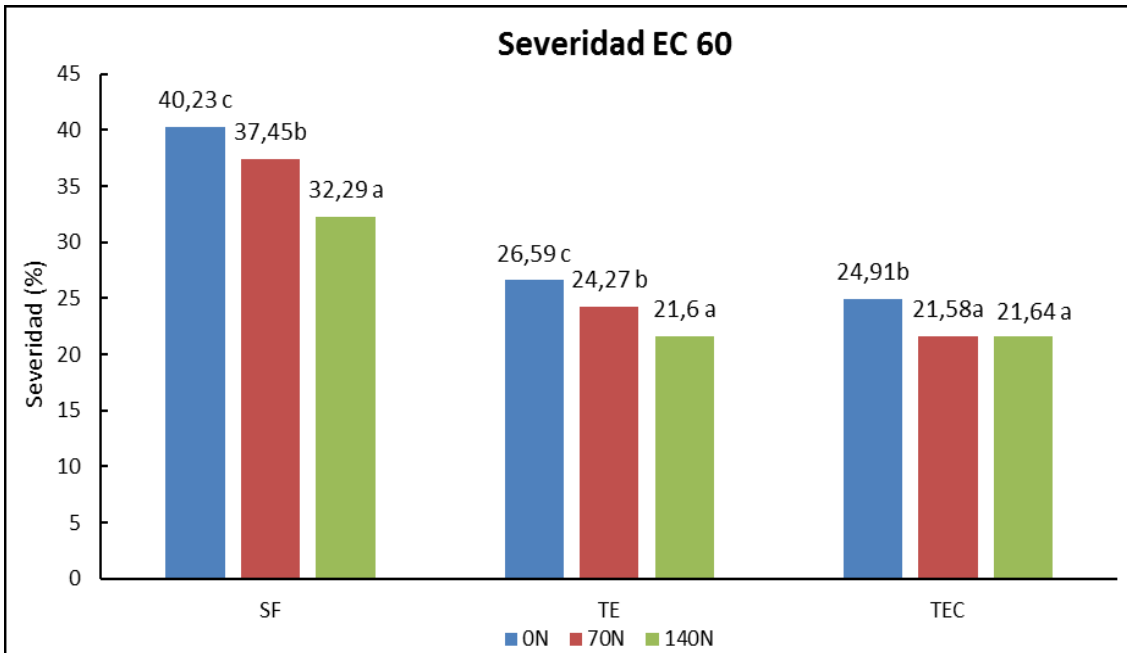
**Figura 9.** Severidad (%) para el estadio EC39 causada por *D.tritici-repentis* para el factor Fertilización, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Para la interacción *Fungicida* × *Cultivar*, se detectó que la severidad en EC39 evidenció los mayores valores en el tratamiento SF en los tres cultivares evaluados, en tanto que los tratamientos TE y TEC redujeron la severidad en este estadio en los tres genotipos, sin presentar diferencias significativas entre estos. Con respecto al comportamiento de los cultivares, Baguette 11 presentó los mayores niveles de severidad en este estadio (Figura 10).



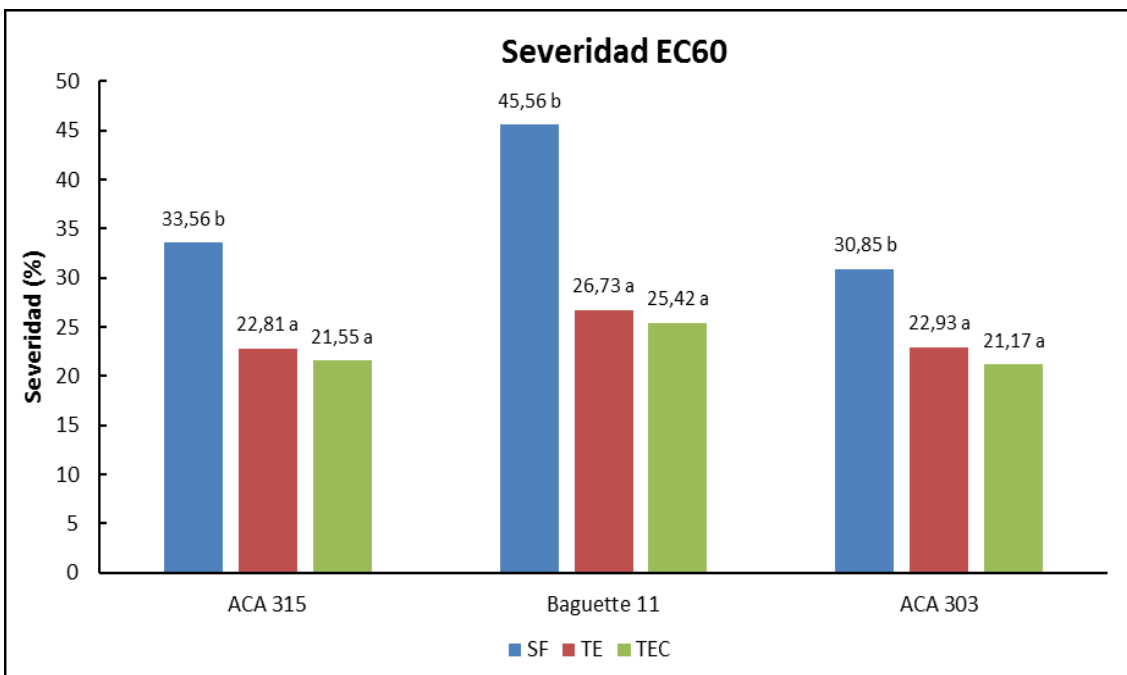
**Figura 10.** Severidad (%) para el estadio EC39 causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida*×*Cultivar*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

La interacción *Fungicida* × *Fertilización* en EC60 mostró importantes reducciones en los niveles de severidad ante los tratamientos TE y TEC y ante incrementos en la fertilización nitrogenada. En este sentido, los tratamientos SF y TE presentaron una reducción en la severidad ante la aplicación de N, mostrando diferencias significativas entre los tres tratamientos de N. En tanto que para el fungicida TEC el tratamiento 0N presentó mayores niveles de severidad con respecto a 70N y 140N, no encontrándose diferencias significativas entre estos dos últimos (Figura 11).



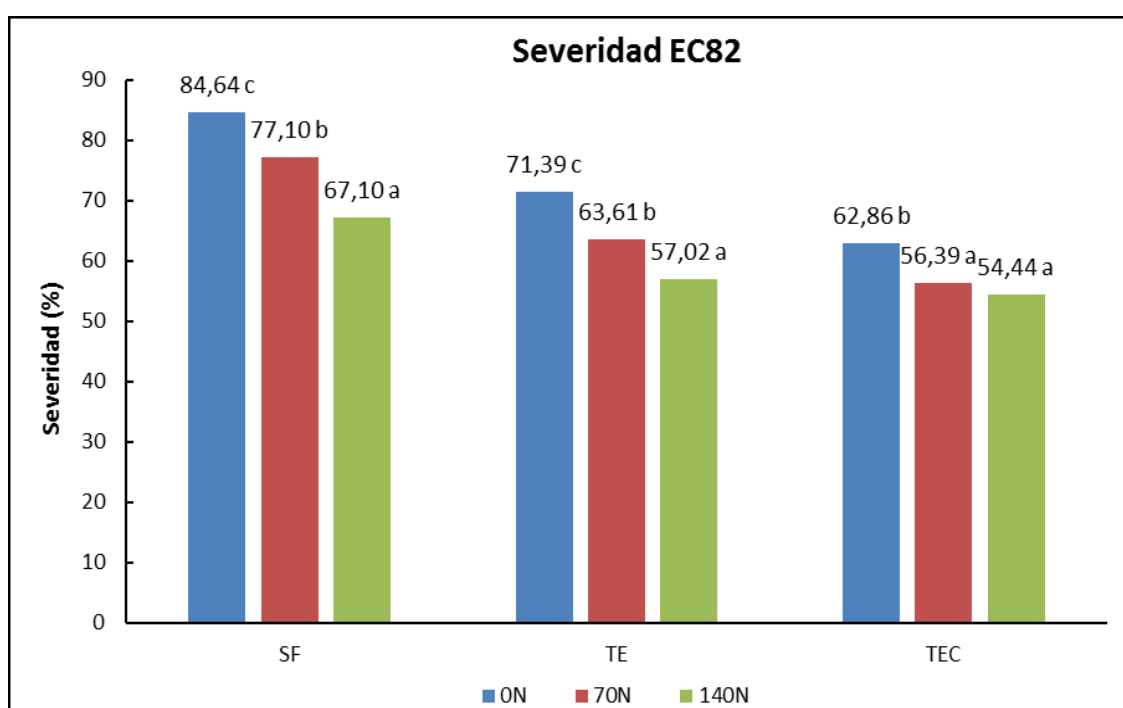
**Figura 11.** Severidad (%) para el estadio EC60 causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Fertilizante*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

En la Figura 12 se indica la interacción *Fungicida* × *Cultivar* para la severidad en EC60. En los tres genotipos evaluados, los tratamientos TE y TEC redujeron los niveles de severidad con respecto a SF, no detectándose diferencias significativas entre las moléculas fungicidas evaluadas. Con respecto al comportamiento de los genotipos, el cultivar Baguette 11 presentó los mayores niveles de severidad para el tratamiento SF con respecto a ACA 303 y ACA 315 (Figura 12).



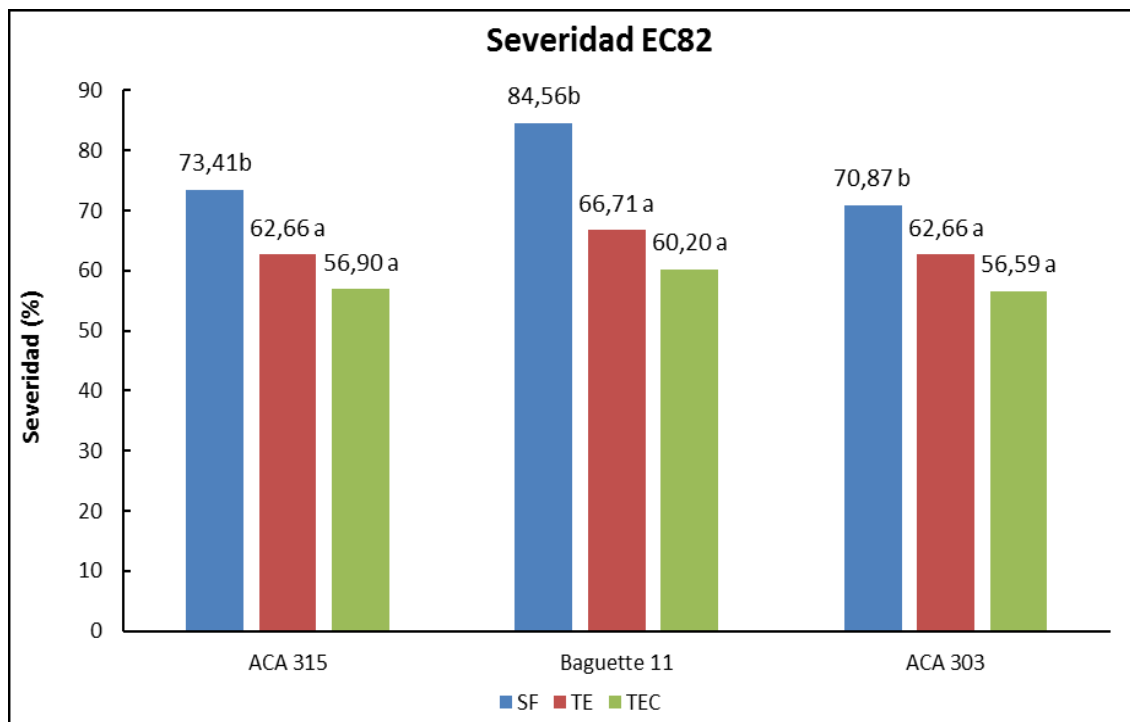
**Figura 12.** Severidad (%) para el estadio EC60 causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Cultivar*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

En EC82, la interacción *Fungicida* × *Fertilización* para la severidad mostró importantes reducciones en los niveles de severidad ante incrementos en la fertilización nitrogenada en los tres tratamientos de fungicida evaluados. En este sentido, el tratamiento SF y TE presentaron una reducción en la severidad ante la aplicación de N, mostrando diferencias significativas entre los tres tratamientos de N, en tanto que para el fungicida TEC se detectó una disminución en el progreso de la enfermedad para los tratamientos 70N y 140N no encontrándose diferencias significativas entre estos (Figura 13).



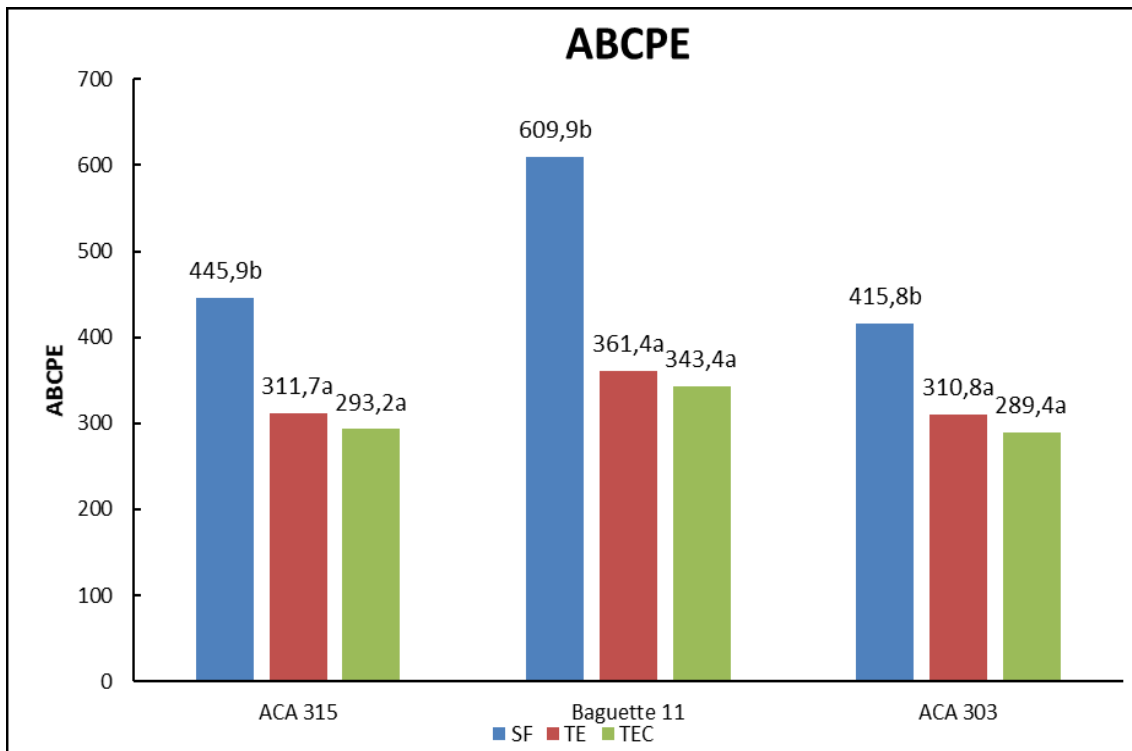
**Figura 13.** Severidad (%) para el estadio EC82 causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Fertilizante*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

La interacción *Fungicida* × *Cultivar* para la severidad en EC82 se indica en la figura 14. En los tres genotipos evaluados, los tratamientos TE y TEC redujeron los niveles de severidad con respecto a SF, aunque no fueron detectadas diferencias significativas entre las moléculas fungicidas evaluadas. Siguiendo la tendencia presentada en EC60, el cultivar Baguette 11 presentó los mayores niveles de severidad para el tratamiento SF con respecto a ACA 303 y ACA 315 (Figura 14).



**Figura 14.** Severidad (%) para el estadio EC82 causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Cultivar*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

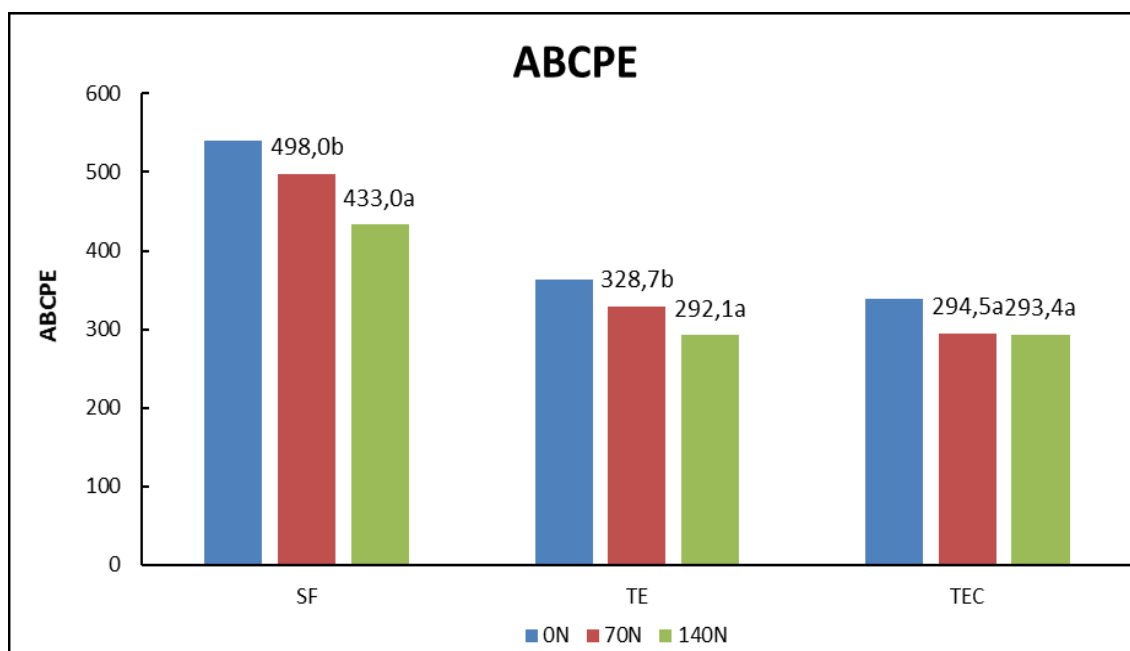
Para el ABCPE, la interacción *Fungicida* × *Cultivar* evidenció reducciones significativas en los niveles de enfermedad (-34,2% en ACA 315, -43,7% en Baguette 11 y -30,4% para ACA 303) ante los tratamientos TE y TEC con respecto a SF. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en esta interacción entre las moléculas fungicidas evaluadas, tal como fue mencionado para la severidad en EC60 y EC82 (Figura 15). Con respecto al comportamiento de los genotipos evaluados, Baguette 11 presentó los mayores niveles de ABCPE en los tres tratamientos evaluados, mostrando diferencias considerables en SF con respecto a ACA 303 y ACA 315 (Figura 15).



**Figura 15.** Area bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Cultivar*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

La interacción *Fungicida* × *Fertilización* evidenció disminuciones en los niveles de ABCPE en los tres tratamientos fungicidas evaluados ante aumento en los niveles de N. En este sentido, el tratamiento SF-0N (ABCPE=540,6) presentó caídas en el progreso de la enfermedad del 7,9% (70N) y 19,9% (140N). Para el tratamiento TE-0N (ABCPE=363) se detectaron disminuciones en el ABCPE del 9,4% ante 70N y caídas de 19,5% ante 140N. Por su parte, el tratamiento TEC-0N (ABCPE=338,1) presentó una caída de hasta el 13,2% para el tratamiento 140N, aunque que no difirió significativamente con 70N (Figura 16).





**Figura 16.** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) causada por *D.tritici-repentis* para la interacción *Fungicida* × *Fertilizante*, en un ensayo de trigo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares.

### 5.3 Biomasa aérea en EC39, EC60 y EC82.

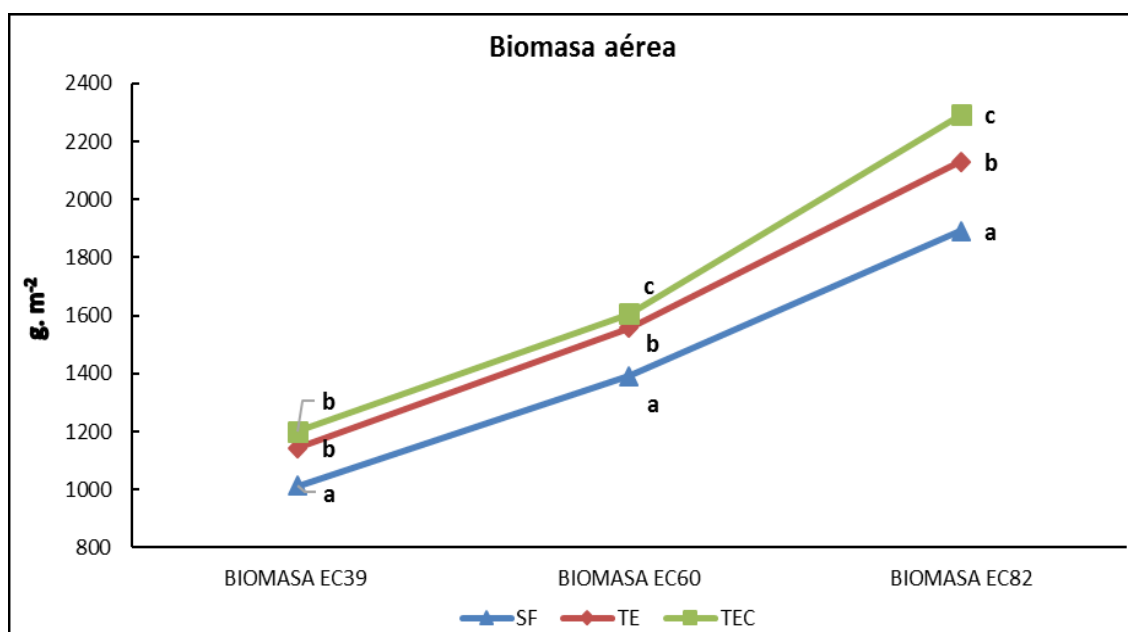
En la Tabla se presenta el ANVA para la biomasa aérea en los diferentes estadios evaluados. Se presentaron diferencias significativas para el factor *Fungicida*, *Fertilizante* y *Cultivar* (Tabla 3).

**Tabla 3.** Cuadrados medios y valor de p (ANVA) de biomasa aérea para EC 39, EC 60 y EC 82 en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Fuente de variación	GL	Biomasa aérea		
		EC39	EC60	EC82
Fungicida (Fung)	2	249189 (p=0,007)	345631 (p=<0,001)	1099230 (p=0,003)
Error A	4	11159	2431	31878
Fertilizante (Fert)	2	568057 (p=<0,001)	749843 (p=<0,001)	1441747 (p=<0,001)
Fung × Fert	4	2548 (p=0,578)	578 (p=0,994)	13433 (p=0,564)
Error B	12	3409	11129	17405
Cultivar (Cult)	2	32678 (p=0,001)	21631 (p=0,019)	46691 (p=0,019)
Fung × Cult	4	7026 (p=0,170)	6053 (p=0,310)	18580 (p=0,157)
Fert × Cult	4	1259 (p=0,872)	3091 (p=0,641)	8083 (p=0,553)
Fung × Fert × Cult	8	3376 (p=0,590)	2081 (p=0,897)	6117 (p=0,786)
Error C	36	4114	4866	10519
Total	80			

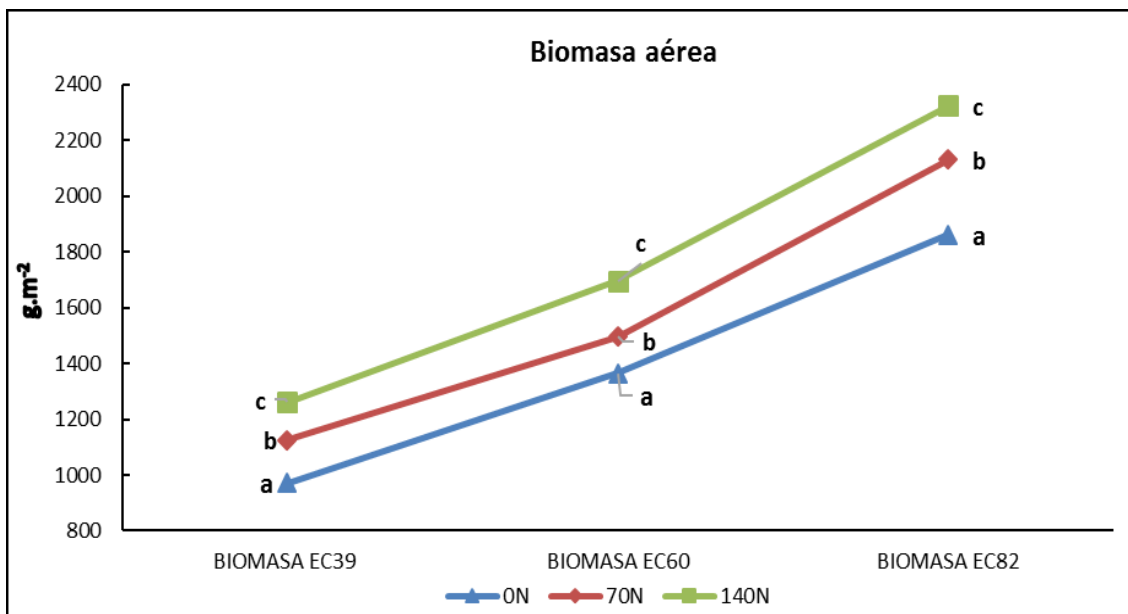
Valores de  $p < 0.05$  indican diferencias significativas.

En la Figura 17 se presenta la dinámica de la biomasa aérea para los tres estadios evaluados para el factor *Fungicidas*. Comparado con el tratamiento SF (1013  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), la generación de biomasa en EC39 presentó un aumento del 18,5% en el fungicida TEC, que no se diferenció de TE. Para EC60, los incrementos en los tratamientos TE y TEC fueron del 12% y 15,5% en relación al tratamiento SF (1398  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), respectivamente. Por su parte en la evaluación de EC82, los incrementos fueron del 12,6% (TE) y 21,2% (TEC) con respecto a SF (1891  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) (Figura 17).



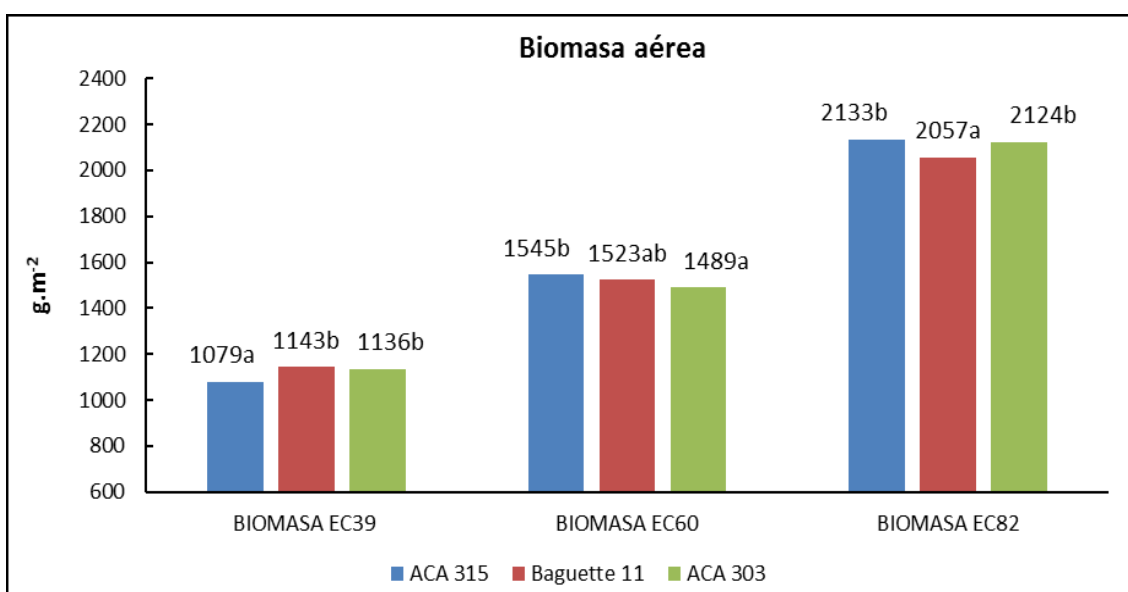
**Figura 17.** Biomasa aérea para los estadios EC39, EC60 y EC82 para el factor *Fungicida* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Con respecto al factor *Fertilizante*, el tratamiento 140N presentó los mayores valores de biomasa aérea para los tres estadios evaluados, diferenciándose significativamente de los tratamientos 70N y 0N. Para EC39, el tratamiento 140N (1262  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) incrementó la producción de biomasa en 12,2% y 29,9% con respecto a 70N y 0N, en tanto que en EC60 el esquema de 140N (1696  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) superó al tratamiento 70N en 13,4% y en 24,2% a 0N. En el estadio EC82 el tratamiento 140N (2322  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) incrementó la biomasa en 9% y 24,7% con respecto al tratamiento 70 y 0N, respectivamente (Figura 18).



**Figura 18.** biomasa aerea para los estadios EC39, EC60 y EC82 para el factor *Fertilizante* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

La biomasa aérea para el factor *Cultivares* en los tres estadios se presenta en la figura 19. En EC39, los genotipos Baguette 11 y ACA 303 presentaron mayores valores de biomasa que ACA 315, en tanto que en la evaluación en EC60 los cultivares ACA 315 y Baguette 11 superaron a ACA 303, no presentando diferencias significativas los dos últimos. Para EC82, ACA 315 y ACA 303 presentaron valores superiores que Baguette 11 (Figura 19).



**Figura 19.** Biomasa aerea para los estadios EC39, EC60 y EC82 para el factor *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

#### 5.4. Rendimiento y sus componentes

En el ANAVA (Tabla 4) se analizaron los tres componentes de rendimiento (número de espigas.m<sup>-2</sup>, número de granos por espiga, peso de mil granos) y el rendimiento.

Se obtuvieron valores significativos para los factores *Fungicida* y *Cultivar* para el rendimiento y todos sus componentes. El factor Fertilizante mostró significancia en NGE, NESP y rendimiento. Para la interacción *Fungicida* × *Cultivar* se obtuvieron valores significativos en PMG y rendimiento. El NGE obtuvo valores significativos para la interacción *Fertilizante* × *Cultivar*.

**Tabla 4.** Cuadrados medios y valor de p (ANVA) de rendimiento y sus componentes en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

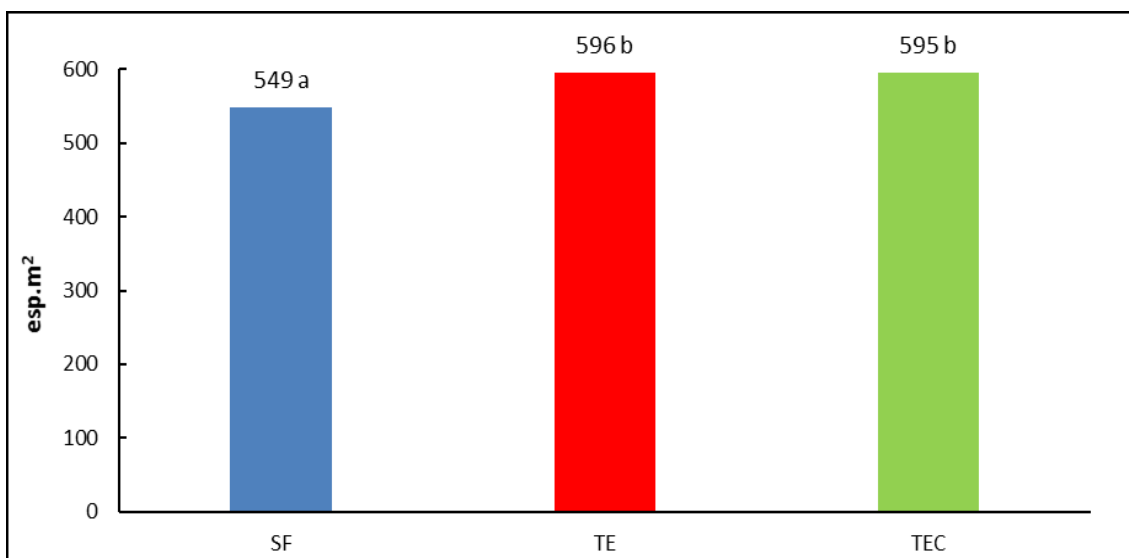
Fuente de variación	GL				
		PMG	NGE	NESP	Rendimiento
Fungicida (Fung)	2	79,82 (p=0,005)	192,3 (p=0,008)	19144 (p=0,032)	27766959 (p=<0,001)
Error A	4	3,16	9,46	2072	319728
Fertilizante (Fert)	2	10,58 (p=0,185)	279,4 (p=<0,001)	189095 (p=<0,001)	26611989 (p=<0,001)
Fung × Fert	4	4,75 (p=0,508)	9,874 (p=0,305)	1169 (p=0,738)	1578676 (p=0,115)
Error B	12	5,44	7,26	2348	677542
Cultivar (Cult)	2	12,92 (p=0,048)	134,2 (p=<0,001)	16284 (p=<0,001)	3189060 (p=0,001)
Fung × Cult	4	20,48 (p=0,002)	13,98 (p=0,203)	956 (p=0,508)	1599795 (p=0,007)
Fert × Cult	4	1,239 (p=0,865)	24,778 (p=0,041)	940 (p=0,516)	124209 (p=0,859)
Fung × Fert × Cult	8	2,178 (p=0,807)	2,229 (p=0,978)	356 (p=0,956)	489134 (p=0,289)
Error C	36	3,922	8,900	1136	381612
Total	80				

Valores de p=<0.05 indican diferencias significativas.

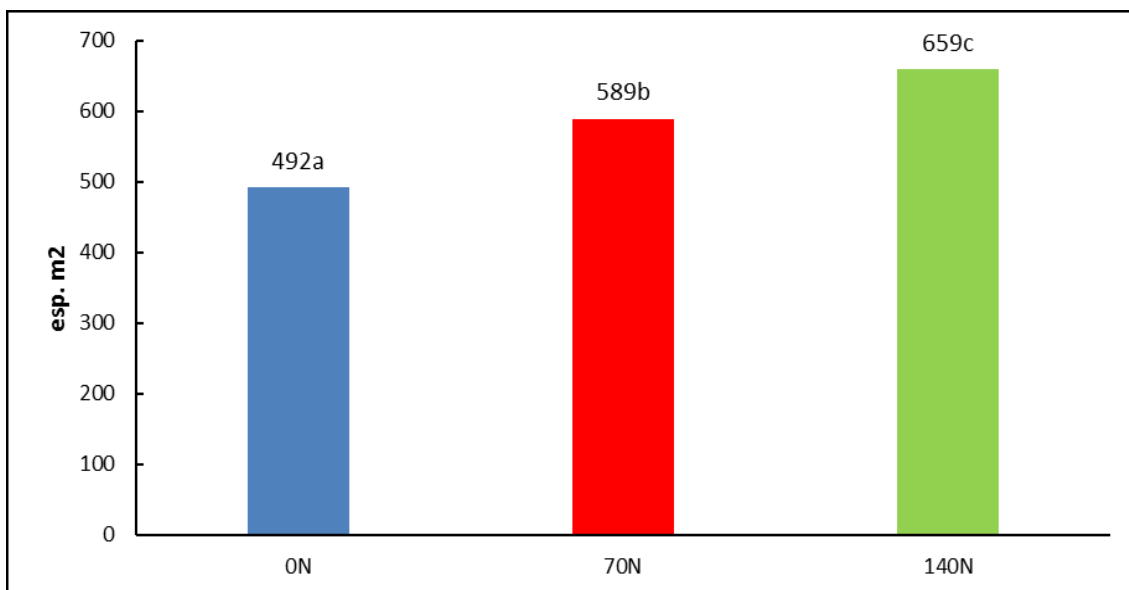
##### 5.4.1. Número espigas por metro cuadrado (NESP).

El NESP mostró diferencias significativas para los factores *Fungicida*, *Fertilizante* y *Cultivar*. La aplicación de las moléculas fungicidas TE y TEC provocó aumentos en el NESP del 8,6% con respecto al tratamiento SF, sin detectarse diferencias significativas entre éstos (Figura 20). Por otro lado, incrementos en la fertilización nitrogenada provocaron aumentos del 19,7% (70N) y 33,9% (140N) con respecto al tratamiento 0N (Figura 21). Con respecto a la variabilidad genotípica, el cultivar Baguette 11 presentó

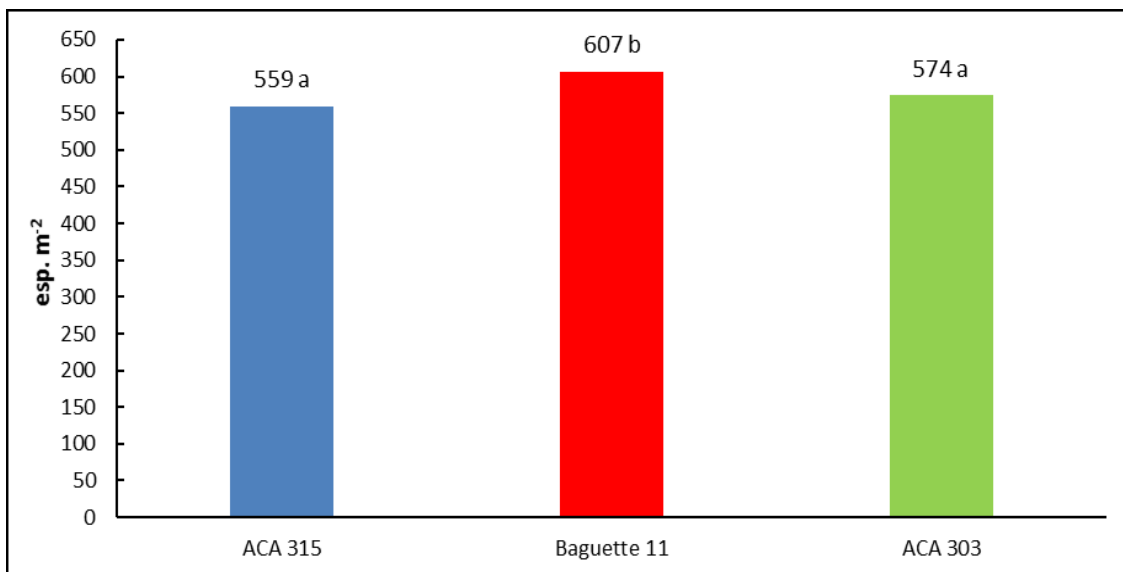
los mayores valores de NESP con respecto a ACA 315 y ACA 303 que no presentaron diferencias significativas entre ellos (Figura 22).



**Figura 20.** Espigas por metro cuadrado para el factor *Fungicida* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.



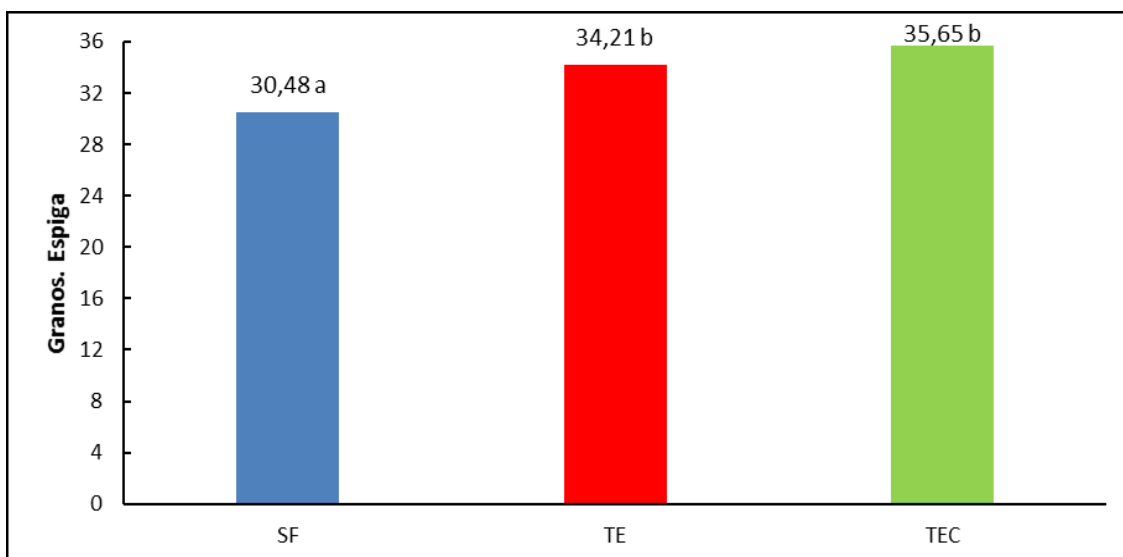
**Figura 21.** Espigas por metro cuadrado para el factor *Fertilizante* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.



**Figura 22.** Espigas por metro cuadrado para el factor *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

#### 5.4.2. Número de granos por espiga (NGE).

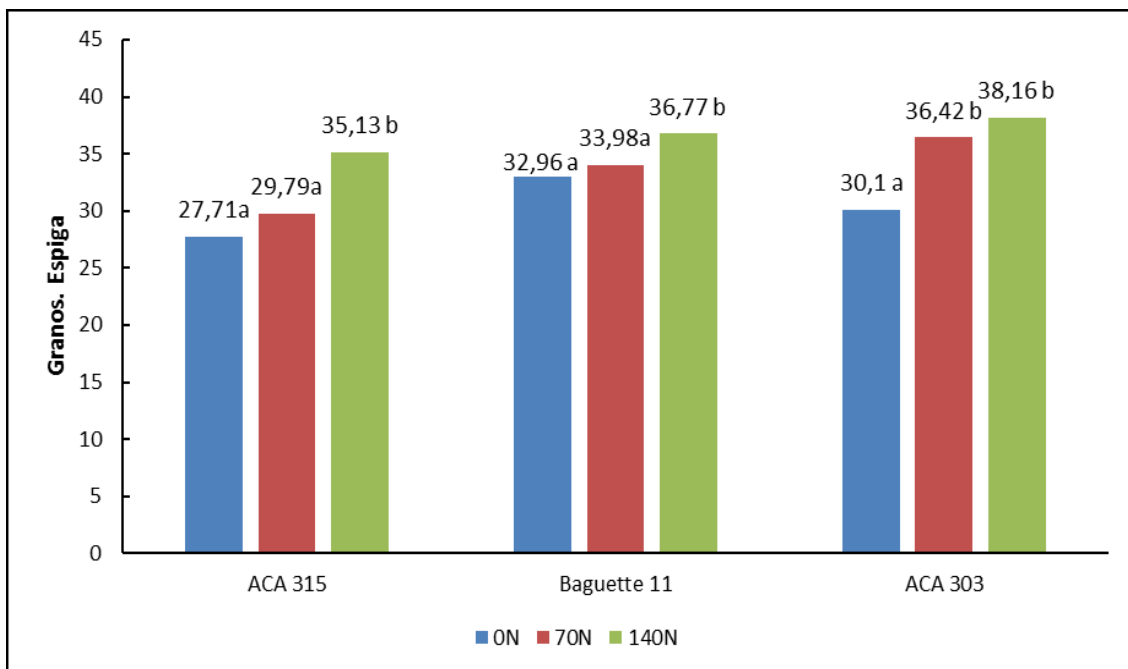
Para el NGE, la aplicación de TE y TEC provocaron incrementos del 12,2% y 16,9% con respecto al tratamiento SF, aunque no se detectaron diferencias significativas entre moléculas fungicidas (Figura 23).



**Figura 23.** Número de granos por espiga para el factor *Fungicida* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Por otro lado, la interacción *Cultivar* × *Fertilizante* evidenció incrementos en el NGE ante aumentos en la fertilización N en los tres cultivares evaluados. En este sentido, el tratamiento 140N provocó un incremento del 26,8% con respecto al tratamiento 0N y del 17,9% comparado con 70N para el cultivar ACA 315. Para Baguette 11, los

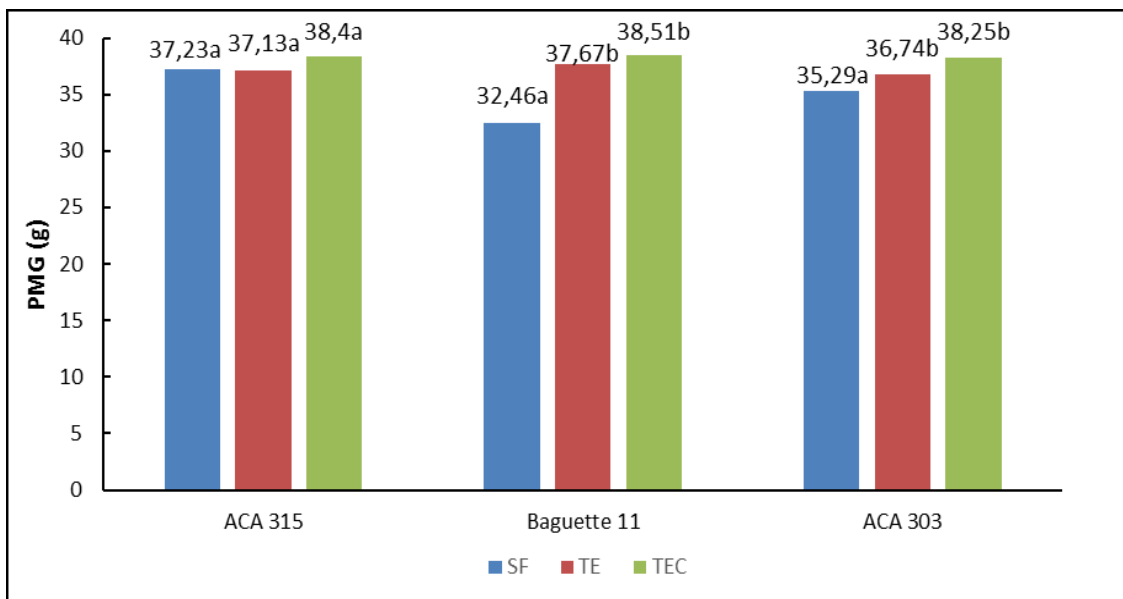
incrementos en esta variable ante el tratamiento 140N fueron del 11,6 % y 8,2% en comparación a 0N y 70N, respectivamente, en tanto que en ACA 303 los aumentos de esta variable ante el tratamiento 140N fueron del 26,8 % con respecto a 0N. (Figura 24).



**Figura 24.** Número de granos por espiga para la interacción *Fungicida x Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

#### 5.4.3. Peso de mil granos (PMG).

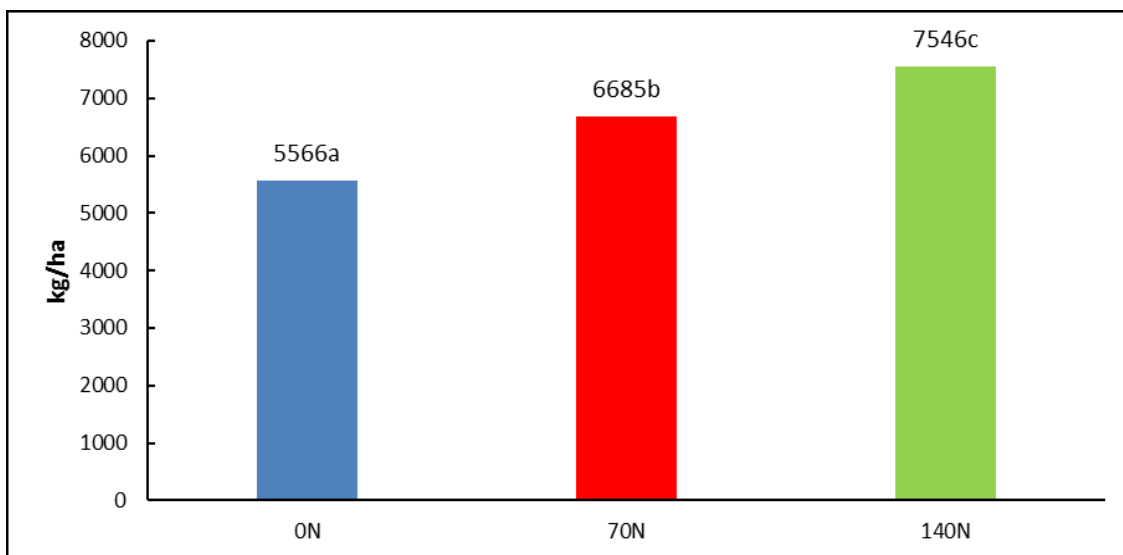
El PMG presentó diferencias significativas para la interacción *Cultivar x Fungicida*, mostrando importantes diferencias genotípicas. ACA 315 no presentó aumentos en el PMG ante los tratamientos con fungicida, en tanto que para Baguette 11 se detectó un aumento de hasta 18,6% para el tratamiento TEC, que no se diferenció de TE. Por su parte, ACA 303 presentó un incremento en el PMG del 8,4% para el tratamiento TEC con respecto a SF (35,3 g) (Figura 25).



**Figura 25.** Peso de mil granos para la interacción *Cultivar* × *Fungicida* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

#### 5.4.4. Rendimiento.

El rendimiento presentó diferencias significativas entre los tres esquemas de fertilización evaluados. En este sentido, el tratamiento 70N aumento el rendimiento un 20,1%, en tanto que el esquema de 140N lo hizo en un 35,6% con respecto a 0N (Figura 26).

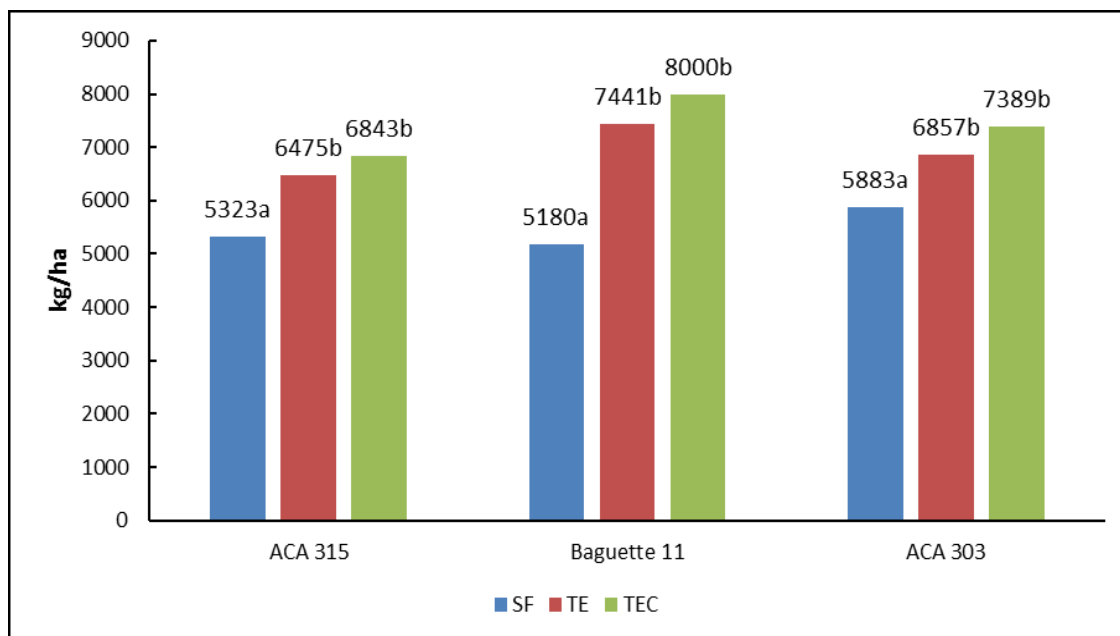


**Figura 26.** Rendimiento (Kg/ha) para el factor *Fertilización* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

Se presentaron diferencias significativas para la interacción *Cultivar* × *Fungicida* (Figura 27). Si bien no se detectaron diferencias entre los tratamientos TE y TEC en



los tres genotipos evaluados, se detectó una tendencia a mayores rendimientos para la mezcla Triazol + Estrobilurina + Carboxamida. El incremento en el rendimiento fue de hasta 28,5% para TEC con respecto al tratamiento SF para ACA 315, en tanto que en Baguette 11 los incrementos fueron de 54,4% con respecto al tratamiento SF y de 25,6% cuando el tratamiento TEC y SF fueron comparados en ACA 303. (Figura 27).



**Figura 27.** Rendimiento (Kg/ha) para la interacción *Fungicida* × *Cultivar* en un ensayo con tres tratamientos de fungicida, tres tratamientos de fertilización nitrogenada y tres cultivares de trigo.

## 6. DISCUSIÓN.

Coincidiendo con Wegulo *et al.* (2012) y Campbell & Madden (1990), las condiciones climáticas juegan un papel preponderante en el desarrollo epidemiológico de las enfermedades, debido al rol que cumplen tanto la temperatura media, humedad relativa ambiente y precipitaciones en la supervivencia, reproducción y sobrevivencia de *Py. tritici repentis*. En este sentido, el año evaluado presentó condiciones favorables para el desarrollo de la mancha amarilla debido a que hubo una acumulación de precipitaciones mayor a la normal. Cabe mencionar que este patógeno requiere temperaturas óptimas de 19 a 22 °C, aunque su rango puede ser más amplio (10-30 °C) y 18 horas de mojado sobre sus hojas, enfermedad que aparenta tener menores requerimientos de humedad que otras causadas por patógenos foliares (Fernández *et al.*, 1996). Los resultados obtenidos permiten establecer que el estado de nutrición de las plantas de trigo produce efectos sobre la severidad de la enfermedad, como ha sido documentado por Olensen *et al.* (2000). Con respecto al desarrollo de la enfermedad, se encontró una marcada disminución en

los niveles de severidad evaluados (EC39, EC60 y EC82) y en ABCPE ante incrementos en la fertilización nitrogenada. En este sentido trabajos realizados por Johnston *et al.* (1979), Huber *et al.* (1987), Fernández *et al.* (1997), Simón *et al.* (2004) y Annone & García., (2004) coinciden en el efecto supresivo que tiene el nitrógeno sobre esta enfermedad, a partir de incrementos en la duración del área foliar verde (DAFV) ante incrementos en disponibilidad de N. Otros autores indican que el retraso de la senescencia de las hojas contribuye en forma indirecta en una menor dispersión del inóculo secundario debido a que el canopeo presenta un follaje más denso (Pastore, 2008).

Un incremento de la fertilización nitrogenada y la proporción de N utilizada como amonio, reduce el desarrollo de la lesión causado por mancha amarilla. Algunos estudios realizados, sugieren que, esta aparente reducción de la enfermedad por los fertilizantes nitrogenados, es debido a un retraso en la senescencia y no debido a un efecto directo sobre la mancha amarilla (Bockuz & Davis, 1992). Por otro lado, bajas disponibilidades de N han sido asociadas con mayor inóculo potencial de este patógeno, mayor avance de la severidad y senescencia anticipada del cultivo, tal como fue encontrado en este trabajo (Bockuz & Davis, 1992; Verret, 1995).

La presencia de patógenos foliares se ha asociado con aumentos en la clorosis, senescencia anticipada de las hojas, que pueden finalizar con la caída y desaparición de los estratos foliares afectados o provocar la muerte acelerada de macollos, tal como fue documentado por Boote *et al.*, 1983; Johnson, 1987; Waggoner & Berger, 1987; Bancal *et al.*, 2007 estudiando diferentes patosistemas. Se demostró que los porcentajes de severidad y ABCPE disminuyeron ante la aplicación de fungicidas. En este sentido, los tratamientos TE y TEC redujeron en forma significativa el avance de la enfermedad comparados con el tratamiento SF. Los efectos benéficos resultado de la aplicación de estos productos estarían explicados por el aumento del índice de área foliar verde (IAFV), en la DAFV y disminuciones en la severidad y ABCPE. En este sentido, Schierenbeck *et al.*, 2015 demostraron disminuciones significativas en la severidad y aumentos en la IAFV y DAFV ante la aplicación fungicida con triple mezcla de principios activos (TEC).

En cuanto al comportamiento de los genotipos se puede establecer que ACA 303 y ACA 315 presentaron buen comportamiento frente a la mancha amarilla en relación a Baguette 11. Teniendo en cuenta que las diferencias de susceptibilidad entre cultivares pueden ser grandes y relativamente estables (Ellis *et al.*, 1996), una correcta elección del cultivar podría ser el principal método disponible para su manejo.

Los resultados hallados en este trabajo indican que incrementos en la fertilización nitrogenada generaron aumentos en la generación de biomasa en los tres estadios evaluados de hasta 29,9% en EC39, 24,2% en EC60 y 24,7% en EC82 cuando los tratamientos 0N y 140N fueron contrastados. Coincidiendo con nuestros resultados, diversos autores han documentado que el efecto positivo de la fertilización nitrogenada en la producción de biomasa estaría explicado por su influencia en el macollaje y la expansión foliar, que juntos determinan el tamaño del canopeo producido (IAFV) y su duración (DAFV). También influencia la concentración del N en las hojas. El tamaño del canopeo y la concentración del nitrógeno gobiernan la asimilación neta de la planta por la intercepción de la radiación y la eficiencia del uso de la radiación y la tasa de crecimiento del cultivo (Walters & Bingham, 2007). Una adecuada nutrición con N prolonga la duración del área foliar y puede tener un efecto similar al del control de enfermedades que aceleran la muerte de las hojas. En esos casos se ha determinado que cada día que se prolonga la duración de la hoja bandera se incrementa en 200 kg la materia seca/ha (De Vos, 1979).

Se demostró que la aplicación de fungicida provocó aumentos en la generación de biomasa en todos los estadios evaluados hasta 18,5% en EC39, 15,5% en EC60 y 21,2% en EC82. De manera similar, Sharma *et al.* (2004) evaluando el comportamiento a *Py. tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en la biomasa a cosecha de 2% a 24% frente a testigos protegidos. Por su parte, Serrago *et al.* (2009) y Carretero *et al.* (2010) evidenciaron disminuciones en la producción de biomasa en post-floración ante inoculaciones de *P. triticina* y un complejo de enfermedades causadas por *Py. tritici-repentis*, *Z. tritici* y *Alternaria triticina* Prasada & Prabhu, lo que coincide con los resultados encontrados en este trabajo para los estadios de EC60 y EC82. Coincidiendo con Schierenbeck *et al.*, (2014), Schierenbeck *et al.*, (2015) inoculaciones con *Py. tritici-repentis* redujeron la generación de biomasa aérea con respecto a los tratamientos protegidos TE y TEC, al afectar el IAFT y IAFV, a causa de senescencia foliar anticipada (debido a aumentos en el % Severidad, ABCPE), pudiendo finalizar con la caída y desaparición de estratos afectados, disminuyendo consecuentemente la radiación interceptada por el cultivo. A su vez, del total de la radiación interceptada parte de esta fue capturada por área foliar enferma o senescente, la cual no presenta actividad fotosintética (IAF no verde), produciéndose una reducción en la radiación que es efectivamente absorbida por área foliar verde y funcional y que posteriormente es utilizada para producir fotoasimilados para la generación de biomasa y rendimiento. En este sentido, los patógenos necrotróficos,

como el organismo causal de la MA, se caracterizan por no interactuar con células vivas del hospedante, ya que el patógeno las degrada previamente mediante el uso de toxinas en el proceso de colonización del tejido vegetal (Ney et al., 2013). Sin embargo, se ha documentado que dichos patógenos necrotróficos provocan 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). Coincidiendo con lo descrito anteriormente, Gallagher et al., (1975), Monteith (1977) y Fischer (1985) documentaron que existe una estrecha relación entre la generación de biomasa con la cantidad de radiación solar absorbida por tejidos verdes.

Entre los mecanismos que han sido propuestos para explicar el efecto positivo de la utilización de fungicidas se incluyen el incremento 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). Otros autores indican que además los fungicidas inducen el retraso en la senescencia debido al aumento del potencial antioxidante protegiendo a las plantas del daño de las especies activas de oxígeno (Yue-Xuan & Tiedemann, 2001).

Los resultados del presente trabajo indicaron que la aplicación de fungicida generó aumentos en el rendimiento de entre 25,6-54,4% según el genotipo evaluado, incrementos de 8,6% en el NESP, 16,9% del NGE y de entre 8,4-18,6% en el PMG. Con respecto a la disminución del rendimiento frente a patógenos foliares, Wegulo et al. (2012) comprobaron reducciones del 27-42% en el rendimiento frente a infecciones conjuntas ocasionadas por *Py. tritici-repentis* y *Z. 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, 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 tanto que Schierenbeck, (2015) documentó caídas de hasta 19,9% en el rendimiento ante inoculaciones artificiales de este patógeno. La aplicación eficiente de los fungicidas ha producido incrementos significativos en los rendimientos y en la calidad

comercial del orden del 20% según cultivar (Annone, 1996) y entre un 10-32% respecto del testigo sin control según momento de aplicación, tipo de molécula fungicida y cultivar (Castellarín *et al.*, 2004). En este sentido, 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 PMG. Lupton (1972) y Verreet & Klink (2002), demostraron 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 aportando entre 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que aumentar la DAFV se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano.

Como se mencionó anteriormente tanto el NGE, PMG y el NESP fueron afectados por la presencia de *Py. tritici.repentis*. Teniendo en cuenta el momento del ciclo del cultivo en que ocurre la infección y su intensidad, las enfermedades foliares pueden afectar el número de granos.m<sup>-2</sup> (NGT), mediante disminuciones en el NESP generalmente asociado a epifitias tempranas de patógenos necrotrófos o hemibiótrofos que sobreviven en rastrojo, por condiciones predisponentes para el desarrollo de estas enfermedades durante los primeros estadios y/o la utilización de cultivares susceptibles a estos patógenos (Leitch & Jenkins, 1995; Simón *et al.*, 2002; Ronis *et al.*, 2009). El NGT también puede ser reducido ante caídas en el NGE, habitualmente relacionado 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 DAFV o en la absorción de radiación por tejidos verdes durante el llenado de los granos, afectando principalmente la tasa de duración del 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 *et al.*, 2011). Los resultados encontrados en este trabajo indican que existe una tendencia a mayores rendimientos ante la utilización de la triple mezcla TEC con respecto a la mezcla convencional TE.

La fertilización nitrogenada provocó aumentos en el rendimiento del cultivo. En este sentido, el tratamiento 70N aumentó el rendimiento un 20,1%, en tanto que el esquema de 140N lo hizo en un 35,6% con respecto a 0N. Cuando se analizaron los

componentes del rendimiento se detectaron aumentos en el NESP de entre 19,7-33,9% en los esquemas de 70N y 140N, con respecto a tratamiento 0N y de hasta 26,8% en el NGE cuando los tratamientos 140N y 0N fueron contrastados. Por otro lado, no se detectaron efectos de la fertilización nitrogenada en el PMG, lo que coincide con lo documentado por Bodrero & Marcor (1979) que hallaron que el agregado de N produce un aumento en todos los componentes del rendimiento, a excepción del peso de los granos. En este sentido, el PMG es frecuentemente correlacionado negativamente con el rendimiento, debido a que ante una alta disponibilidad de N se incrementa el número de granos/m<sup>2</sup>, lo que aumenta la competencia entre granos por productos de la fotosíntesis durante el llenado de los mismos (García, 2004).

Con respecto al NESP, una alta disponibilidad de N al inicio del encañado puede favorecer la sobrevivencia de los macollos y la formación de espigas. Según García (2004), en un cultivo es común que sólo el 60 % de los macollos sobrevivan produciendo espiga, por lo que la fertilización con N a fin del macollaje puede elevar la sobrevivencia de los macollos a 80 %, lo que coincide con los resultados encontrados en nuestro trabajo.

Se sabe que una buena disponibilidad de N al finalizar el macollaje puede aumentar la tasa de desarrollo de las flores y su sobrevivencia (Kirby & Appleyard, 1984), y con ello la formación de más granos por espiguilla, lo que explicaría el aumento en el NGE detectados en este trabajo. En este sentido, se han documentado que ante dosis altas de N se logró aumentar hasta un 50 % la producción de granos por espiguilla (García, 2004).

Una proporción considerable del peso seco del grano proviene de la fotosíntesis luego de la floración (Stoy, 1970) lo que explica la frecuente asociación entre el rendimiento en grano y la duración del área foliar.

Con respecto al comportamiento de los genotipos se detectó que Baguette 11 presentó los mayores rendimientos ante aplicaciones de fungicidas TE y TEC. Este mayor rendimiento se pudo relacionar fundamentalmente con el mayor número de espigas, el cual se diferenció significativamente de los otros dos cultivares. Baguette 11 es un germoplasma clásico de origen francés, cuyo mejoramiento ha sido efectuado priorizando el rendimiento potencial sobre características relacionadas con la calidad (Mousegne, *et al.*, 2001) y el comportamiento sanitario, esto se pone de manifiesto en los menores rendimientos que se obtuvieron cuando este genotipo no estuvo protegido. Ali *et al.* (2008) señalan que la resistencia del cultivar es la forma más económica y menos dañina ambientalmente para el control de las enfermedades.

Los resultados encontrados en el presente trabajo permiten no rechazar la hipótesis 1 “Incrementos en la fertilización nitrogenada producen disminuciones en la severidad causada por *Drechslera tritici-repentis* y aumentos en la producción de biomasa y rendimiento.”, ni la hipótesis 2 “La utilización de fungicidas provoca reducciones variables según el tipo de molécula empleada, en la severidad causada por *Drechslera tritici-repentis* y aumentos en la producción de biomasa y rendimiento” e hipótesis 3 “Los cultivares presentan una respuesta diferencial a la aplicación de fungicidas”.

## 7. CONCLUSIONES.

- Incrementos en la fertilización nitrogenada producen disminuciones en la severidad causada por *Py. tritici-repentis* y aumentos en la producción de biomasa y rendimiento.
- La aplicación de fungicidas (TE y TEC) provocan disminuciones en la severidad y ABCPE causada por *Py. tritici-repentis*. Si bien no se detectaron diferencias significativas entre las moléculas evaluadas, la molécula TEC presentó mejores resultados que TE.
- La aplicación de fungicidas (TE y TEC) provocan aumentos en la producción de biomasa y rendimiento. Si bien no se detectaron diferencias significativas en rendimiento entre las moléculas evaluadas, la molécula TEC presentó mejores resultados que TE.
- Se detectaron mayores respuestas en los niveles de severidad, ABCPE, PMG y rendimiento ante la aplicación de fungicidas en cultivares susceptibles (Baguette 11).

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- Agroptima.** 2015. Record de rinde en trigo disponible en <https://www.agroptima.com/blog/agricultor-bate-record/>. Último acceso: Enero 2016.
- Ali, S., & Francl, L.J.** 2003. Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and noncereal grasses in the Great Plains. Plant Dis. 87:418-422.
- Ali, S., Singh, P.K., MC Mullen, M.P., Mergoum, M. & Adhikari, T.B.** 2008. Resistance to multiple leaf spot diseases in wheat. Euphytica Vol.159. pp. 167-179.

- Annone, J.G.** 1996. Relación entre epidemias y pérdidas de rendimiento en trigo. In: Primera Jornada de Control Químico de Enfermedades del Trigo en Sistemas de Manejo para Alta Productividad. Centro de Capacitación "Dr Norman E. Borlaug", EEA INTA Pergamino, CRBAN INTA, Programa de Trigo de CIMMYT para el Cono Sur e IPG-INTA. Bolsa de Cereales de Buenos Aires. 27 al 28 de junio de 1996. 10 pp.
- Annone, J.G.** 2001. Principales enfermedades foliares del trigo asociadas a siembra directa en Argentina. Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR, Montevideo. pp 73-88.
- Annone, J.G. & García, R.** 2004. Cuantificación del efecto supresivo de la fertilización nitrogenada sobre la expresión de los síntomas de mancha amarilla en cultivares de trigo de ciclo intermedio-largo y precoz en siembra directa. VI Congreso Nacional del Trigo. pp 193-194.
- Argenrigo.** 2015. Informe estimaciones de producción de trigo para la republica argentina. Disponible en <http://www.argenrigo.org.ar/2015/doc.php>. Último acceso: Enero de 2016.
- Arregui, M.C. & Puricelli, E.** 2008. Mecanismos de Acción de Plaguicidas. Dow Agrosciences. pp. 105-105.
- Bancal, M.O., Robert, C. & Ney, B.** 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. Ann. Bot. 100: 777-789.
- Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E. & Hawkesford, M.J.** 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. Eur. J. Agron. 33: 1–11.
- 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.
- Bockus, W.W. & Davis, M.A.** 1992. Effect of nitrogen fertilizers on severity of tan spot of winter wheat. Advances in tan spot research. Proceedings of the second international tan spot workshop. North Dakota State University, ND. pp 68-72.
- Bodrero, M. & Macor, L.** 1979. Influencia de la fertilización nitrogenada en trigo en rotación con la soja. EE INTA Oliveros. Información para Extensión N° 10. 8 p.
- Bolsa de Comercio de Rosario.** 2015. Guía estratégica para el agro. Estimaciones de producción. Disponible en: <http://www.bcr.com.ar/pages/gea/estimaProd.aspx>. Último acceso: Enero 2016.
- Boote, K.J., Jones, J.W., Mishoe, J.W. & Berger, R.D.** 1983. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. Phytopathology 73: 1581-1587.



- Borlaug, N.** 2007. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica* 157: 287-297.
- 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 Res.* 86: 131-146.
- Byrnes, B.H. & Bumb, B.L.** 1998. Population growth, food production and nutrient requirements. *J. Crop. Prod.* 2: 1-27.
- Campbell, C. L. & Madden, L. V.** 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology.* Wiley-Interscience, NY. 532 pp.
- Carmona, M. & Sautua, F.** 2015. Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. Catedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, UBA. 88pp. Disponible en: <http://linkway.me/basf/Manual%20FAUBA%20-%20BASF.pdf>. Ultimo acceso: Julio de 2016.
- Carmona, M., Melo Reis, E. & Cortese, P.** 1999. Manchas Foliares del trigo: Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo. Gráfica Condal. Buenos Aires. pp 32.
- Carmona, M., Cortese, P., Ferrazzini, M., Moschini, R., Pioli, R. & Reis, R.** 1998. Nuevo enfoque para el control químico de mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*): determinación de los umbrales de daño económico y de acción. E.M. actas del congreso nacional de trigo, II simposio nacional de cereales de siembra de otoño invierno. pp. 4-39.
- Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perelló, A.E. & Miralles, D.J.** 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crops Research* 116: 184-195.
- 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. .25: 67-69.
- Ciuffetti, L. & Tuori, R.** 1999. Advances in the characterization of the *Pyrenophora tritici-repentis*: Wheat interaction. *Phytopathology* 89: 444-449.
- Dimmock, J.P.R.E & M.J. Gooding.** 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.
- Dirección Nacional de Alimentos e Industria Alimentaria.** 2007. Trigo y sus derivados. Análisis de la cadena alimentaria. Producción. Disponible en:

[http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r\\_37/cadenas/Farinaceos\\_derivados\\_trigo.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_37/cadenas/Farinaceos_derivados_trigo.htm). Último acceso: julio de 2016.

**De Vos, N.M.** 1979. Cultivar differences in plant and crop photosynthesis. In "Crop Physiology and Cereal Breeding". J.H.J. Spiertz & T. Kramer, Eds Pudoc, Wageningen, pp. 71-74.

**Ellis, S.A., Gooding, M.J. & Thompson, A.J.** 1996. Factors influencing the relative susceptibility of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to blackpoint. 1996. *Crop Protection* 15: 76.

**Ermácora, C. M.** 2007. Principales enfermedades en trigo: criterios para su manejo y control. *Revista de Producción de Trigo* 1: 51-52. AACREA, Buenos Aires.

**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. & R.A. Fischer.** 1978. Wheat. Ed Evans, L.T. In "Crop Physiology". Cambridge University Press, GB. pp. 101-149.

**FAO.** 2013. Rendimientos de cereales a nivel mundial. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0a.htm#TopOfPage>. Último acceso: Junio de 2016.

**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 2016.

**Fernández, M.R., Clarke, J.M., DePauw, R.M. & Lefkovitch, L.P.** 1996. Comparison of durum and common wheat cultivars for reaction to leaf spotting fungi in the field. *Plant Dis.* 80: 793–797.

**Fernández, M., Depaw, R., Clarke, J., Zentner, R. & Mc Conkey, B.G.** 1997. Tan spot in western Canada. IN: *Heminthosporium blights of wheat* (Eds. Duveiller, Dubin and Mc. Nab) p. 73-79.

**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.

**Fyo.** 2015. Estadísticas especial trigo disponible en: [http://portal.fyo.com/especiales/trigo13-14/estadisticas\\_ar](http://portal.fyo.com/especiales/trigo13-14/estadisticas_ar). Último acceso: Febrero 2016.

**Gallagher, J.N., Biscoe, P.V. & Scott, R.K.** 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *Journal of Applied Ecology* 12: 319-336.

**García, A.** 2004. Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas. Serie técnica N° 144. INIA. pp. 8-14.

- 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.
- 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.
- Hanus, H. & Schoop, P.** 1985. Influence of Nitrogen Fertilizing and Fungicide Treatments on Yield and Yield Variability in Wheat and Barley. - In: Variability in Grain Yield, 1989, 265-269. Edited by J.R. Anderson and P.B.R. Hazell, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, ISBN 0-8018-3793-6, IFPRI (USA), Dt. Stiff. f. Int. Entw., Workshop Feldafing, 8: 1-19.
- Huber, D., Lee, T., Ross, M. & Abney, T.** 1987. Amelioration of tan spot-infected wheat with nitrogen. *Plant Disease* 71: 49-50.
- 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.
- Johnston, H.W., MacLeod, J.A. & Clough, K.S.** 1979. Effects of cycocel (CCC) and fungicide sprays on spring wheat grown at three nitrogen levels. *Can. J. Plant Sci.* 59: 917-929.
- Johnson, K.B.** 1987. Defoliation, disease and growth: a reply. *Phytopathology* 77: 1495-1497.
- Jordahl, J. G. & Francl, L. J.** 1992. Increase and storage of cultures of *Pyrenophora tritici-repentis*. Page 109 in: *Advances in Tan Spot Research*. L. J. Francl, J. M. Krupinsky, and M. P. McMullen, eds. North Dakota Agric. Exp. Stn., Fargo.
- Kirby, E.J.M. & Appleyard, M.** 1984. Cereal plant development and its relation to crop management. In "Cereal production", E.J. Gallagher, Ed. Butterworths, London, pp. 161-173.
- Leitch, M.H. & Jenkins, P. D.** 1995. Influence of nitrogen on the development of *Septoria* epidemics in winter wheat. *J. Agric. Sci.* 124, 361-368.
- Lupton, F.G.H.** 1972. Further experiments on photosynthesis and translocation in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 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. *Can. J. Plant Pathol.* 17, 124-137.
- MAGyP.** 2011. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Agricultura. Producción, área sembrada y cosechada, cotizaciones nacionales e internacionales.

Disponible en: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>. Último acceso: Enero 2016.

**Milne, A., N. Paveley, E. Audsley, & D. Parson.** 2007. The effect of fungicides on disease-induced yield loss in wheat. A model of the effect of fungicides on disease-induced yield loss, for use in wheat disease management decision support systems. *Annals of Applied Biol.* 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

**Monteith, J.L.** 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of Royal Society of London B* 281: 277–294.

**Mousegne, F., Muñoz, R. & Polidoro, O.O.** 2001. Trigos Franceses: una alternativa productiva. 2001. EEA Pergamino. INTA Pergamino. *Panorama Agrario Mundial* 25: 215-216.

**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.

**Olensen, J. E., Mortesen, J. V., Jorgesen, L. N. & Andersen, M. N.** 2000. Irrigation strategy, nitrogen application and fungicide control in winter wheat on a sandy soil. I. Yield, yield components and nitrogen uptake. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 134: 1-11.

**Pastore, M.** 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya de la hoja, mancha de la hoja y mancha amarilla en trigo. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 83 pp.

**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.

**Raymond, P.J. & Bockus, W.W.** 1982. An in vitro technique for profuse sporulation of *Drechslera tritici-repentis*, (Abstr.). *Phytopathology* 72: 934.

- Rees, I.G. & G.J. Platz.** 1983. Effects of yellow spot of wheat in Southern Queensland. *Australasian Journal of Agricultural Research* 34: 39-46.
- 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.
- Reilly, M.L.** 1990. Nitrate assimilation and grain yield. In: nitrogen in higher plants. Abrol Y.P. Ed. Research Studies Press, England. pp. 335-366.
- 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.
- Ronis A., Semaškienė R., Dabkevičius Z. & Liatukas Ž.** 2009. Influence of leaf diseases on grain yield and yield components in winter wheat // *Journal of Plant Protection Research* 49: 151–157.
- 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.
- Satorre, E.H. & G.A Slafer.** 1999. *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press NY. USA. 503 pp.
- 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, UNLP. La Plata, Argentina. 167 pp.
- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C. & Simón, M.R.** 2014. Componentes eco- fisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 34: 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* 22: 53-61.
- Schilder, A.M.C & Bergstrom, G.O.** 1992. Infection of wheat seed by and seed transmission of *Pyrenophora tritici repentis*. In: 2nd Intl.Tan Spot Workshop. Fargo, ND. pp. 56-60.
- 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.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.
- Shankar, M.** 2012. Germplasm enhancement for yellow spot resistance in wheat. Disponible en: <https://agric.wa.gov.au/n/2813>. Último acceso: Agosto de 2016.
- Sharma, R.C., Duveiller, E., Gyawali, S., Shrestha, S.M., Chaudhary, N.K. & Bhatta, M.R.** 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. *J. Phytopathol.* 154:482–488.
- 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 Sci.* 42: 1974-1981.
- Simón, M.R., Terrile, I., Ayala, F., Pastore, M., Cicchino, M., Corries, F. Miguez, E., Golik, S., Cordo, C.A., Perelló, A. & Chidichimo, H.** 2004. Influencia del sistema de labranza, fertilización nitrogenada, genotipo y control con fungicidas. 1. En la intensidad de las enfermedades foliares del trigo. VI Congreso Nacional del Trigo. pp.177- 178.
- 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 Int. Symp., CIANO. Cd. Obregon, Mexico.* pp. 101-133.
- Stoy, V.** 1970. The storage and remobilization of carbohydrates in cereals. In “Crop Physiology and Cereal Breeding“. J.H.J. Spiertz & t. Kramer, Eds. Pudoc, Wageningen, pp. 55-59.
- USDA.** 2016. Disponible en <http://www.statista.com/statistics/267268/production-of-wheat-acorldwide-since-1990/>. Último acceso: Enero 2016.
- Van der Werf, A.** 1996. Growth analysis and photoassimilate partitioning. In: Zamski, E., Schaffer, A. (Eds.), *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source–Sink Relationships.* Marcel Dekker Inc., New York, pp. 1–20.
- Verret, E.** 1995. Principles of integrated pest management. The IPM wheat model. *Pflanzenschutz Nachrichten, Bayer* 48, p 303.
- 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.
- Waggoner, P.E. & Berger, R.** 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology* 77: 393-398.

- Walters, D.R. & Bingham, I.J.** 2007. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Annals of Applied Biology* 151: 307–324.
- 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.
- Wegulo, S.N.** 2011. Tan spot of cereals. The plant health instructor. In: The American Phytopathology Society Net. Disponible en: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/TanSpot.aspx>. Ultimo acceso: Julio de 2016.
- 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>.
- Wiese, M.W.** 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathological Society. U.S.A. p.106.
- Wright, K.H. & Sutton J.C.** 1990. Inoculum of *Pyrenophora tritici-repentis* in relation to epidemics of tan spot of winter wheat in Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 12: 149–157.
- Yue-Xuan, Wu & Tiedemann, A.Y.** 2001. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. *Pesticide Biochemistry & Physiology*, 71: 1-10.
- 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.