

Cambios Relevantes en la Población del Agente Causal de Roya de la Hoja de Trigo (*Puccinia triticina*)

Silvia Germán¹ y Marina Castro²

Introducción

La roya de la hoja de trigo (causada por *Puccinia triticina*) es una de las enfermedades foliares de trigo más difundidas y de mayor importancia económica en Uruguay y en el resto de los países del Cono Sur (Germán et al. 2007a). Además de las condiciones climáticas favorables para la enfermedad, un alto porcentaje del área se siembra con cultivares susceptibles o moderadamente susceptibles determinando que el patógeno pueda sobrevivir sobre plantas voluntarias de trigo en amplias zonas, las epidemias puedan comenzar temprano y potencialmente ser más severas. En condiciones extremas se han estimado pérdidas de rendimiento de grano de más de 50% en cultivares susceptibles (Germán et al. 2007^a, 2009)

Cuando utilizan cultivares de trigo con niveles insuficientes de resistencia, la roya de la hoja se controla utilizando una o más aplicaciones de fungicidas, dependiendo del año y el nivel de susceptibilidad de la variedad. Los cultivares más susceptibles requieren dos y eventualmente más aplicaciones, y deben monitorearse en forma sistemática, de forma de decidir aplicaciones tempranamente, con niveles de infección manejables de acuerdo al criterio de nivel crítico de infección.

La importancia económica de la roya de la hoja puede estimarse a través del uso de fungicidas para controlarla. Aunque no hay estadísticas oficiales sobre el uso de fungicidas en cultivos en Uruguay, algunas estimaciones indican que el número promedio de aplicaciones por hectárea ha variado entre 1.0 a 1.5 en los últimos años. Si bien los fungicidas se utilizan para controlar el complejo de enfermedades presentes cada año, durante la severa epidemia de roya de la hoja del año 2010 la mayoría de las 1.5 aplicaciones por ha estimadas para ese año se realizó para control de roya de la hoja.

La intensificación de la agricultura contribuyó al incremento en la importancia de las epidemias causadas por patógenos biotróficos en general y *P. triticina* en particular. Por un lado el incremento del área y concentración de cultivos en el caso de trigo determina mayor área donde puede multiplicarse el inóculo de ambas enfermedades. Por otro lado, las mejores prácticas culturales utilizadas para lograr mayores rendimientos determinan mayor disponibilidad de nitrógeno y desarrollo vegetativo, lo que también favorece el desarrollo de roya de la hoja incrementando el nivel de infección y el daño (Germán et al. 2010).

Cambios en el comportamiento frente a roya de la hoja de cultivares comerciales

El comportamiento de los cultivares frente a la roya de la hoja se expresa como el nivel de infección que ha mostrado cada cultivar en ensayos de campo y es el comportamiento esperable a futuro si la población del patógeno se mantiene estable. Para asignar un nivel de infección se considera toda la información disponible (ensayos de Evaluación Nacional de Cultivares y colecciones específicas). Los niveles de infección representan un concepto relativo a aquellos cultivares con mayor susceptibilidad y/o comportamiento conocido. Salvo excepciones, se asigna un nivel de infección cuando se tiene información de al menos tres años. La información sobre el comportamiento de las variedades de cultivos de invierno frente a enfermedades prevalentes de trigo y cebada está disponible en forma actualizada antes de cada zafra en las publicaciones de INASE-INIA (Resultados experimentales de evaluación de trigos y cebadas en los últimos tres años) o en la página web de INIA. La caracterización del comportamiento frente a enfermedades es un insumo importante para seleccionar los cultivares a sembrar, momento en que el manejo por resistencia debe ser planificado. El comportamiento de los cultivares también influye en el éxito del control químico. Diferencias de comportamiento de los cultivares significan diferencias en la velocidad de desarrollo de la roya de la

¹ Ing. Agr. (PhD) Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

² Ing. Agr. (PhD) Evaluación de Cultivares y Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

hoja, de forma que en aquellos cultivares que aún requiriendo control químico, la acción de los fungicidas será más eficiente y la residualidad mayor cuando mejor sea el comportamiento relativo de los materiales. Por el contrario, cuando más susceptible sea el cultivar la eficiencia de control y residualidad de los productos puede disminuir, y en estos casos es importante realizar el control rápidamente cuando se observa la enfermedad, respetando los niveles críticos de infección.

Durante el año 2010 se observaron cambios en el comportamiento frente a roya de la hoja de algunos cultivares de trigo (Cuadro 1, con fondo gris).

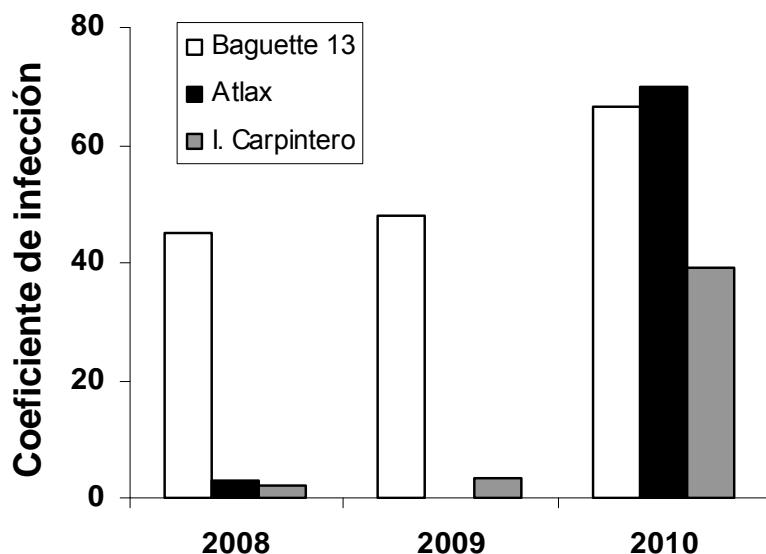
Cuadro 1. Nivel de infección de roya de la hoja de cultivares de trigo durante 2009 y 2010.

Cultivares de ciclo largo	Roya de la hoja		Cultivares de ciclo intermedio	Roya de la hoja	
	2009	2010		2009	2010
BIOINTA 3000		IA ^a	ACA 901		I
BIOINTA 3004	IA	A	ATLAX	BI	A
BUCK CHARRUA		A	BAGUETTE 17		A
BUCK GUAPO		A	BAGUETTE 18	IA	A
CALPROSE TROPERO		IA	BAGUETTE 19	I	AI
KLEIN CAPRICORNIO		I	BAGUETTE 9		A
KLEIN GAVIOTA		I	BAGUETTE PREMIUM 11	IA	AI
KLEIN MARTILLO	BI	I	BAGUETTE PREMIUM 13		A
KLEIN PROTEO		B	BIOINTA 1001		AI
LE 2210 (INIA TIJERETA)		IA	BIOINTA 1002		B
LE 2245 (INIA GORRION)		IA	BIOINTA 1004		I
LE 2313 (INIA GARZA)		I	BIOINTA 1006		B
LE 2325 (INIA CHIMANGO)	AI	A	BIOINTA 2004		B
LE 2346 (GENESIS 2346)		B	CENTAURO	B	BI
LE 2358 (GENESIS 2358)	B	BI	FUNDACEP CRISTALINO	B	BI
LE 2359 (GENESIS 2359)		B	INIA MIRLO		A
PROINTA PUNTAL	A	IA	KLEIN CASTOR		IA
			KLEIN CHAJA		I
			KLEIN FLECHA		I
			KLEIN TAURO		BI
			LE 2249 (INIA CHURRINCHE)		IA
			LE 2331 (INIA DON ALBERTO)		BI
			LE 2332 (INIA MADRUGADOR)		I
			LE 2333 (INIA CARPINTERO)	B	AI
			LE 2354 (GENESIS 2354)		B
			NOGAL		B
			PROINTA GAUCHO		B

Fuente: adaptado de Castro *et al.* 2010, 2011

^a: B: bajo, I:intermedio, A: alto
equivale a niveles de susceptibilidad crecientes
B nivel de infección = resistente
A nivel de infección = susceptible

Algunos cambios fueron menores, y muchas veces son resultado de ajustes en base a mayor información (principalmente cuando se obtienen datos en años con alta presión de la enfermedad) o cambios en frecuencia de razas virulentas ya presentes en el país. Sin embargo, el nivel de infección de los cultivares Atlax e INIA Carpintero, con nivel de infección bajo a intermedio y bajo en 2009, respectivamente, incrementaron sustancialmente en relación a años anteriores (Figura 1).



Fuente: adaptado de Castro *et al.* 2009, 2010, 2011

Coeficiente de infección = severidad (% de infección) x coeficiente según reacción (R=0.2, MR=0.4, MRMS=M=0.6, MS=0.8, S=1)

Figura 1. Coeficiente de infección promedio anual de roya de la hoja de tres cultivares en ensayos de la Evaluación Nacional de Cultivares durante 2008-2010.

El coeficiente de infección (CI) promedio anual de un cultivar susceptible tomado como referencia (Baguette 13) fue el más alto de los tres cultivares durante 2008-2010, observándose un mayor nivel de infección durante el año 2010, cuando la epidemia de roya de la hoja fue más temprana y severa. Atlax e I. Carpintero tuvieron bajo CI de roya de la hoja durante 2008, I. Carpintero mantuvo el bajo nivel de infección durante 2009 (Atlax no fue evaluado durante este año) y ambos incrementaron sustantivamente su infección en 2010. Durante 2010, Atlax tuvo un CI promedio muy similar al de Baguette 13, con una lectura máxima de 99 S, e I. Carpintero tuvo un CI promedio intermedio e infección máxima de 80 SMS (Castro *et al.* 2011). Estos cambios de comportamiento tan marcados generalmente son debidos a la presencia de nuevas razas virulentas del patógeno.

Cambios relevantes en la población de *Puccinia triticina*.

La población de *P. triticina* es altamente variable entre años y determina en general una corta duración de la resistencia de nuevos cultivares. Las razas del patógeno incrementan en frecuencia paralelamente al incremento del área de los cultivares susceptibles y disminuyen cuando el área de los mismos decrece. Las nuevas razas virulentas (causan reacción susceptible) sobre cultivares inicialmente resistentes incrementan en frecuencia causando niveles de infección y daño crecientes, resultando en cambios de comportamiento de los cultivares. Esta característica del patógeno determina por un lado que deban estudiarse anualmente las razas presentes en la población del patógeno y por otro lado que aún los cultivares resistentes deban monitorearse continuamente, ya que la probabilidad de que nuevas razas virulentas aparezcan es mayor en cultivos comerciales (área extensa) que en experimentos (área pequeña).

El monitoreo de las razas de *P. triticina* presentes cada año se realiza desde el año 1991. Los resultados de los relevamientos realizados durante 2008 y 2009, y resultados parciales de 2010 (Cuadro 2) indican que ocurrieron cambios en las razas presentes durante el último año.

Cuadro 2. Razas de *P. triticina* detectadas durante 2008-2010.

Raza	Primer año detectada	Frecuencia		
		2008	2009	2010 ^a
CGT	1991		1.2	
CHT	1997		1.2	
MCP-10	2000		1.2	
MCR-10	1989	0.8		
MDP	2002	7.3	13.6	14.6
MFP	2001	4.0	21.0	29.3
MDP-10,20	2004	11.3	3.7	4.9
MFP-10,20	2004	16.9	18.5	4.9
MDP-20	2004	2.4	3.7	4.9
MFP-20	2005	12.9	13.6	2.4
MDR-10,20	2003	1.6		
MDT-10,20	2007	17.7	8.6	
MFT-10,20	2007	11.3	6.2	
MFR-10,20	2004	0.8		
MFT	2009		1.2	
MFT-20	2008	1.6		
MHP-10	2002	0.8	1.2	
MLD-10,20	2008	0.8		
MMB-10	2008	0.8		
MMD-10,20	2006		1.2	
MRB-10	2008	0.8		
MRD-10	2008	2.4		
TDP-10,20	2007	2.4	1.2	
TDT-10,20	2010			22.0
TFT-10,20	2010			17.1
TFP	2007	0.8		
TPR-20	2008	2.4	2.5	
No aislamientos		124	81	41

^a: incompleto

Las razas del patógeno se denominan con un código utilizado internacionalmente (Long and Kolmer 1989) que se relaciona con su fenotipo de avirulencia/virulencia sobre distintos genes de resistencia. Las distintas razas de *P. triticina* pueden tener distinta reacción frente a distintos materiales de trigo y a su vez, cultivares de trigo con distinta resistencia son susceptibles a distintas razas del patógeno. Durante 2008 y 2009 prevalecieron razas similares que se diferencian en su tipo de infección (TI) sobre pocos genes de resistencia (MDP, MFP; MDP-10,20, MFP-10,20; MDP-20, MFP-20; MDT-10,20, MFT-10,20). Las razas con letras D y F en segundo lugar son muy similares dado que se diferencian por la reacción de un gen de resistencia que puede variar en reacción con la temperatura.

Las razas prevalentes en Uruguay durante 2008 y 2009 fueron similares a las prevalentes en Argentina. En Brasil las razas MDT-10,20 y MFT-10,20 (B55) han predominado en la población del patógeno desde su primera identificación en 2005. El cambio más relevante en la población del patógeno en 2010 fue la detección de las nuevas razas TDT-10,20 y TFT-10,20, denominadas B57 en Brasil, donde fueron identificadas por primera vez en 2005. Si bien el análisis de muestras de 2010 aun no ha sido completado, MDP y MFP se mantuvieron en alta proporción mientras que la frecuencia de otras razas disminuyó.

Al comenzar el análisis de muestras de 2010 se priorizó el estudio de aquellas provenientes de distintas localidades de los cultivares que cambiaron sustancialmente su comportamiento frente a roya de la hoja (Atlas e I. Carpintero), y se han analizado ya otras de otros cultivares susceptibles (Cuadro 3).

Cuadro 3. Algunas muestras de roya de la hoja de 2010 analizadas.

Muestra	Fecha Reci	Material	Localidad	Ensayo, Colaborador	Aislamiento	Raza
1848	23/09/2010	Atlax	Young	ENC CI 1	1848-2	TDT-10,20
1882	12/10/2010	Atlax	La Estanzuela	CI 2 PNEC	1882-2	TDT-10,20
1882	12/10/2010	Atlax	La Estanzuela	CI 2 PNEC	1882-A	TDT-10,20
1884	18/11/2010	Atlax	Maciel, Argentina	Sursem	1884-A	TDT-10,20
1911	19/11/2010	Atlax	Pergamino, Argentina	INTA	1911-1	TDT-10,20
1911	19/11/2010	Atlax	Pergamino, Argentina	INTA	1911-2	TDT-10,20
1848	23/09/2010	Atlax	Young	ENC CI 1	1848-1	TFT-10,20
1855	23/09/2010	Baguette 11	Young	ENC CI 1	1855-1	MFP
1844	26/07/2010	Baguette 11	Ombúes de Lavalle	J. Viera (FADISOL)	1844-2	TDT-10,20
1851	23/09/2010	Baguette 17	Young	ENC CI 1	1851-1	MDP
1845	23/09/2010	Baguette 17	Young	ENC CI 1	1845-1	MFP
1851	23/09/2010	Baguette 17	Young	ENC CI 1	1851-2	MFP
1894	13/10/2010	BIOINTA 3004	Yung	ENC CI 1	1894-1	TDT-10,20
1894	13/10/2010	BIOINTA 3004	Young	ENC CI 1	1894-2	TDT-10,20
1858	28/09/2010	I. Carpintero	Tarariras	C.Chico (Soc. Fom. Tarariras)	1858-1	MDP
1885	18/11/2010	I. Carpintero	Maciel, Argentina	Sursem	1885-A	MDP
1885	18/11/2010	I. Carpintero	Maciel, Argentina	Sursem	1885-B	MDP
1858	28/09/2010	I. Carpintero	Tarariras	C.Chico (Soc. Fom. Tarariras)	1858-2	MDP-10,20
1854	23/09/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1854-2	MFP
1880	12/10/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1880-1	MFP
1881	12/10/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1881-B	MFP
1898	13/10/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1898-1	MFP
1889	23/09/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1889-1	TDT-10,20
1854	23/09/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1854-1	TFT-10,20
1892	23/09/2010	I. Carpintero	Young	ENC CI 1	1892-2	TFT-10,20
1905	21/04/2010	K. Tauro	La Estanzuela	ENC	1905-2	MDP-10,20
1905	21/04/2010	K. Tauro	La Estanzuela	ENC	1905-1	MFP-10,20
1853	23/09/2010	Safira	Young	EL Tauro	1853-1	TFT-10,20
1853	23/09/2010	Safira	Young	EL Tauro	1853-2	TFT-10,20

Las muestras del año 2010 fueron recogidas en La Estanzuela, Young, Ombúes de Lavalle y dos localidades en Argentina (Pergamino y Maciel). Se destaca y agradece la colaboración de colegas de la Sociedad de Fomento de Tarariras (Ing. Agr. Carolina Chico) y FADISOL (Ing. Agr. J. Viera) en el envío de muestras.

Del cultivar Atlax se aislaron solo las nuevas razas del patógeno TDT-10,20 y TFT-10,20. Estas razas también fueron aisladas de Baguette 11, Baguette 17, BIOINTA 3004, I. Carpintero y Safira. Durante 2010, las razas determinadas en muestras recogidas de I. Carpintero fueron MDP (3 muestras), MFP (4 muestras), MDP-10,20 (1 muestra), TDT-10,20 (1 muestra) y TFT-10,20 (2 muestras). INIA Carpintero era resistente a todas las razas del patógeno probadas cuando fue liberado, incluyendo la raza MDP. Los aislamientos de I. Carpintero correspondientes a la raza MDP tienen el mismo TI sobre los materiales utilizados para la identificación de razas, pero difieren en su reacción sobre I. Carpintero.

Otra raza identificada en muestras de Génesis 2358 (TJG-10,20) en fase de purificación y estudio, también fue identificada por primera vez en 2010.

Comportamiento de cultivares frente a las nuevas razas de *Puccinia triticina*.

El comportamiento de cultivares comerciales frente a las nuevas razas identificadas en 2010, incluyendo la variante de MDP se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tipo de infección de cultivares comerciales frente a nuevas razas de *Puccinia triticina*.

Raza Año de recolección Muestra de	TDT-10,20	TJG-10,20	MDP	MDP
	2010	2010	2010	2008
	Atlax	G. 2358	I.Carpintero	Baguette 10
Cultivares de ciclo largo				
BIOINTA 3000	12 ^a	3+	;	12-
BIOINTA 3004	1-;	;1=	;	;1=
BUCK CHARRUA	12-	0;	2=;	;
KLEIN CAPRICORNIO	23	;2=	23	3+
KLEIN GAVIOTA	;1-	0;	12-	1-
KLEIN MARTILLO	;1=	0;	1-;	1-;
KLEIN PROTEO	3	;1=	;1=	1-;
LE 2210 (INIA TIJERETA)	12	12=;	2	12-
LE 2245 (INIA GORRION)	;	2	;1=	;1-
LE 2346 (GENESIS 2346)	2(X)	4	2(X)	2+3+
LE 2358 (GENESIS 2358)	23	4	23	23
LE 2359 (GENESIS 2359)	0	0	0	0
PROINTA PUNTAL	2	4	2	22+
Cultivares deciclo intermedio				
ACA 901	-	0	4	2-;
ATLAX (ORL 03165)	3+	0	0	;1-
BAGUETTE 17	4	X-	4	4
BAGUETTE 18	4	1-;	4	4
BAGUETTE 19	3+	0	1-;	X
BAGUETTE 9	4	3+	4	4
BAGUETTE PREMIUM 11	3+	X	3+	4
BAGUETTE PREMIUM 13	3+	2-	3+	3+
BIOINTA 1001	;1=	0;	0;	0;
BIOINTA 1002	12-;	2	X	12-
BIOINTA 1004	3	12-	;	;1=
BIOINTA 1006	2+3+	;12-	2+3+	22+
BIOINTA 2004	0;	0;	0;	;
FUNDACEP CRISTALINO	1-;	2;	;1-	;1=
KLEIN CASTOR	2-	0;	12	;1=
KLEIN CHAJA	1-;	3+	2	2
KLEIN FLECHA	3+	0;	3+	4
KLEIN TAURO	3+	1-;	2-;	;1=
LE 2249 (INIA CHURRINCHE)	3	2;	;	;
LE 2331 (INIA DON ALBERTO)	3+	3+4	33+	3
LE 2332 (INIA MADRUGADOR)	;1=	;12=	1-;	;1=
LE 2333 (INIA CARPINTERO)	1-;	;1=	2+3	1-
LE 2354 (GENESIS 2354)	1-;	;1-	;	;1=
NOGAL (FD 002112)	0	0	0	0

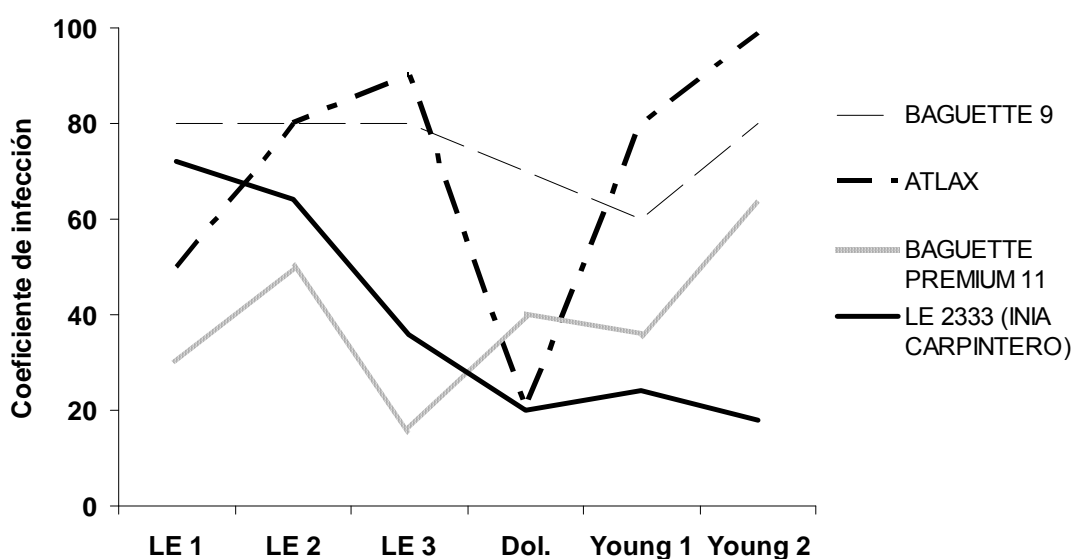
^a: escala de 0 a 4, 0-2+ y X resistente, 3- a 4 susceptible (Stakman *et al.* 1962)

Las nuevas razas pueden representar riesgo para otros cultivares. La raza TDT-10,20, asociada al cambio de comportamiento de Atlax, es virulenta en plántula (TI 3 a 4) sobre un número de cultivares que ya expresaban susceptibilidad a otras razas y son susceptibles a campo (ejemplo Baguette 9) o expresan resistencia de planta adulta (RPA) (ejemplo K. Capricornio) y han mantenido el comportamiento anterior. La raza TJG-10,20, aislada de Génesis 2358 se aisló de hojas con mayor nivel de infección que lo esperado para este cultivar. Sin embargo, el rango de virulencia frente a cultivares

comerciales permite la misma apreciación que la realizada para TDT-10,20. La variante de la raza MDP virulenta sobre I. Carpintero presentó el mismo rango de virulencia que la raza original, cambiando el TI de avirulento a virulento sólo sobre ACA 901 e I. Carpintero. Sin embargo, ACA 901, también susceptible en plántula a otras razas, mantuvo su nivel intermedio de RPA (Germán *et al.* 2010), por lo que la variante de MDP virulenta sobre I. Carpintero solo estuvo asociada al cambio de comportamiento de este cultivar. Por lo tanto las nuevas razas o variantes detectadas aparentemente no causaron cambios de comportamiento de otros cultivares, aunque algunos de ellos son también susceptibles a las mismas y podrán multiplicarlas.

Consecuencia de los cambios en la población de *Puccinia triticina*

Como se mencionó anteriormente, los cambios en la población de *P. triticina* afectaron principalmente a tres cultivares de trigo. Atlax alcanzó CI iguales o superiores que el cultivar susceptible Baguette 9 en la mayoría de las localidades excepto Dolores (Figura 2) y fue caracterizada como susceptible a roya de la hoja (alto nivel de infección).



Fuente: Castro et al. 2011

Figura 2. Coeficiente de infección de cuatro cultivares de trigo en seis ensayos de la red de Evaluación Nacional de Cultivares, 2010.

I. Carpintero presentó CI altos de roya de la hoja en ensayos tempranos instalados en La Estanzuela, y relativamente bajos en Dolores y Young. Las primeras infecciones con reacción susceptible sobre I. Carpintero fueron observadas durante 2008 en una chacra cercana a La Estanzuela, es posible que la(s) variantes de razas conocidas virulentas sobre I. Carpintero se hayan originado en la zona sur y durante el año 2010 ocurrió su dispersión geográfica hacia el norte. Es frecuente que las epidemias se desarrollen inicialmente en forma visible durante dos años. Durante el primero ocurre dispersión geográfica de la nueva raza y una vez que el inóculo está presente en una amplia zona, puede sobrevivir durante el verano e iniciar epidemias más tempranas y severas durante el segundo año. Una situación similar fue descrita para la raza UPh3 de *Puccinia hordei*, que afectó a los cultivares de cebada INIA Ceibo e I. Arrayán (Germán *et al.* 2007b). Si bien la infección sobre I. Carpintero fue heterogénea durante 2010, esta podría incrementar en aquellas zonas donde aun no se observaron niveles altos de infección. La infección sobre Génesis 2358, que ha presentado niveles bajos a intermedios de roya de la hoja, podría también incrementar.

El cultivar Baguette 11, ampliamente difundido durante 2010, presentó niveles de infección menores a otros caracterizados como susceptibles en casi todos los ensayos y se caracterizó como con nivel de infección (o susceptibilidad) alto a intermedio.

Infecciones tempranas de roya de la hoja sobre algunos cultivares.

Durante 2010, se registraron infecciones tempranas y severas de roya de la hoja, principalmente al norte de la zona de siembra, que permitieron ajustar la caracterización de muchos de los cultivares comerciales. Se realizaron evaluaciones tempranas en tres ensayos (Cuadro 5). Si bien hay una asociación entre lecturas tempranas y aquellas realizadas en el pico de la epidemia, algunos cultivares claramente presentaron niveles de infección superiores a los niveles críticos en estados muy tempranos de desarrollo en los ensayos de Young. Los materiales con alta infección temprana, susceptibles o moderadamente susceptibles a roya de la hoja, deben monitorearse periódicamente y las decisiones sobre control químico y aplicaciones a campo deben realizarse sin demoras, respetando los niveles críticos para obtener un control eficiente de la enfermedad. El desarrollo de la roya de la hoja puede ser muy rápido en cultivares con estas características.

Conclusiones

Los cultivares Atlax e I. Carpintero cambiaron de comportamiento debido a la aparición de nuevas razas de *P. triticina*.

El cultivar Atlax presentó niveles altos de infección en la mayor parte de las localidades. I. Carpintero presentó niveles de infección mayores en La Estanzuela que en el resto de las localidades pero su infección podría incrementar en estas localidades. La infección de roya de la hoja sobre Génesis 2358 podría también incrementar.

Para lograr un adecuado control de roya de la hoja sobre estas y otros cultivares susceptibles o moderadamente susceptibles se debe realizar control químico según recomendaciones (Germán et al. 2010, Pereyra y Díaz 2007), realizando monitoreos a intervalos relativamente cortos y respetando los niveles críticos de infección (menos de 5%), y realizando aplicaciones posteriores cuando sea necesario.

Se recomienda también monitorear los cultivares con buen comportamiento frente a la eventualidad de aparición de nuevas razas virulentas del patógeno.

Cuadro 5. Coeficiente de infección de roya de la hoja en lecturas tempranas y normales en tres ensayos de la red de Evaluación Nacional de Cultivares. 2010.

Ensayo Fecha de evaluación	LE 1				Young 1				Young 2			
	11/10		26/10		23/09		12/10		13/10		05/11	
	EV ^a	CI ^b	EV	CI	EV	CI	EV	CI	EV	CI	EV	CI
Cultivares ciclo intermedio												
ACA 901	PFI	16.0	3/4G	27.0	EMB	13.5	3/4G	36.0	PESP	3.0	L	18.0
ATLAX	PFI	4.0	3/4G	50.0	HB	50.0	1/2G	80.0	EMB	40.0	Ac	99.0
BAGUETTE 17	PESP	45.0	3/4G	63.0	3N	27.0	FI	70.0	HB	27.0	3/4G	80.0
BAGUETTE 18	EMB	24.0	1/2G	63.0	3N	24.0	FFI	36.0	HB	18.0	1/4G	70.0
BAGUETTE 19	HB	16.0	FFI	50.0	Z32	12.0	EMB	27.0	1N	30.0	1/4G	45.0
BAGUETTE 9	PESP	45.0	3/4G	80.0	HB	27.0	1/4G	60.0	EMB	40.0	AL	80.0
BAGUETTE PREMIUM 11	HB	18.0	1/4G	30.0	3N	22.5	EMB	36.0	FMAC	18.0	1/4G	63.0
BAGUETTE PREMIUM 13	PESP	27.0	3/4G	60.0	HB	36.0	1/4G	70.0	EMB	27.0	L	80.0
BIOINTA 1001	PFI	9.0	AL	54.0	HB	1.2	1/2G	4.5	PESP	5.0	L	70.0
BIOINTA 1002	ESP	0.0	3/4G	0.0	HB	0.0	FFL	0.0	EMB	0.0	AL	0.0
BIOINTA 1004	ESP	0.0	3/4G	0.2	4N	9.0	FFI	4.0	EMB	6.0	L	28.0
BIOINTA 1006	FI	0.2	L	0.2	HB	0.0	1/2G	0.2	PESP	0.4	LP	8.0
BIOINTA 2004	PESP	0.0	1/2G	0.0	3N	0.0	ESP	0.0	HB	0.0	1/4G	0.0
CENTAURO	FFI	0.4	L	6.0	PESP	0.8	3/4G	12.0	PESP	9.0	AL	0.4
FUNDACEP CRISTALINO	FI	1.2	L	1.2	EMB	1.0	1/4G	1.0	EMB	0.6	Ac	18.0
INIA MIRLO	FFI	8.0	LP	30.0	PESP	1.8	Ac	15.0	ESP	9.0	LP	30.0
KLEIN CASTOR	FI	0.2	Ac	12.0	PESP-EMB	4.0	3/4G	24.0	PESP	1.2	L	39.0
KLEIN CHAJA	FI	0.8	Ac	1.2	HB	1.2	1/2G	12.0	PESP	1.2	LP	18.0
KLEIN FLECHA	FFI	0.2	Ac	0.8	HB-EMB	0.8	1/4G	1.5	EMB	0.4	Ac	1.2
KLEIN TAURO	FFI	0.0	AL	0.2	EMB	0.3	3/4G	2.0	PESP	2.0	L	6.0
LE 2249 (INIA CHURRINCHE)	PFI	0.8	3/4G	18.0	HB	9.0	1/4G	16.0	EMB	6.0	AL	42.0
LE 2331 (INIA DON ALBERTO)	ESP	0.4	3/4G	0.0	4N	0.4	1/4G	0.4	HB	0.6	Ac	0.6
LE 2332 (INIA MADRUGADOR)	FFI	0.8	L	1.5	PFL	15.0	Ac	24.0	PFI	12.0	LP	36.0
LE 2333 (INIA CARPINTERO)	PESP	24.0	3/4G	72.0	4N	4.0	1/4G	24.0	EMB	3.0	Ac	18.0
LE 2354 (GENESIS 2354)	ESP	0.2	3/4G	0.0	4N	1.0	1/4G	1.0	EMB	0.4	3/4G	0.4
NOGAL	PESP	0.0	1/2G	0.2	2N	0.4	FFI	0.8	HB	0.0	Ac	0.6
PROINTA GAUCHO (TCS)	FFI	0.0	L	0.0	HB	0.0	1/2G	5.0	EMB	0.4	AL	0.6
Cultivares ciclo largo												
BIOINTA 3000 (TCS)	PESP	36.0	1/4G	45.0	4N	20.0	1/4G	50.0	PESP	18.0	3/4G	54.0
BIOINTA 3004	ESP	80.0	3/4G	95.0	3N	12.0	EMB	36.0	HB	24.0	Ac	54.0
BUCK CHARRUA (TCS)	HB EM	0.6	1/4G	3.0	4N	0.4	EMB	0.8	HB	0.8	AL	36.0
BUCK GUAPO (TCS)	EMB	36.0	PFI	63.0	2N	0.2	HB	0.8	HB	0.4	3/4G	15.0
CALPROSE TROPERO (TCS)	EMB	0.0	PESP	1.0	3N	0.8	HB	3.0	HB	0.8	1/4G	0.8
KLEIN CAPRICORNIO (TCS)	PESP	1.2	1/2G	1.6	4N	12.0	FFI	18.0	EMB	6.0	3/4G	20.0
KLEIN GAVIOTA (TCS)	EMB	1.2	1/4G	2.0	3N	8.0	PESP	18.0	HB	12.0	Ac	42.0
KLEIN MARTILLO (TCS)	EMB	0.2	1/4G	0.8	3N	0.8	PESP	16.0	HB	6.0	AL	12.0
KLEIN PROTEO (TCS)	ESP	0.4	1/2G	1.2	EMB	4.0	3/4G	0.2	PFI	0.4	LP	0.2
LE 2210 (INIA TIJERETA) (TCL)	PESP	0.8	1/2G	2.0	3N	4.0	PESP	12.0	EMB	22.5	Ac	36.0
LE 2245 (INIA GORRION) (T)	EMB	8.0	1/4G	8.0	3N	1.6	HB	8.0	HB	4.5	3/4G	2.0
LE 2313 (INIA GARZA) (T)	4N	0.0	ESP	0.8	4N	0.0	EMB	3.0	HB	2.0	3/4G	4.0
LE 2325 (INIA CHIMANGO) (TCS)	HB	42.0	ESP	54.0	4N	63.0	HB	42.0	HB	30.0	1/4G	54.0
LE 2346 (GENESIS 2346)	PESP	0.2	1/4G	1.2	3N	0.4	PESP	0.4	EMB	0.4	Ac	0.4
LE 2358 (GENESIS 2358)	EMB	0.0	1/4G	0.0	4N	0.0	ESP	0.0	EMB	0.4	Ac	1.0
LE 2359 (GENESIS 2359)	EMB	0.2	1/4G	0.2	2N	0.0	EMB	0.0	HB	0.0	Ac	0.0
PROINTA PUNTAL (TCS)	FI	0.0	Ac	0.4	3N	0.4	PFI	0.6	FI	3.0	LP	64.0

^a estado vegetativo: 3 NU=3 nudos, 4 NU= 4 nudos, HB= hoja bandera; EMB=embuche; PESP=principio espigazón; ESP=espigazón; PFI=principio floración; FI=floración; FFI= fin floración; 1/4G=cuarto grano; 1/2G=medio grano; 3/4G=tres cuarto grano; Ac=acuoso; AL=acuoso lechoso; L=lechoso; LP=lechoso pastoso.

Agradecimientos.

Proyecto Regional de Trigo (PROCISUR, CIMMYT, INIA España, INIA Uruguay) por financiación parcial de los trabajos.

Referencias bibliográficas

- Castro M, Díaz M, Germán S, Vázquez D. 2011. Resultados experimentales de la Evaluación Nacional de Trigos, Cebadas y Colzas de los tres últimos años. Período 2008-2009-2010. Resultados Experimentales N° 11. Uruguay, 14 de abril de 2011. 143 p.
- Castro M, Díaz M, Germán S, Vázquez D. 2010. Resultados experimentales de la Evaluación Nacional de Trigos, Cebadas y Colzas de los tres últimos años. Período 2007-2008-2009. Resultados Experimentales N° 10. Uruguay, 16 de abril de 2010. 129 p.
- Castro, M.; Díaz, M.; Germán, S.; Vázquez, D.; Ibañez, V. 2009. Resultados experimentales de la Evaluación Nacional de Cultivares de Trigos, Cebadas, Colzas y Triticale Doble Propósito de los últimos 3 años. Período 2006-2007-2008. Resultados Experimentales N° 9. Uruguay, 16 de abril de 2009. 94 p.
- Germán S, Díaz M, Pereyra S. 2010. Royas y oídio de trigo y cebada. In. Curso de actualización manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Actividades de Difusión 618. <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2154>. 25p.
- Germán S, Chaves M, Campos P, Viedma L, Madariaga R. 2009. Are rust pathogens under control in the Southern Cone of South America? In McIntosh, R.A. 2009. History and status of the wheat rusts. In R.A. McIntosh (ed.), Borlaug Global Rust Initiative 2009 Technical Workshop Proceedings. 17-20 March 2009. Cd. Obregon, Mexico: BGRI. Pp 65-73.
- Germán S, Barcellos A, Chaves M, Kohli M, Campos P, Viedma L. 2007a. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. Australian Journal of Agricultural Research 58:620-630.
- Germán S, Pereyra S, Castro M, Díaz J. 2007b. Investigación sobre la roya de la hoja de cebada, una enfermedad de creciente importancia. In Reunión de Investigación en Cebada Cervecera (mayo 31-junio, 2007, Paysandú, UY). Paysandú, FA. EEMAC. 1 disco compacto.
- Long DL, Kolmer JA (1989) A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. Phytopathology 79, 525-529.
- Peterson RF, Campbell AB, Hannah AE. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Canadian Journal of Genetics and Cytology C. 26: 496-500.
- Pereyra S, Díaz de Ackermann M. 2007. Uso de fungicidas para el control de roya de la hoja de la hoja en cebada y trigo. Serie Actividades de Difusión INIA N°484, abril 2007. p. 15-24.
- Stakman E.C., Stewart D.M., Loegering W.Q. 1962. Identification of physiological races of *Puccinia graminis* var *tritici*. U.S. Dept. Agric. ARS – E 6/7. 53 pp.