

Schierenbeck, M.^{1,2*}, Fleitas, M.C.^{1,2},
Golik, S.I.¹, Miralles, D.J.^{2,3,4}, Simón,
M.R.¹.

¹ Cerealicultura, Facultad de Ciencias
Agrarias y Forestales, UNLP. 60 y 119,
CC 31 La Plata, Argentina.

² CONICET-CCT La Plata, Argentina.

³ Departamento de Producción Vegetal,
Cátedra de Cerealicultura, Universidad
de Buenos Aires, Av. San Martín 4453,
C1417DSE Buenos Aires, Argentina.

⁴ IFEVA, Universidad de Buenos Aires,
Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos
Aires, Argentina.

E-mail: mschierenbeck@hotmail.com

Palabras Claves:

Mancha amarilla, Roya de la
hoja; Área foliar verde; Tasa
de crecimiento; Radiación
absorbida; Biomasa.

Mancha amarilla y roya de la hoja en trigo. ¿Cómo afectan la tasa de crecimiento del cultivo?

Las enfermedades foliares, constituyen uno de los principales factores bióticos que limitan la expresión de los rendimientos y calidad del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en todo el mundo. (Oerke & Dehne, 1997).

La producción de biomasa, para un amplio rango de cultivos como el trigo, depende de la capacidad del canopeo (i) para interceptar la radiación incidente, que es función del índice de área foliar (IAF) y la arquitectura del canopeo (ii) y de la eficiencia con que se convierte la energía lumínica en biomasa (eficiencia en el uso de la radiación, EUR) (Reynolds et al., 2005).

Las enfermedades foliares fúngicas como “mancha amarilla” (*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 la “roya de la hoja” (*Puccinia triticina* Eriks) producen mermas sobre el rendimiento y los componentes numéricos que lo conforman (peso de mil granos, número de espigas por m², número de granos por espiga). Generan 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 y, en consecuencia, la tasa de crecimiento del cultivo. Si bien existen antecedentes sobre el efecto de las enfermedades foliares en su conjunto sobre estas variables (Bancal et al., 2007; Serrago et al., 2009), la incidencia de cada patógeno inoculado separadamente no ha sido investigada (Schierenbeck, 2015).

OBJETIVO

Evaluar el impacto del patógeno necrotrófico *Pyrenophora tritici-repentis* (mancha amarilla) y el biotrófico *Puccinia triticina* (roya de la hoja) inoculados en forma separada sobre la dinámica del área foliar verde y no verde, la absorción y eficiencia en el uso de radiación y la tasa de crecimiento del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se llevaron a cabo durante 2012 y 2013 en la E.E. Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (34° 52' LS; 57° 58' LO).

Se registraron los datos climáticos en una estación meteorológica ubicada a 200 metros de los ensayos. Las parcelas principales fueron las inoculaciones con: 1. *P. tritici-repentis* (mancha amarilla -MA-) y 2. *P. triticina* (roya de la hoja -RH-). En la sub-parcela fueron los tratamientos

de inoculación: 1. sin inóculo y aplicación de fungicida (SI); 2. baja concentración de inóculo de cada patógeno (BCI); 3. alta concentración de inóculo de cada patógeno (ACI).

Como sub-parcela se sembraron 10 cultivares de trigo de ciclo intermedio-largo: Klein Yarárá, Klein Guerrero, Baguette 11, Baguette 17, Baguette 18, ACA 303, ACA 315, Bio INTA 3004, SY100 y Sursem LE2330.

La siembra se realizó a mediados del mes de Junio, con una sembradora experimental, a 20 cm entre líneas y una densidad de 250 pl.m⁻².

Cada parcela experimental tuvo una superficie de 7,7 m². Se aplicaron 100 kg N/ha, como urea, dividida en dos momentos (siembra y fines de macollaje) y 50 kg P/ha como fosfato triple de calcio a la siembra.

El inóculo de *P. tritici-repentis* se preparó en caldo V8R y se multiplicó mediante sucesivos repiques en flujo laminar. Mediante raspado de las cajas se extrajo el micelio infectivo y se ajustó una solución de baja concentración de inóculo, BCI (3x10² esporas/ml) y otra de alta concentración de inóculo, ACI (3x10³ esporas/ml). Las inoculaciones se realizaron a fines de macollaje (EC24) (Zadoks et al., 1974) y en hoja bandera desplegada (EC39), utilizándose 800 ml de solución por parcela y por aplicación.

Para la inoculación con *P. triticina* se utilizó una mezcla de razas virulentas sobre los distintos cultivares, provista por el Ing. Pablo Campos del INTA Bordenave y consistió en la pulverización de las borduras susceptibles cercanas al tratamiento de ACI, con una concentración de 0,5 mg de esporas por planta y con 0,2 mg en BCI. En las sub-parcelas SI, se aplicó el fungicida Orquesta TM Ultra (fluxapyroxad) 50g/L, epoxiconazole 50 g/L y pyraclostrobin 81 g/L) en pleno macollaje (EC23) y EC39 con una tasa de aplicación de 140 L/ha. y una dosis de 1,2 L/ha.

Las evaluaciones se realizaron en EC39, anthesis (EC60) y grano pastoso (EC82) y consistieron en la determinación de la severidad mediante estimación visual (% de lesión cubierta por la enfermedad en la hoja). Se evaluó la biomasa, mediante la extracción de 1.50 m lineales de plantas y posterior secado de una alícuota a 60°C por 72 h

para determinar la materia seca aérea. El IAF total se estimó mediante el conteo de macollos en 2 m lineales y la medición de todas las hojas, con al menos una porción de tejido verde y la primera con síntomas de senescencia de un total de siete macollos y teniendo en cuenta un factor de forma de 0,835 (Miralles & Slafer, 1990). Mediante las estimaciones de severidad se calculó el índice de área foliar verde (IAFV) y la proporción de área foliar no verde (%AFNV). La radiación incidente y la radiación fotosintéticamente activa interceptada, fueron evaluadas mediante un ceptómetro y utilizadas para calcular la radiación absorbida (RA) por tejido verde junto a las evaluaciones de severidad. La EUR se calculó como la pendiente de la regresión entre la RA y la biomasa generada acumulada.

La tasa de crecimiento del cultivo (g.día⁻¹) para el periodo EC39-EC82 fue calculada como la pendiente de la regresión de la biomasa acumulada en EC39, EC60 y EC82 y los días desde emergencia de estas evaluaciones. El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANVA) para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition. Las medias se compararon mediante el test LSD (P=0,05).

RESULTADOS

Las variaciones climáticas entre años, influenciaron fuertemente el desarrollo epidemiológico de las enfermedades evaluadas.

En este sentido, el año 2012 presentó condiciones más favorables para el desarrollo de enfermedades en post-floración debido a la mayor acumulación de precipitaciones, humedad relativa y temperaturas medias más elevadas que provocaron mayores niveles de severidad en EC82, ABCPE, en el % AFNV (Tabla 1).

Dinámica del área foliar verde y no verde

En el estadio de EC39, el %AFNV mostró diferencias significativas para la interacción Patógeno x Inoculación (P=0,05).

En este sentido, inoculaciones con *Py. tritici-repentis* presentaron un aumento significativo en esta variable en los tratamientos BCI y ACI. En contraposición, no se detectaron diferencias significativas cuando se inoculó *P. tritici*. En EC60, el %AFNV presentó un aumento de 16,7 % (SI); 25,8 % (BCI) y 27,1 % (ACI) ante inoculaciones con *Py. tritici-repentis* y de 24,3 % (SI); 32,4 % (BCI) y 32,3

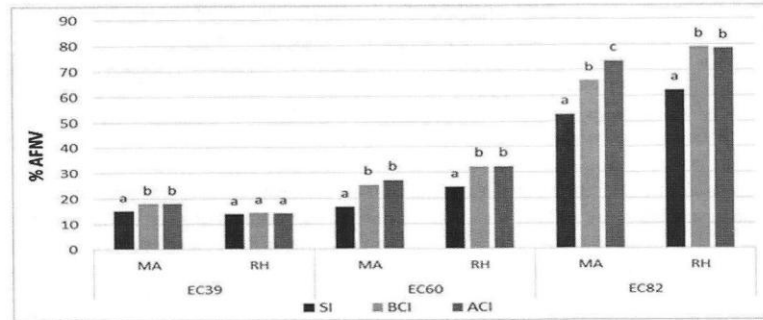
Tabla 1

Datos climáticos registrados durante el ensayo

	Temperatura °C			Humedad %		Radiación Watt/m ²		Precipitaciones (mm.)		
	2012	2013	1969-2009	2012	2013	2012	2013	2012	2013	1969-2009
Junio	10,0	10,0	10,7	77	84	1759	1937	22,2	10,4	54,3
Julio	7,1	9,8	10,3	71	87	221	1860	13,4	46,0	62,1
Agosto	12,3	10,0	10,7	89	73	1803	2990	222,8	7,2	59,2
Septiembre	13,6	11,9	13,5	88	84	3334	2967	52,4	150,8	67,9
Octubre	16,6	16,1	16,5	90	83	3594	4263	192,0	28,8	96,1
Noviembre	20,1	18,9	19,3	82	83	5191	4775	41,2	140,6	98,6
Diciembre	22,6	24,2	22,3	84	71	5641	6052	143,6	30,3	80,6

Figura 1

Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) promedio en los estadios EC39, EC60 y EC82 para la interacción Patógeno x Inoculación. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno y estadio son significativamente iguales (LSD p=0,05)



% (ACI) ante *P. tritici-na*. Para EC82, los tratamientos BCI y ACI presentaron los mayores valores sin diferencias significativas entre ellos (79 y 73,6 %, respectivamente) frente a 53% (SI) cuando *Py. tritici-repentis* fue el patógeno principal. Para *P. tritici-na*, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos BCI y ACI (79 y 78,5%, respectivamente), mientras que el tratamiento SI presentó los menores valores (62,4%) (Figura 1). El efecto de la inoculación de los patógenos se manifestó en incrementos en la tasa de aumentos del %AFNV. En ese sentido, inoculaciones con *Py. tritici-repentis* presentaron una tasa de aumento del 0,91%.dia-1 para el tratamiento SI; 1,13%. dia-1 (BCI) y 1,31%.dia-1 ante ACI, lo que se corresponde con incrementos del 24,2% y 43,8% en el avance de la enfermedad con respecto al tratamiento SI. Por su parte cuando *P. tritici-na* fue el patógeno predominante la tasa de aumento del %AFNV se incrementó desde 1,19%.dia-1 a 1,44%.dia-1 (BCI) y 1,37%.dia-1 (ACI), correspondiente a aumentos del 20,6% y 14,9% respectivamente.

El valor de IAFV de las tres evaluaciones mostró reducciones notorias con el aumento en la concentración de inóculo frente al tratamiento protegido (SI) ($P < 0,001$) aunque no se presentaron diferencias significativas entre los

patógenos evaluados. En EC39 y con respecto al testigo SI, los tratamientos BCI y ACI disminuyeron el valor de IAFV un 21,0 % y un 26,6 % respectivamente. En antes, se detectaron disminuciones de 24,3 % (BCI) y 38,5 % (ACI) con respecto al tratamiento SI, en tanto que en EC82 los porcentajes de disminución fueron de 51,6% (BCI) y 66,3% (ACI) frente al tratamiento SI.

Absorción y eficiencia en el uso de la radiación en el ciclo de cultivo

Se presentaron mayores caídas porcentuales en la RFAa acumulada (EC1-EC82) con respecto al tratamiento SI, ante aumentos en la concentración de inóculo de *Py. tritici-repentis* en relación a *P. tritici-na* (Figura 2 a y b).

La RFAa EC1-EC82 presentó disminuciones del 6% (BCI) y 18,6% (ACI) con respecto al tratamiento SI ante inoculaciones de *Py. tritici-repentis* en 2012 (Figura 2a); en tanto que cuando *P. tritici-na* fue el patógeno principal, el tratamiento ACI presentó una disminución del 9,7% en la RFAa acumulada con respecto a SI (Figura 2b). En el año 2013 se presentaron mayores diferencias porcentuales entre los tratamientos ACI y SI para ambos patógenos. Cuando MA fue la enfermedad principal, se detectaron

reducciones de hasta 21,2% (ACI) con respecto a SI, en tanto que RH presentó caídas en la RFAa EC1-EC82 de hasta 15% en el tratamiento ACI (Figura 2 a y b). Para el subperiodo EC1-EC39 aumentos en la concentración de inóculo de *Py. tritici-repentis*, provocaron caídas del 12,6% en 2012 y 17,5% (ACI) en 2013 al ser comparado con el tratamiento ACI con el SI (Figura 2a).

Teniendo en cuenta el mismo subperiodo, inoculaciones con *P. tritricina* no presentaron diferencias significativas

entre tratamientos de inoculación en 2012. Por su parte, mostraron una caída con respecto al tratamiento SI del 10,1% ante ACI en 2013 (Figura 2b). La RFAa EC39-EC60 presentó reducciones notorias ante el tratamiento ACI de *Py. tritici-repentis* en ambos años (17,6% en 2012 y 11,4% en 2013) con respecto al tratamiento SI (Figura 2a).

Por otro lado, el tratamiento ACI de *P. tritricina* presentó una caída en la RFAa del 11,9% en 2012 y del 14,1% con respecto a SI en 2013 (Figura 2b). En el periodo de post-floración

Figura 2

Radiación fotosintéticamente activa absorbida acumulada (EC1-EC82) y por subperiodos para la interacción Año x Patógeno x Inoculación en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* (Figura a) y *P. tritricina* (Figura b).

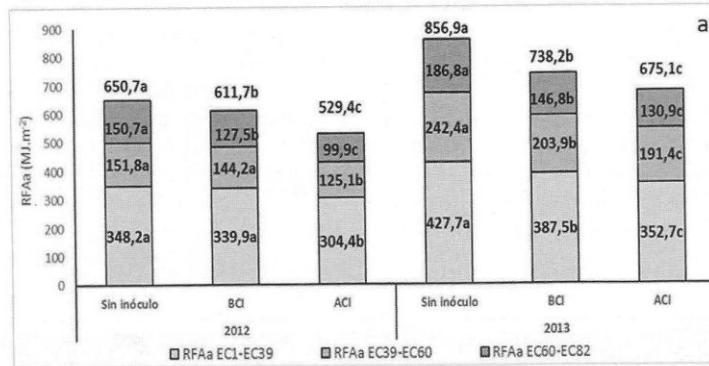


Figura 2A

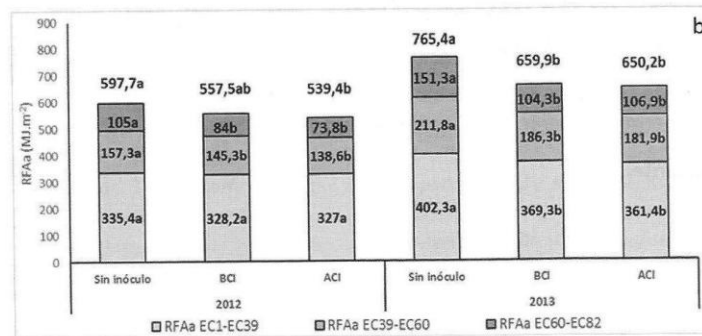


Figura 2B

(EC60-EC82) se presentaron las mayores reducciones porcentuales con respecto al tratamiento SI, ante aumentos en la concentración de inóculo de ambos patógenos (Figura 2a y b). Para MA, se detectaron disminuciones con respecto al tratamiento SI de hasta 33,7% (ACI) en 2012 y 21,2% (ACI) en 2013 (Figura 2a).

Por su parte, inoculaciones de *P. triticina* presentaron caídas de hasta el 29,3% y 15% cuando se comparó el tratamiento ACI con el SI en 2012 y 2013, respectivamente (Figura 2b).

Medias seguidas por la misma letra dentro de cada subperíodo y tratamientos de inoculación son significativamente iguales (LSD $p=0,05$).

Para la interacción Patógeno \times Inoculación se observó que la EURabs fue afectada en mayor proporción ante incrementos en la concentración de inóculo de *P. triticina*.

En este sentido, esta variable no presentó reducciones con respecto al tratamiento SI ante incrementos en la concentración de inóculo de *Py. tritici-repentis*, en tanto que ante *P. triticina* el tratamiento ACI presentó una disminución promedio del 11,2% con respecto al tratamiento SI (2,52 g. MJ-1 vs. 2,23 g. MJ-1).

Tasa de crecimiento del cultivo y producción de biomasa

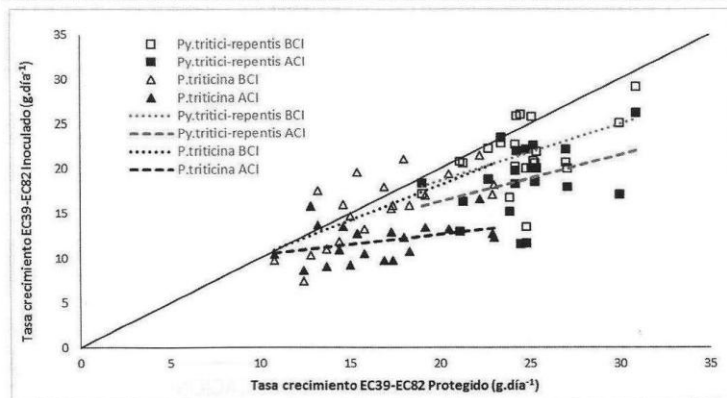
La tasa de crecimiento del cultivo para el período EC39-EC82 para la interacción Patógeno \times Inoculación evidenció una tendencia a mayores disminuciones ante incrementos en la concentración de inóculo de *P. triticina*. En este sentido, la tasa de crecimiento presentó en términos generales mayores valores ante inoculaciones de *Py. tritici-repentis* y menores efectos con respecto al tratamiento SI ante incrementos en la concentración de inóculo, con valores que promediaron 24,7g. día-1 (Tratamiento SI) a 18,8g. día-1 para ACI, correspondiente con disminuciones del 23,9%.

Por su parte, ante *P. triticina* el tratamiento ACI (11,8 g. día-1) presentó una disminución promedio del 28,9% con respecto al tratamiento SI (16,6 g. día-1) (Figura 3).

La producción de biomasa aérea para las 3 evaluaciones realizadas, evidenciaron diferencias altamente significativas ($P<0,001$) entre tratamientos de inoculación, mostrando reducciones notorias en esta variable ante aumentos en la concentración de inóculo, aunque no se detectaron diferencias significativas entre los patógenos evaluados.

Figura 3

Tasa de crecimiento del cultivo en el período EC39-EC82 y rectas de regresión para la interacción Patógeno \times Inoculación en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*.



Conclusiones

- El análisis de variables ecofisiológicas, podrían ser una herramienta de utilidad para mejorar las decisiones de manejo de enfermedades foliares en trigo y otros cereales
- Mancha amarilla y Roya de la hoja, provocaron incrementos en la proporción del área foliar no verde, generando caídas en la producción de biomasa del cultivo debido a decrecimientos en el IAFV, la radiación absorbida por el cultivo y la tasa de crecimiento.
- La tasa de crecimiento del cultivo para el periodo EC39-EC82, presentó mayores caídas ante inoculaciones con *P. triticina* (-28,9%) frente a *Py. tritici-repentis* (-23,9%), cuando fueron comparados frente a un tratamiento protegido.
- La mayor disminución en la EUR cuando *P. triticina* fue inoculado con respecto a *Py. tritici-repentis*, se asocia con el hábito biotrófico del patógeno que podría estar vinculado con reducciones en la tasa de fotosíntesis foliar, aumentos en la tasa de respiración-transpiración, y/o consumo de fotoasimilados por parte del patógeno.

Bibliografía

- 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.
- Miralles, D. J., Slafer, G.A. 1990. Estimación del área foliar en trigo: Generación y validación de un modelo. 11vo Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap.I: 76-85.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W. 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection – current situation and future trends. *Eur. J. Plant Pathol.* 103:203-215.
- Reynolds, M.P., Pellegrineschi, A., Skovmand, B. 2005 Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals of Applied Biology*, 146: 39–49.
- 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.
- 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.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415–421

Encuentre el presente trabajo en www.aapresid.org.ar - PUBLICACIONES