

# Interacción entre fertilización nitrogenada y moléculas fungicidas en trigo: ¿Cómo afectan la severidad y rendimiento ante infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja?

Schierenbeck, M.<sup>1,2</sup>, Fleitas, M.C.<sup>1,2</sup>, Golik, S.<sup>1</sup>, Gerard, G.S.<sup>1,2</sup>, Dietz, J.I.<sup>1,2</sup>, Cardelli, M.G.<sup>1,2</sup>, Dubor, T.<sup>1</sup>, Burs, G.E.<sup>1</sup>, Garbuglio, M.<sup>1</sup>, Pardi, M.<sup>1</sup> Simón, M.R.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 60 y 119, CC 31 La Plata, Argentina; <sup>2</sup>CONICET CCT La Plata. Calle 8 N° 1467. La Plata, Buenos Aires, Argentina. e-mail: m\_schierenbeck@hotmail.com

## **Introducción**

Las enfermedades foliares constituyen uno de los principales factores bióticos que limitan la expresión de los rendimientos del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en todo el mundo. Las enfermedades foliares fúngicas como “mancha amarilla -MA-” (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem) que por ser producida por un patógeno necrotrófico se ha incrementado en siembra directa y “roya de la hoja -RH-” (*Puccinia triticina* Eriks) impactan sobre el rendimiento y los componentes numéricos que lo conforman (peso de mil granos, número de espigas por m<sup>2</sup>, número de granos por espiga), ya que producen alteraciones en los sistemas responsables de la producción y distribución de asimilados dentro de la planta, como disminuciones en el índice de área foliar verde, en la intercepción de radiación acumulada, y consecuentemente, en la acumulación de materia seca y su partición (Waggoner & Berger, 1987; Schierenbeck *et al.* 2015, 2016).

La fertilización nitrogenada ejerce una considerable influencia en el desarrollo epidemiológico de los patógenos, inhibiendo o promoviendo su comportamiento (Hanus & Schoop, 1985). Para el caso de MA diversos investigadores determinaron una disminución de la severidad ante aumentos en la fertilización nitrogenada (Pastore, 2008; Fleitas 2017, Fleitas *et al.* 2018) 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). En contraposición, se han documentado incrementos en la severidad de roya de la hoja ante aumentos en la dosis de nitrógeno (Devadas *et al.* 2014; Fleitas *et al.* 2018b). La aplicación de fungicidas es una de las estrategias más difundidas para el manejo de enfermedades en este cultivo y ha sido asociada con incrementos de rendimiento debido al incremento en la duración de área foliar verde del cultivo (DAFV) durante el periodo de llenado del grano (Pepler *et al.*, 2005) y a que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno.

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 *P.tritici-repentis* y el biotrófico *P.triticina* y sus efectos sobre la severidad, rendimiento y sus componentes en tres cultivares de trigo.

## **Materiales y métodos**

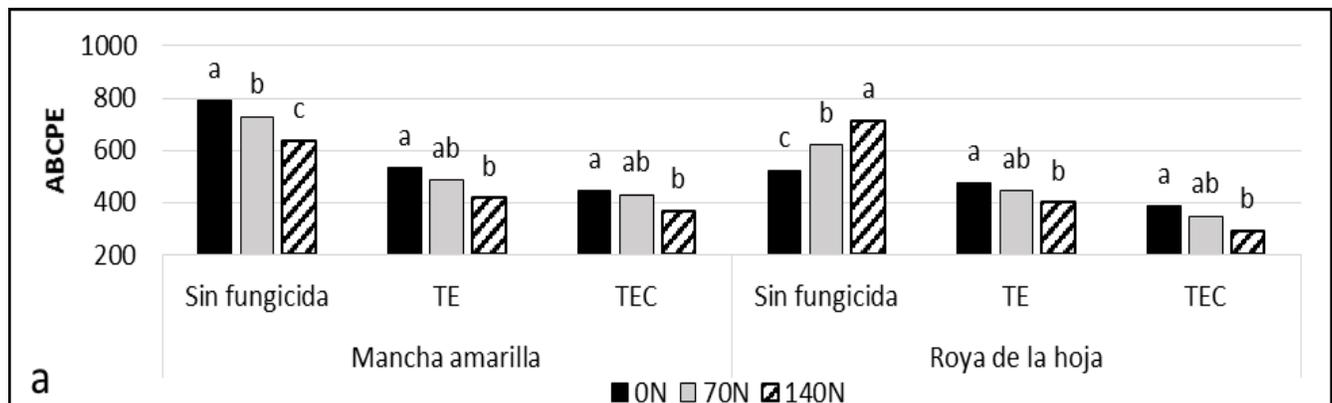
El ensayo se llevó a cabo durante 2014 y 2015 en la FCAyF-UNLP. Se utilizó un diseño experimental en parcela dividida con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron las inoculaciones de los patógenos (1- *Py. tritici-repentis* y 2- *P. triticina*). La sub-parcela fueron los tratamientos de fungicidas: 1- sin fungicida (SF), 2- triazol + estrobilurina (TE) y 3- triazol + estrobilurina + carboxamida (TEC). Como sub-sub-parcela se aplicaron

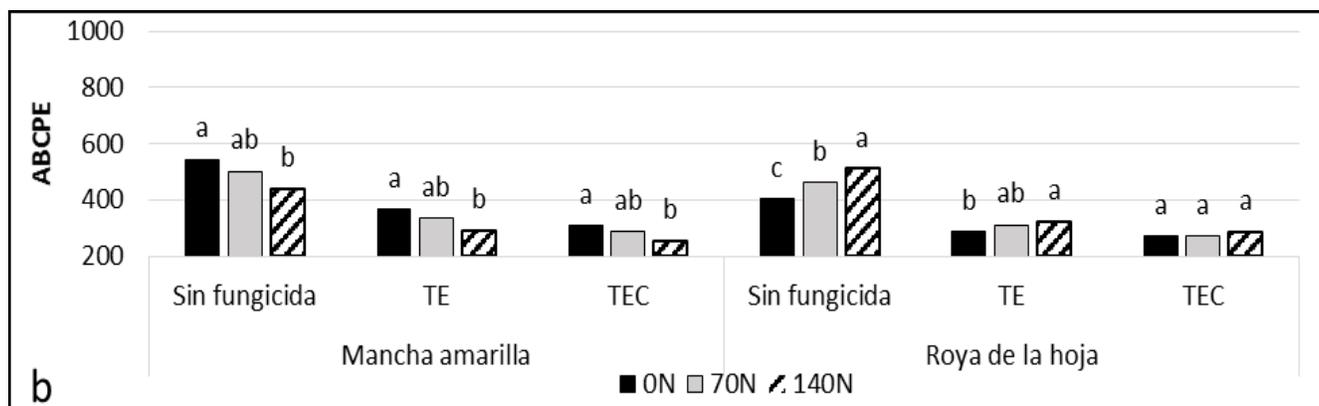
tres dosis de N: 1- 0 kg N/ha (0N), 2- 70 kg N/ha (70N) y 3- 140 kg N/ha (140N). Como sub-sub-sub-parcela se sembraron tres cultivares de trigo (ACA 315, Baguette 11 y ACA 303). La siembra se realizó durante el mes de junio con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de 250 plantas/m<sup>2</sup>. Las parcelas experimentales tuvieron un largo de 5,50 m y un ancho de 1,40 m (7,7 m<sup>2</sup>). El ensayo fue inoculado separadamente con una suspensión de esporas de *Py. tritici-repentis* ( $3 \times 10^3$  esporas/ml; Ali & Francel 2003) o con esporas de *P. triticina* utilizando talco como vehículo sobre una bordura con una mezcla de cultivares susceptibles a la enfermedad a razón de 0,5 mg por planta (Shatya 2015). El ensayo se inoculó a fines de macollaje (EC24) (Zadoks *et al.*, 1974) y en hoja bandera desplegada (EC39). El tratamiento con fungicida TEC consistió en la aplicación del fungicida Basf Orquesta™ Ultra (fluxapyroxad 50 g/l, epoxiconazole 50 g/l y pyraclostrobin 81 g/l). El producto fue aplicado en dos oportunidades: pleno macollaje (EC23) y EC39, con una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano. El volumen aplicación fue de 140 l/ha a una dosis de 1,2 l/ha de producto. Por su parte, el tratamiento con fungicida TE fue realizado mediante la aplicación del fungicida Basf Opera (epoxiconazole 50g/l + pyraclostrobin 133 g/l), a una dosis de 1 l/ha.

Las evaluaciones consistieron en la determinación de la severidad (necrosis y clorosis) mediante estimación visual sobre 7 plantas tomadas al azar por parcela. Las evaluaciones se realizaron en EC39 y antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) y fueron utilizadas para el cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) (Shaner & Finney, 1977). El índice de área foliar verde fue determinado en los mismos estadios y fueron utilizados para calcular la duración del área foliar verde (DAFV). A cosecha, se determinaron los componentes de rendimiento: espigas.m<sup>-2</sup> (NESP) mediante el conteo en tres fracciones de 1 m lineal en cada parcela y granos.espiga<sup>-1</sup> (NGE) por trilla de 20 espigas de cada parcela. Por su parte, el peso de mil granos (PMG) se calculó mediante el conteo y peso de los granos obtenidos por la trilla de 20 espigas. Asimismo, se cosechó un surco de 5,5 m (1,1 m<sup>2</sup>) por parcela y repetición como estimador del rendimiento.

## Resultados

El ABCPE para mancha amarilla fue menor ante incrementos de la dosis de N comparados con roya de la hoja, que presentó la tendencia inversa. En este sentido, inoculaciones con *Py.tritici-repentis* presentaron disminuciones en el ABCPE ante aumentos en la dosis de N independientemente del tratamiento de fungicida utilizado, con reducciones de hasta 19,3% (tratamiento sin fungicida), 21,5% (TE), 17,2% (TEC) en 2014 y disminuciones del 19,4% (tratamiento sin fungicida), 21,2% (TE) y 17% (TEC) en 2015 cuando se compararon los tratamientos 0N y 140N. Por su parte, en el caso de roya de la hoja, el ABCPE se incrementó con la fertilización nitrogenada cuando no se aplicaron fungicidas en 2014 (+36%) y 2015 (+26,1%) y ante TE en 2015 (+13,7%) (Fig. 1a y b).





**Figura 1.** Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en la interacción *Año* × *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis N en tres cultivares de trigo durante 2014 (a) y 2015 (b) (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año, cada enfermedad y tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD  $p=0,05$ )

Los tratamientos de fungicidas, las dosis de N y los cultivares influenciaron en forma significativa el ABCPE, DAFV, el rendimiento y sus componentes (Tabla 1). Los fungicidas incrementaron en promedio la DAFV en 30,5% (TE) y 40,0% (TEC), comparado al testigo sin fungicida. Cuando se comparó el tratamiento 0N (15652 granos/m<sup>2</sup>) con la dosis de 70N, el NGT se incrementó en un 17,1%, en tanto que la aplicación de 140N lo hizo un 36,2% (Tabla 1). En promedio, el tratamiento de TEC presentó los mayores valores de NGT (+25,5%), seguido por TE (+16,7%) en relación al testigo sin fungicida que presentó valores promedio de 16173 granos/m<sup>2</sup> (Tabla 1). Por su parte, la interacción *Patógeno* × *Fungicida* estuvo explicada por el hecho de que no se observaron diferencias significativas en el NGT entre los tratamientos de TE y TEC en las parcelas inoculadas con *Py. tritici-repentis* y los incrementos fueron de hasta 27,5% (TEC) con respecto al tratamiento sin inóculo, en tanto que para *P. triticina* los aumentos fueron de hasta 23% cuando los mismos tratamientos fueron contrastados (Figura 2a). Cabe destacar que los incrementos del NGT con la aplicación de fungicidas estuvieron explicados fundamentalmente por incrementos en el NGE ( $R^2=0,679$ ;  $p<0,001$ ).

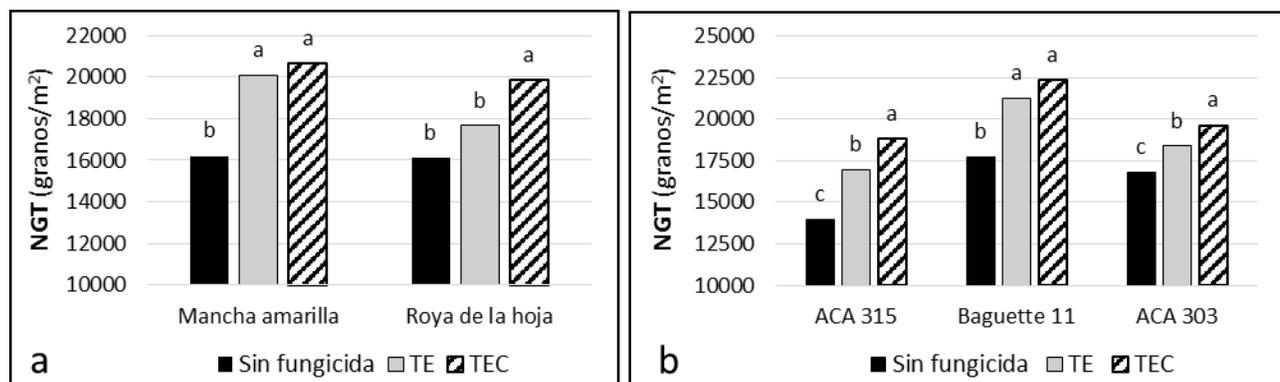
Por otro lado, la interacción *Fungicida* × *Cultivar* estuvo fundamentalmente explicada por las menores diferencias en el NGT en el cultivar A303 frente a los tratamientos de fungicidas de TE y TEC y por la ausencia de diferencias entre los tratamientos TE y TEC en el cultivar Bag11 (Fig. 2b). Asimismo, el cultivar Bag11 presentó en promedio los valores de NGT más elevados (20439 granos/m<sup>2</sup>) seguido por A303 (18271 granos/m<sup>2</sup>) y A315 (16594 granos/m<sup>2</sup>) (Tabla 1). Con respecto a los porcentajes de incremento entre los dos tratamientos extremos (Sin fungicida vs. TEC), los mayores incrementos se detectaron en A315 (+34,4%), seguido por Bag11 (+26,1%) y A303 (+16,8%) (Figura 3.2b).

**Tabla 1.** Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde (DAFV), número de espigas/m<sup>2</sup> (NESP), número de granos/espiga (NGE), número de granos totales (NGT), peso de mil granos (PMG) y rendimiento en grano un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	ABCPE	DAFV (días)	NESP (Esp/m <sup>2</sup> )	NGE	NGT (granos/m <sup>2</sup> )	PMG (g)	Rendimiento (kg/ha)
<i>Año</i>							
2014	502 a	106 a	544 b	34,4	19623 a	38,2	6343
2015	358 b	102 b	611 a	33,7	17247 b	38,1	6332
<i>Patógeno</i>							
<i>Py. tritici-repentis</i>	453 a	107 a	582	40,0	18985	38,1	6628
<i>P. triticina</i>	407 b	101 a	573	34,1	17885	38,1	6047
<i>Fungicida</i>							
Sin fungicida	573 a	84,2c	543	31,5 c	16173 c	35,8 c	5160 c

<i>TE</i>	389 b	110 b	588	34,3 b	18873 b	38,6 b	6711 b
<i>TEC</i>	329 c	118 a	602	36,4 a	20258 a	39,9 a	7142 a
<b>Nitrógeno</b>							
<i>0N</i>	444 a	78,5 c	520 c	32,1 c	15652 c	38,2 ab	5506 c
<i>70N</i>	436 a	105 b	584 b	33,9 b	18332 b	38,3 a	6352 b
<i>140N</i>	411 b	129 a	629 a	36,2 a	21320 a	37,7 b	7155 a
<b>Cultivar</b>							
<i>ACA 315 (GC1)</i>	377 b	99,5 c	576	31,3 c	16594 c	38,2	5949 b
<i>Baguette 11 (GC2)</i>	544 a	103 b	574	37,0 a	20439 a	38,1	6613 a
<i>ACA 303 (GC3)</i>	370b	109 a	582	34,0 b	18271 b	38,0	6450 a

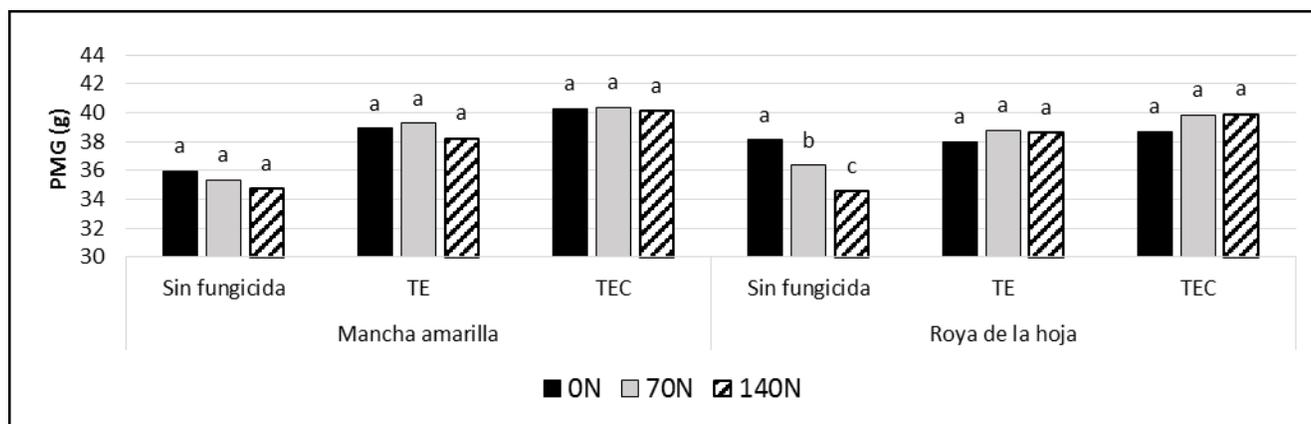
TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha, GC: grupo de calidad



**Figura 2.** Medias del número de granos totales (NGT) de la interacción *Patógeno* × *Fungicida*<sup>1</sup> (a) y *Fungicida* × *Cultivar*<sup>2</sup> (b) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada <sup>1</sup>enfermedad o <sup>2</sup>cultivar son estadísticamente iguales (LSD  $p=0,05$ )

Al igual que el NGT, los valores de NGE fueron más elevados en el cultivar Bag11 (promedio 37,0 granos/espiga) seguido por A303 (promedio 33,9 granos/espiga) y A315 (promedio 31,3 granos/espiga) (Tabla 1). El incremento promedio del tratamiento de TE fue de un 8,84% en relación al tratamiento sin fungicida (31,5 granos/espiga), en tanto que el tratamiento de TEC evidenció un aumento del 15,4% (Tabla 1). Asimismo, cuando se comparó el tratamiento sin fertilizar (32,1 granos/espiga) con la dosis de 70N, el NGE se incrementó en un 5,34% promedio, en tanto que la aplicación de 140N generó un aumento del 11,2% (Tabla 1).

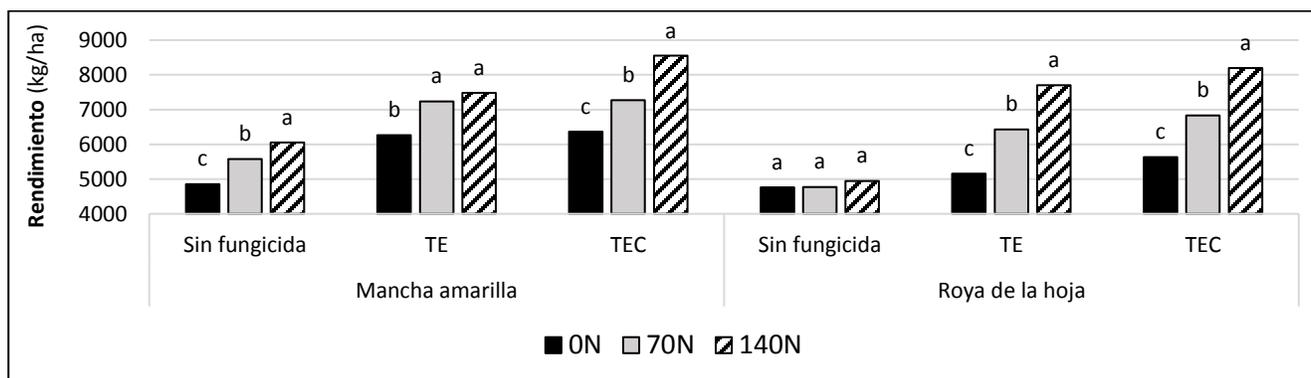
El PMG estuvo afectado por la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* que estuvo explicada fundamentalmente por las disminuciones en el PMG ante incrementos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida frente a roya de la hoja que llegaron al -4,61% (70N) y -9,28% (140N) respecto al tratamiento 0N (Figura 3). En términos generales, cuando se compararon el tratamiento sin fungicida (35,8 g) con el de TE, el PMG se incrementó en promedio un 7,78% en tanto que el tratamiento de TEC implicó un aumento del 11,3% (Tabla 1).



**Figura 3.** Medias de peso de mil granos (PMG) en la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD  $p=0,05$ )

El rendimiento en grano presentó importantes incrementos ante la aplicación de fungicidas (Tabla 1), explicado principalmente por incrementos en el NGT ( $R^2=0,581$ ;  $p<0,001$ ) comparados al PMG ( $R^2=0,344$ ;  $p<0,001$ ). Cuando se comparó el tratamiento sin fungicida (5159 kg/ha) con el de TE, el rendimiento se incrementó en promedio un +19,7% (6711 kg/ha) en tanto que el tratamiento de TEC implicó un aumento del +38,4% (7142 kg/ha) (Tabla 1). Si bien el cultivar Bag11 presentó en promedio los mayores niveles de rendimiento (6613 kg/ha) no presentó diferencias significativas con respecto al cultivar A303 (6450 kg/ha), aunque ambos presentaron valores promedio superiores a los observados en A315 (5949 kg/ha) (Tabla 1).

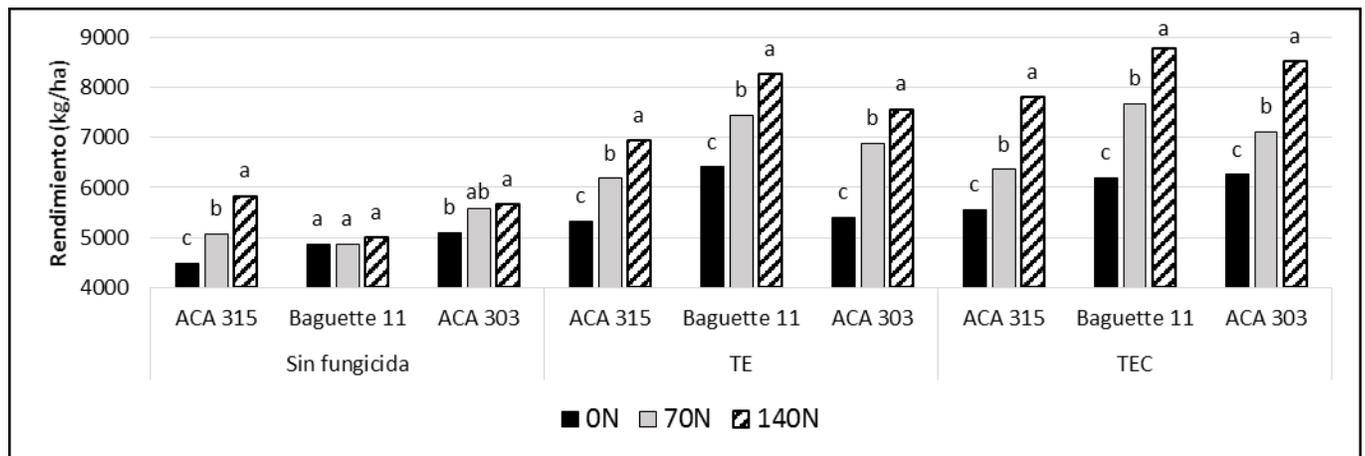
Al igual que el PMG, el rendimiento estuvo afectado por la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* dado que el mismo se incrementó con dosis crecientes de N con ambos patógenos excepto en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja (Figura 4). En este sentido, cuando se contrastaron los tratamientos 0N y 140N ante mancha amarilla el rendimiento se incrementó hasta 24,7% (sin fungicida), +19,4% (tratamiento TE) y +34,3% (TEC). Cuando los mismos tratamientos fueron comparados en roya de la hoja, no se detectaron aumentos en el tratamiento sin fungicida, en tanto que ante el tratamiento TE presentó incrementos de 49,5% (0N vs. 140N) y aumentos del 45,5% para el tratamiento TEC, valores considerablemente superiores que en mancha amarilla (Figura 4).



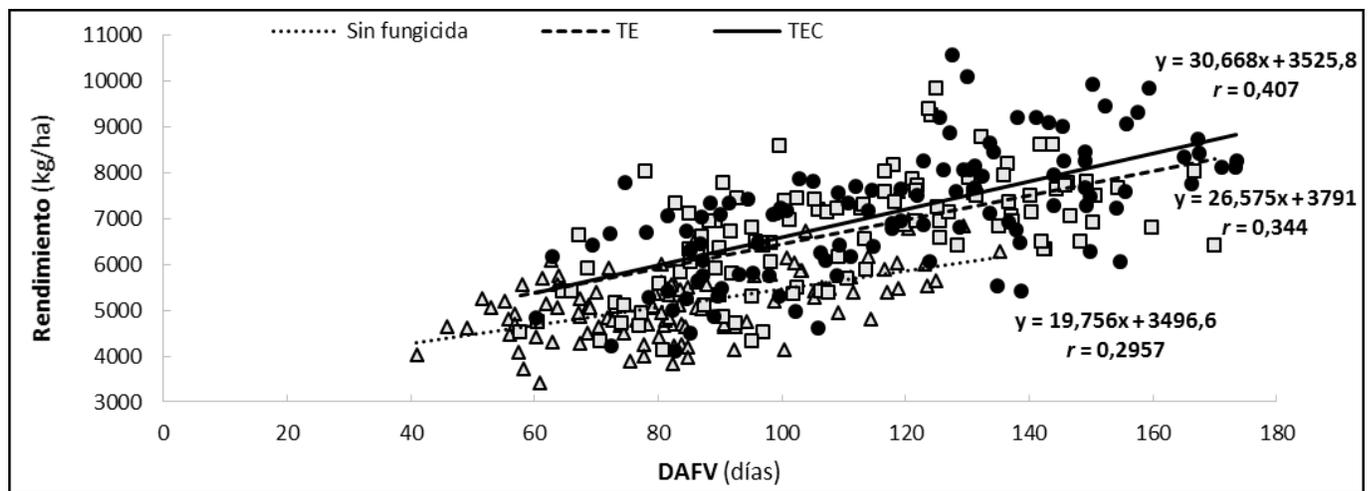
**Figura 4.** Medias de rendimiento en la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD  $p=0,05$ )

Asimismo, el rendimiento estuvo influenciado por la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* dado que el mismo se incrementó con el aumento de la dosis de N en los tratamientos con y sin fungicida, excepto para el cultivar Bag11 en ausencia de fungicidas (Figura 5). Dentro de cada tratamiento de fungicida testeado, la aplicación de N generó incrementos en el rendimiento (0N vs. 140N) de hasta 30,2% (A315) y 11,2% (A303) para el tratamiento sin fungicida; de hasta +30,5% (A315), +29,1% (Bag11) y +40,1% (A303) para el fungicida TE y de hasta +40,5% (A315), +42,2% (Bag11) y +36,2% (A303) para el fungicida TEC (Figura 5).

Por otro lado, existieron asociaciones positivas y significativas entre la DAFV y el rendimiento para los tres tratamientos de fungicidas a través de ambos patógenos. Las mayores tasas de incrementos de rendimiento se lograron con la aplicación de la triple mezcla TEC ( $p < 0,05$ ) con 30,7 kg/ha/día de DAFV del cultivo, seguido por el tratamiento de TE ( $p < 0,05$ ) con 26,6 kg/ha/día de DAFV y luego el testigo sin fungicida con 19,7 kg/ha/día de DAFV (Figura 6).



**Figura 5.** Medias de rendimiento en la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de fungicida y cultivar son estadísticamente iguales (LSD  $p = 0,05$ )



**Figura 6.** Correlación de la duración del área foliar verde del cultivo (DAFV) y el rendimiento de los tres tratamientos de fungicidas en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida)

## Conclusiones

- ✓ La fertilización nitrogenada incrementa la severidad de roya de la hoja en tratamientos desprotegidos y disminuye la efectividad de los fungicidas ante infecciones de este patógeno.
- ✓ La fertilización nitrogenada disminuye la severidad de la mancha amarilla en tratamientos protegidos y desprotegidos, con mayores diferencias en los desprotegidos
- ✓ En tratamientos desprotegidos e inoculados con el organismo biotrófico *P.triticina*, incrementos en la dosis de N no provocaron incrementos en el rendimiento debido a mayores niveles de severidad de este patógeno y caídas en la DAFV
- ✓ Ante infecciones de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis*, los efectos fungicidas sumado a los efectos fisiológicos positivos como incrementos en la Eficiencia en el uso de la radiación, Eficiencia en el uso del agua y en la eficiencia fotosintética permiten que la mezcla TEC aumente en mayor medida el rendimiento respecto a la doble mezcla TE

## Bibliografía

- Annone, J.G., R. García, G. Botta, A. Ivancovich. 2001. Pérdidas de rendimiento ocasionadas por la "Roya de la Hoja" y la "Mancha Amarilla" del trigo: estimaciones en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Revista de Tecnología Agropecuaria Vol. VI, Núm. 16. E.E.A. INTA Pergamino. pp 21-23.
- 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.
- Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Gerard, G.S., Dietz, J.I., Golik, S.I., Simón, M.R., 2018a. Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. Crop. Prot.106, 201–209.
- Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Gerard, G.S., Dietz, J.I., Golik, S.I., Campos, P.E., Simón, M.R., 2018b. How leaf rust disease and its control with fungicides affect dough properties, gluten quality and loaf volume under different N rates in wheat. J. Cereal Sci. 80, 119–127.
- Fleitas MC (2017) Tolerancia de cultivares de trigo a mancha amarilla y roya de la hoja: su impacto en el rendimiento y calidad panadera bajo fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sistémicos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 189 p.
- 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. Stif. f. Int. Entw., Workshop Feldafing, 8: 1-19.
- Moreno, M.V., Stenglein, S.A., Perelló, A.E. 2012. Pyrenophora tritici-repentis, Causal Agent of Tan Spot: A Review of Intraspecific Genetic Diversity, The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0157-4
- 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. Eur J Plant Pathol 135:561–580 DOI 10.1007/s10658-012-0125-z
- 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., Ellis, R.H., 2006. Modelling simultaneously water content and dry matter dynamics of wheat grains. Field Crops Res. 96, 46-93.
- Schierenbeck, M. 2015. Roya de la hoja y Mancha amarilla del trigo: Principales efectos sobre componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento. Tesis de Maestría en Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 210 pp.
- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C., Miralles, D.J., Simón, M.R., 2016. Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust?. Field Crop Research, 199:65-76
- Schierenbeck, M. (2018) Impacto de la mancha amarilla y roya de la hoja en la dinámica del nitrógeno en cultivares de trigo con diferente tolerancia, bajo aplicación de fertilización nitrogenada y fungicidas. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 253 p.

- Schierenbeck, M., Fleitas, M.C., Simón, M.R., Cortese, F., Golik, S.I. 2019. Nitrogen accumulation in grains, remobilization and post-anthesis uptake under tan spot and leaf rust infections on wheat. *Field Crops Research*, 235: 27-37
- 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.
- Verret, E. 1995. Principles of integrated pest management. The IPM wheat model. *Pflanzenschutz Nachrichten, Bayer* 48, p 303.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14,415–421.