

ROYAS Y OÍDIO DE TRIGO Y CEBADA

Silvia Germán¹

Martha Díaz²

Silvia Pereyra²

Las royas de la hoja y oídio del trigo y de la cebada son enfermedades de importancia económica en el país, donde se cumplen todas las condiciones para que se de esta situación (condiciones climáticas favorables, razas virulentas y, exceptuando el caso del oídio del trigo, uso de cultivares susceptibles en una proporción relativamente alta de los cultivos). La intensificación de la agricultura contribuyó al incremento en la importancia de las epidemias de estas enfermedades. 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 en los cultivos de trigo y cebada para lograr mayores rendimientos determinan mayor disponibilidad de nitrógeno y desarrollo vegetativo, lo que también favorece el desarrollo de patógenos biotróficos, incrementando el nivel de infección y el daño. Esto ha sido consistente en experimentos conducidos a nivel nacional (García y Díaz, 2007).

ROYAS DE TRIGO Y CEBADA. GENERALIDADES.

La roya de la hoja del trigo (causada por *Puccinia triticina*) y la roya del hoja de la cebada (causada por *P. hordei* respectivamente) son causadas por patógenos diferentes. La roya del tallo (causada por *P. graminis* f.sp. *tritici*) y la roya estriada (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) afectan a ambos cultivos y causaron epidemias importantes en el cultivo de trigo en el pasado. Los hongos del género *Puccinia* son patógenos biotróficos, dado que sólo pueden vivir sobre tejido vivo de los huéspedes

que afectan. La poblaciones de los patógenos está compuesta por razas que difieren en su habilidad en afectar distintos cultivares o genotipos de los huéspedes.

Puccinia triticina y *P. hordei* producen pústulas anaranjadas en las hojas y vainas de trigo y cebada, respectivamente, mientras *P. graminis* f. sp. *tritici* produce pústulas marrones de mayor tamaño que afectan fundamentalmente tallos y vainas, pero también hojas y espigas (Figura 1). *Puccinia striiformis* produce pústulas amarillentas en estrías, ya que se desarrolla en forma sistémica en los tejidos que afecta (hoja, vainas y espigas). Las pústulas corresponden a los cuerpos fructíferos que producen los propágulos de los hongos (uredosporas). Hacia el fin del ciclo las pústulas frecuentemente adquieren color negro por la producción de teliosporas, que no infectan a los cereales.

Las temperatura óptima para el desarrollo de *P. triticina* es 20 °C y para *P. hordei* 15 a 20 °C, mientras *P. graminis* requiere temperatura superior (óptimo 25 °C) y *P. striiformis* temperatura menor (15 °C) (Cuadro 1). Estos patógenos requieren de agua libre sobre la superficie del follaje (rocío o lluvias leves) durante unas 6 o más horas para que ocurra infección. Las precipitaciones fuertes retardan el desarrollo de la enfermedad por lavar las esporas que al mojarse germinan y mueren sobre el suelo. Por el contrario, las esporas sobreviven durante semanas si permanecen secas. El periodo de latencia (desde que se produce la infección hasta el inicio de la producción de esporas) es de 7 a 10 días en condiciones favorables. Las esporas son transportadas por el viento pudiendo diseminarse cientos de km dentro de la zona epidemiológica donde

¹Cultivos de Invierno, INIA La Estanzuela.

²Protección Vegetal, INIA La Estanzuela.



Roya de la hoja del trigo

Roya del tallo de trigo y cebada

Roya estriada de trigo y cebada

Roya de la hoja de cebada

Figura 1. Royas del trigo y la cebada.

Cuadro 1. Diferencias entre las royas del trigo y cebada.

	Royas de la hoja del trigo	Roya del tallo del trigo	Roya estriada del trigo	Roya de la hoja de la cebada
Agente causal	<i>Puccinia triticina</i>	<i>Puccinia gaminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	<i>Puccinia hordei</i>
Huéspedes primarios	trigo triticale	trigo triticale cebada	trigo triticale cebada	cebada
Huéspedes secundarios		<i>Hordeum</i> spp. otras gramíneas	<i>Hordeum</i> spp. otras gramíneas	<i>Hordeum</i> spp.
Huéspedes alternativos	<i>Thalictrum</i> <i>Anchusa</i> <i>Isopyrum</i> <i>Clematis</i>	<i>Berberis</i>	<i>Berberis</i>	<i>Ornithogalum</i>
Pústulas				
Color	anaranjado	marrón	amarillo	anaranjado
Forma	redondeada	alargadas, grandes	en estrías	redondeada
Temp. óptima	20 °C	25 °C	15 °C	15-20 °C

se encuentra nuestro país y que también abarca a las regiones trigueras de Argentina, Brasil, Paraguay y zonas bajas de Bolivia. El inóculo endógeno (originado en las cercanía de los cultivos), generalmente inicia epidemias más temprano en el ciclo del cultivo y más severas que el inóculo exógeno (transportado desde grandes distancias). El inóculo exógeno es una fuente importante de nuevas razas de los patógenos.

Los ciclos de los tres patógenos son similares, difiriendo en los huéspedes primarios y alternativos. Se presenta como ejemplo el ciclo de *P. tritricina* (Figura 2). Los patógenos sobreviven durante el verano en plantas voluntarias de cultivares susceptibles (puente verde), de los que proviene el inóculo primario. Las uredosporas producidas por las infecciones primarias originan inóculo secundario que inicia nuevos ciclos de infección durante el período de desarrollo de los cultivos (enfermedades policíclicas). En nuestras condiciones no se ha verificado la presencia del ciclo sexual de los tres patógenos, que se multiplican asexualmente. La generación de variabilidad (nuevas razas) se produce fundamentalmente a través de mutaciones, dando lugar a poblaciones com-

puestas por diversos patotipos o razas que difieren en su habilidad en atacar diversos cultivares o genotipos del huésped. Estas poblaciones son dinámicas, adaptándose a la composición varietal de los cultivos, y provocando cambios en el comportamiento de las variedades frente a estas enfermedades.

En general, cuando aparece una nueva raza con potencial de crear epidemias severas, en el primer año se observan las primeras infecciones hacia el fin del ciclo y la raza se dispersa geográficamente. Durante el verano siguiente, el inóculo sobrevive localmente en un área importante y al año siguiente se producen infecciones tempranas y a partir de estas epidemias generalizadas. Esta secuencia de eventos fue observada en el país (Germán *et al.*, 2007b).

El uso de **cultivares resistentes** es la medida de control de roya de la hoja más efectiva y económica. Sin embargo, debido a la variación en la población de los patógenos, esta protección no es permanente.

La forma de reducir el riesgo de ocurrencia de epidemias severas de roya de la hoja, es **diversificar la base genética del cultivo**, si esta está disponible (Germán,

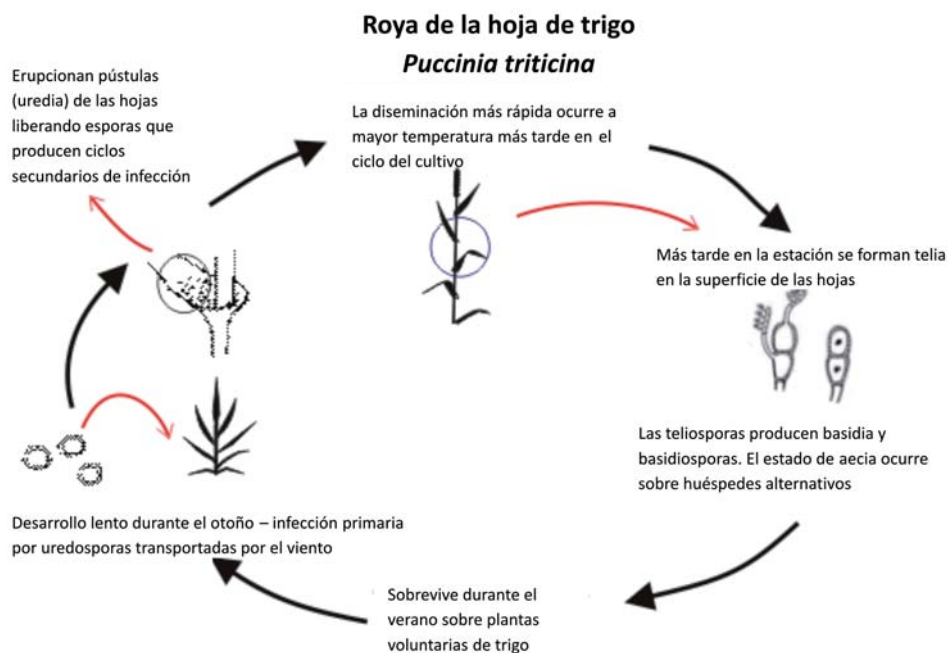


Figura 2. Ciclo de *Puccinia tritricina*. Adaptado de Cereal Disease Encyclopedia, available on line.

2006). Deben utilizarse dos o más cultivares a nivel predial y un número relativamente alto de cultivares a nivel de país, evitando concentrar el área de siembra en pocos cultivares.

La **eliminación de plantas voluntarias** de cultivares susceptibles, donde sobreviven los hongos causales de las royas durante el verano, reduce el inóculo primario, disminuyendo el riesgo de inicio temprano de epidemias locales (en la chacra o la zona) (Germán, 2007). Las chacras que por su manejo posterior tienen alta probabilidad de presentar plantas voluntarias deberían sembrarse con cultivares resistentes si hay disponibilidad de estos.

Cuando se presentan las enfermedades a partir de umbrales definidos deben utilizarse **fungicidas eficientes** para controlarlas. Los fungicidas generalmente tienen mayor eficiencia y efecto residual cuando los cultivares utilizados presentan desarrollo relativamente más lento de las enfermedades (mejor comportamiento relativo), frente a aquellos con alto nivel de susceptibilidad.

Roya de la hoja de trigo

La roya de la hoja del trigo (Figura 3) es una de las enfermedades más importantes del cultivo en Uruguay y en la región (Argen-

tina, Brasil, Chile, Paraguay), por causar epidemias generalizadas anualmente (Germán *et al.*, 2007a). Debido a las condiciones climáticas favorables que ocurren en la región y al alto porcentaje del área nacional y regional que se siembra con cultivares de comportamiento intermedio a susceptible frente a roya de la hoja, esta enfermedad se presenta con alta severidad en cultivares susceptibles (Germán *et al.*, 2009a). Cuando se utilizan estos cultivares se incrementa el área donde el patógeno puede sobrevivir durante el verano y multiplicarse durante el ciclo del cultivo, incrementando la probabilidad de causar inicio temprano de infecciones y epidemias severas. El amplio período de siembra del trigo incrementa el período durante el que existen cultivos y permite mayor número de ciclos de infección del patógeno. Se ha observado que la severidad de las epidemias incrementa cuando la temperatura durante el invierno es superior al promedio histórico (Germán *et al.*, 2009a).

En epidemias severas se han estimado pérdidas de rendimiento de grano superiores al 50%. La calidad molinera y panadera puede también ser severamente afectada. La importancia económica de la enfermedad es clara cuando se considera que son necesarias dos o más aplicaciones de fungicidas para controlar la enfermedad en cultivares susceptibles (Germán *et al.*, 2009a).



Figura 3. Roya de la hoja de trigo.

Población de *Puccinia triticina*

La población de *P. triticina* es altamente variable entre años. 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. La variación anual de las razas del patógeno es muy importante y determina en general una corta duración de la resistencia de nuevos cultivares. Estos ciclos de incremento y disminución de la frecuencia de distintas razas que han afectado a distintos cultivares está documentado en el país desde el año 1991 (Germán *et al.*, 2009b), habiéndose identificado más de 100 razas diferentes del patógeno desde entonces. Las nuevas razas virulentas (causan reacción susceptible) sobre cultivares inicialmente resistentes incrementan en frecuencia causando niveles de infección y daño crecientes, resultando en cambio de comportamiento de los cultivares. Los cambios de comportamiento frente a roya de la hoja son la causa más frecuente de reemplazo varietal, tanto en Uruguay como en el resto de la región. Esto determina por un lado que deba monitorearse la población del patógeno anualmente y por otro que aún los cultivares resistentes deban monitorearse continuamente, ya que la probabilidad de que estas aparezcan es mayor en cultivos comerciales (área extensa) que en experimentos (área pequeña).

Para el monitoreo de la población de *P. triticina* se colectan muestras de distintos materiales y localidades, cultivos y ensayos. Se realizan aislamientos monopustulares y se inocula un «set de diferenciales» que contiene líneas cercanamente isogénicas, cada una de estas con un gen de resistencia diferente. De acuerdo a la avirulencia/virulencia de cada aislamiento sobre las líneas del set se asigna un código de tres letras que se utiliza en Norteamérica (Long y Kolmer, 1989), indicando también su virulencia sobre diferenciales adicionales *Lr10* y *Lr20*. Se estima por último la frecuencia de aislamientos de cada raza en relación al número total de aislamientos analizados.

En la Figura 4 se muestra la frecuencia de las razas de *P. triticina* más importantes desde 1981, cuando se inició el seguimiento sistemático anual de la población del patógeno, y los cultivares que fueron preponderantemente afectados por estas razas. Es claro que la población del patógeno es muy variable entre años. Cuando aparece una raza virulenta sobre uno o más cultivares inicialmente resistentes, incrementa en frecuencia en años sucesivos hasta que el área de el o los cultivares decrece. Hay un paralelismo entre la frecuencia de razas y el área sembrada con cultivares susceptibles a cada una de estas.

En el período 2005-2009 se identificaron las razas presentes en 81 a 175 aislamientos.

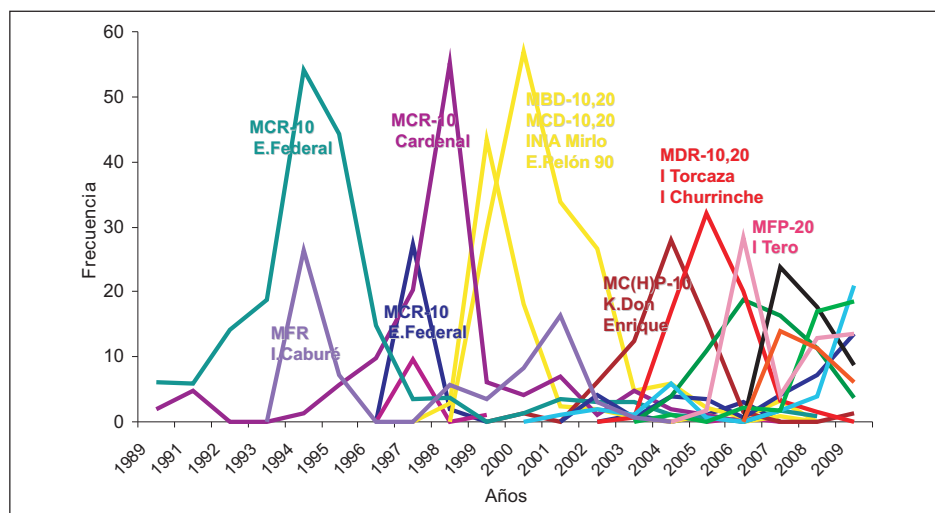


Figura 4. Frecuencia de razas importantes de *Puccinia triticina*. 1991-2009.

tos anualmente, identificándose entre 16 y 29 razas cada año. Sin embargo, el número de razas predominantes es relativamente bajo (entre 3 y 5 razas se presentaron con frecuencia mayor a 10 %). En los últimos tres años la población del patógeno de Uruguay se ha mantenido relativamente estable, con predominancia de dos grupos de razas, similares dentro de cada grupo: MDP, MDP-10,20, MFP, MFP-10,20 y MDT-10,20, MFT-10,20 (Cuadro 2). Estas razas afectan un rango amplio de cultivares comerciales al estado de plántula. Las razas predominantes en Uruguay también predominaron en Argentina. La población de *P. triticina* de Brasil tiene menor grado de similaridad con la de Uruguay. Esto se explica porque el uso de muchos cultivares en común con Argentina, y menor difusión de cultivares brasileños en Argentina y Uruguay. En general se ha observado que las razas predominantes están presentes en toda la región (Germán *et al.*, 2007).

La raza MCP-10, asociada a epidemias sobre el cultivar Argentino Klein Don Enrique, fue importante en 2005. MDR-10,20 fue la principal raza que causó epidemias sobre INIA Torcaza y en menor grado sobre INIA Churrinche. Ambas fueron también importantes en Argentina. MFP-20 fue la raza que causó altos niveles de infección sobre INIA Tero. MDT-10,20 y MFT-10,20 fueron identificadas en Brasil en el año 2004 y por primera vez y en muy alta frecuencia en 2007 en Argentina y Uruguay, por lo que se presume que provinieron de Brasil. Estas razas afectan a un amplio rango de cultivares. Es poco

frecuente que una raza aparezca en tan alta proporción en el año de su primera detección, normalmente se detecta en baja proporción durante el primer año y al año siguiente puede darse un incremento marcado en su frecuencia. Esto confirma la influencia de los países vecinos en la población del patógeno, principalmente en el origen de nuevas razas.

En un estudio reciente de razas de *P. triticina* de Uruguay, Argentina, Brasil, Chile y Perú, se determinó que las poblaciones de América del Sur y del Norte son similares a nivel genómico (polimorfismos determinados en base a microsatélites o SSR) (Ordoñez *et al.*, 2010). El alto grado de similaridad sugiere un origen común europeo, desde donde *P. triticina* pudo haberse introducido a ambos continentes. La emergencia de la misma raza (MCD-10,20) con SSR altamente relacionadas en USA en 1996 y en Uruguay en 1999 indica la probable migración intercontinental a América del Sur y del Norte de esos genotipos desde México, donde fue identificada anteriormente.

Comportamiento de cultivares de trigo frente a roya de la hoja

El comportamiento de los cultivares frente a la enfermedad se expresa como el nivel de infección que ha mostrado cada cultivar 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

Cuadro 2. Frecuencia de razas prevalentes de *Puccinia triticina* en Uruguay, Argentina y Brasil, y año de primera detección.

Raza de <i>Puccinia triticina</i>	Uruguay					Argentina					Brasil ¹							
	Detec.	2005	2006	2007	2008	2009	Detec.	2005	2006	2007	2008	2008 ²	Detec.	2005	2006	2007	2008	2008 ³
MCP-10	2000	15.4	1.5			1.2	2000	16.9	19.5	3.3								
MCP-10,19	2006		2.2	1.6			2005	10.4	4.2	3.3	1.0							
MCT-10	1992	1.7	2.2					17.5	26.3	2.8			4.8				0.9	
MDP	2002	3.4	0.7	4.1	7.3	13.6			4.2	2.8	26.0							
MDR-10,20	2003	32.0	20.1	3.3	1.6		2004	16.9	7.6	6.1	1.0							
MDP-10,20	2004	10.9	18.7	16.4	11.3	3.7	2005	1.9	6.8	9.4	4.2		2007				3.1	
	2004		2.2	1.6	16.9	18.5	2005	0.6	0.6	1.0								
MFP-20	2005	1.7	28.4	4.1	12.9	13.6	2004	3.9	11.0	9.4	1.0		2005	0.6	5.2	1.4	0.8	
MDT-10,20	2007			23.8	17.7	8.6	2007			21.7	40.6		2004	23.8	19.9	27.8	9.9	
MFT-10,20	2007			13.9	11.3	6.2	2007			10.6	7.3		2004	44.3	45.0	44.8	62.6	
SPJ-10													2002	3.9	12.0	0.9		
TFT-10,20													2005	1.5	5.2	12.2		
Total aislamientos		175	134	122	124	81		154	118	180	96		332	191	424	131		

¹P. Campos, com. pers.; ²M. Chaves, com. pers. ³incompleto.

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 (http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm).

En el Cuadro 3 se presenta el comportamiento a campo frente a roya de la hoja de los cultivares de trigo inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares 2010. De acuerdo a la composición varietal del año 2009 y la caracterización actualizada con la información del año 2009, aproximadamente 30% del área del cultivo estuvo ocupada por cultivares con bajo (B) o bajo intermedio (BI) nivel de infección (cultivares resistentes o R y moderadamente resistentes o MR), 20% con cultivares de comportamiento intermedio (I) y 40% con cultivares con niveles de infección intermedio a alto (IA) y alto (A) (cultivares moderadamente susceptibles o MS y susceptibles o S).

Un alto porcentaje del área de siembra fue ocupada por cultivares de comportamiento I a S. La situación mejoró con respecto a la del año 2008 (Germán *et al.*, 2009b). Si se consideran los datos preliminares de área 2010 y no hubiera cambios de comportamiento de cultivares, la situación de 2010 es aún mejor.

Se caracterizaron cultivares resistentes R (B nivel de infección) a S (A nivel de infección) tanto en cultivares de ciclo largo como de ciclo intermedio. Se destacan incrementos importantes en el nivel de infección de INIA Chimango y Baguette Premium 11 en el año 2009 respecto al 2008, mientras BIOINTA 1001 incrementó progresivamente los niveles de infección en 2008 y 2009. Esta caracterización 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 hoja, de forma que en aquellos cultivares que aún requiriendo control químico, tengan mejor comportamiento, la acción de los fungicidas será más eficiente y la residualidad mayor cuando mejor sea el comportamiento relativo de los materiales.

Para estudiar el comportamiento de los cultivares a distintas razas del patógeno se realizan pruebas al estado de plántula en condiciones controladas. La reacción en plántula de los cultivares comerciales frente a distintas razas del patógeno (Figura 5) se presenta en el Cuadro 4. Varios cultivares son resistentes a todas las razas probadas lo que explica el nivel de infección B o BI en el caso de Klein Martillo, INIA Carpintero, Nogal, Cristalino y LE 2354 y nivel de infección I de INIA Garza, Klein Gaviota, Klein Chajá e INIA Madrugador. INIA Tijereta ha tenido nivel de infección IA en los últimos años, sin embargo, las razas aisladas de este cultivar han sido del grupo MDP, MFP o la raza MFT-10-20, frente a las que presenta tipo de infección (TI) 2, comparado a TI 0, ; y 1- causados por otras razas. En condiciones muy favorables se han observado TI 2+ y hasta 3 frente a estas mismas razas, lo que a nivel de campo podría causar infecciones altas. BIOINTA 3004 tiene una reacción más alta frente a MFP-10,20, que es la raza que se ha aislado más frecuentemente de este cultivar. En el caso de CALPROSE Tropero, las reacciones X pueden explicar su comportamiento a campo. La raza que se han aislado de BIOINTA 1001 en los dos últimos años es en su mayoría MFP-10,20 (8 aislamientos en 10 analizados). Si bien el TI que se observó frente al aislamiento MFP-10,20 utilizado en las pruebas fue muy bajo (;1=), es posible que existan variantes de esta raza virulentas sobre el cultivar que expliquen su cambio de comportamiento a partir del año 2008.

El resto de los cultivares es S al menos a una raza, lo que explica su nivel de infección a campo. En el caso de los cultivares

Cuadro 3. Coeficiente de infección promedio de ensayos y/o colecciones, máxima lectura y nivel de infección de roya de la hoja de cultivares comerciales de trigo.

Cultivar	% área ¹		ENC ³				Coleciones 07-09		Nivel de infección	
	2009	2010 ²	CI ⁴ promedio			Max.	Año	Max.		Loc. Año
			2007	2008	2009					
Ciclo largo										
BIOINTA 3000	5.4	1.2	20.4	14.6	32.3	70MSS ⁵	2007	70S	LE 08	IA ⁶
INIA TIJERETA	4.8	4.7	31.1	2.9	8.1	60MSS	2007	70MSS	LE 07	IA
INIA GORRION	2.4	1.6	18.9	8.3	8.7	60MSS	2007	30MRMS	LE 08	IA
INIA CHIMANGO	2.2	1.3	0.8	8.8	42.4	70MSS	2009	40S	Y 09	AI
INIA GARZA	1.9	1.1	8.8	0.3	1.9	60MRMS	2007	40MR	LE 08	I
KLEIN MARTILLO	1.4	0.8	1.4	0.3	0.4	8MRMS	2007	40MR	LE 07	BI
BUCK CHARRUA	0.6	0.3		2.3	9.7	30S	2009	20MS	LE 08	A
BUCK GUAPO	0.5	0.1	0.9	3.9		20MRMS	2008	30MRMS	Y 07	A
KLEIN CAPRICORNIO	0.3	0.6	7.2		3.9	40MRMS	2007	50M	LE 07	I
BIOINTA 3004	0.2	0.3	17.3	34.6	17.8	60S	2008	70MSS	LE 08	IA
CALPROSE TROPERO	0.1	0.0	14.2	1.1		40S	2007	60MSS	LE 08	IA
LE 2346	0.0	0.5	0.3	0.1	0.1	2MR	2007,08	0.5R	LE 08	MB
KLEIN GAVIOTA	0.0	0.2	3.3		6.6	50MR	2009	50MRMS	Y 09	I
KLEIN PROTEO	0.0	0.0			0.0			1	LE 09	B
Media ensayos ciclo intermedio			13.8	3.6	11.0					
Ciclo intermedio										
INIA DON ALBERTO	11.8	11.3	0.7	0.6	2.4	20MRMS	2009	10MRMS	Y 08	BI
BAGUETTE PREMIUM 11	7.0	12.5	9.4	11.0	44.8	80S	2009	30S	Y 09	IA
INIA CARPINTERO	6.9	8.4	0.4	2.2	3.4	30MRMS	2009	10RMR	Y 09	B
BIOINTA 1001	6.4	1.9	5.7	20.3	46.7	90S	2009	50S	LE 09	AI
KLEIN CHAJA	5.6	2.5	16.0	5.3	7.5	40MSS	2007	50MRMS	LE 09	I
INIA MADRUGADOR	4.4	2.9	22.8	5.0	4.7	40MSS	2007	50MRMS	Y 07	I
NOGAL	4.0	10.0	0.1	0.4	0.6	5RMR	2008,09	1RMR	Y 09	B
ACA 901	2.8	2.1		6.6	3.6	40SMS	2008	2M	Y 08	I
BIOINTA 1002	2.6	0.8	0.8	0.2	0.0	5MS	2007	0.5MR	Y 08	MB
CENTAURO	2.1	0.0	2.1	1.2	3.0	10S	2007	5M	Y 09	B
KLEIN TAURO	2.1	1.3	7.0		1.67	20MS	2007	20M	Y 09	BI
INIA MIRLO	1.9	0.4	49.3	5.2		65S	2007	50MSS	Y 07	A
BAGUETTE PREMIUM 13	1.8	2.5	66.2	45.2	48.0	90S	2007,09	70S	Y 07	A
KLEIN CASTOR	1.8	0.3	18.4	18.2	6.5	50S	2008	60MSS	Y 08	IA
BAGUETTE 19	1.5	4.8	7.8	0.8	12.8	35SMS	2009	20MSS	Y 09	I
KLEIN FLECHA	1.3	0.5	14.0	3.7	4.4	40MSS	2007	10MSS	Y 08	I
BAGUETTE 9	1.2	2.6			68.8	90S	2009	60S	LE 09	A
INIA CHURRINCHE	1.0	0.3	48.0	6.3	16.3	70S	2009	80M	Y 07	IA
BIOINTA 1004	0.9	0.1	23.2	1.4	3.9	50MSS	2007	20MRMS	Y 08	I
ATLAX	0.8	7.3	7.0	2.8		15S	2007	50S	Y 07	BI
CRISTALINO	0.4	0.3	1.5	5.0		10MSS	2008	50S	Y 08	B
ONIX	0.4	0.1	68.3	41.5		90S	2007,08	80S	Y 08	A
SAFIRA	0.3	0.3	45.8	38.0		90S	2007	70MSS	LE 07	A
BAGUETTE 18	0.1	0.2	29.4	32.5		80S	2008	30S	Y 08	A
LE 2354	0.1	1.7	3.1	1.3	0.93	10MSS	2007	30MRMS	LE 07	B
BAGUETTE 17			34.3	29.8		90S	2008	50MSS	LE 08	A
Media ensayos ciclo largo			20.1	12.2	15.8					

¹INASE; ²INASE, estimación, ³Evaluación Nacional de Cultivares (INIA/INASE), ⁴ coeficiente de infección; ⁵% de infección (escala de Cobb modificada, Peterson *et al.*, 1948); reacción R: resistente, MR: moderadamente resistente, M:mezcla de reacciones, MS: moderadamente susceptible, S: susceptible (Stakman *et al.*, 1962); ⁶B: bajo, I: intermedio, A. alto.

Adaptado de Castro *et al.* (2010).

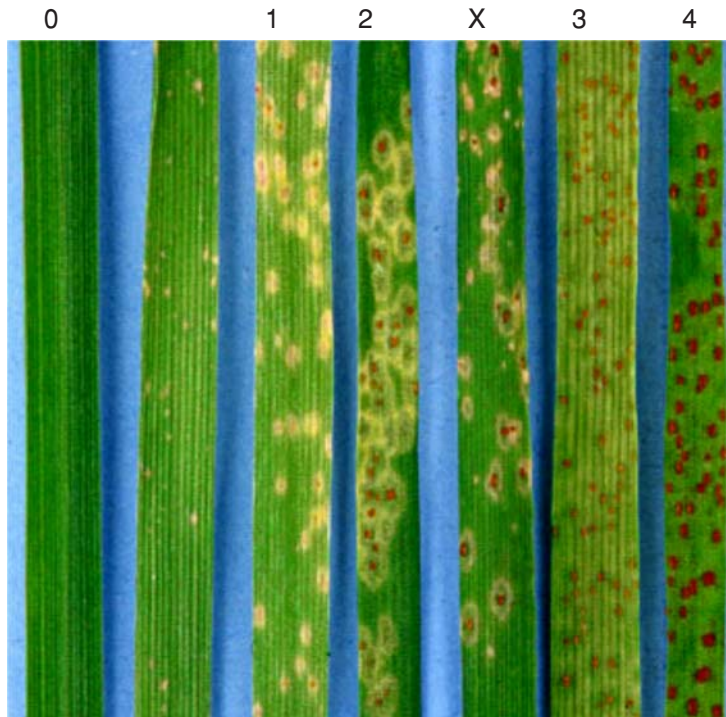


Figura 5. Tipos de infección de roya de la hoja de trigo en plántula.

Escala 0-4, 1 a 2+: resistente, 3 a 4: susceptible (Stakman *et al.*, 1962). Singh (2003).

que cambiaron de comportamiento (INIA Chimango y Baguette P. 11) es difícil identificar que raza causó este cambio ya que ambos cultivares fueron susceptibles a muchas razas en el estado de plántula desde que se comenzaron a evaluar. Se aislaron de muestras de INIA Chimango recolectadas en 2009 las razas MFP (2 muestras) y MMD-10,20. En el caso de Baguette Premium 11 se aislaron razas de los dos grupos prevalentes.

Aquellos cultivares que tienen alto TI en plántula (S) a una o más razas prevalentes y nivel de infección IA a B a campo poseen niveles crecientes de resistencia de planta adulta (RPA), como se indica en la última columna del Cuadro 4. La RPA se expresa en general como desarrollo más lento de la enfermedad, o en algunos casos con reacción de resistencia. En el caso de trigo, definir la presencia de RPA no es tan claro como en cebada, por el alto número de razas y variación anual de la frecuencia de estas. En casos como INIA Tijereta e INIA Garza se confirmó la presencia de RPA por estudios de la base genética de resistencia.

La siembra de distintas variedades no garantiza diversidad genética en la base de resistencia, ya que los cultivares pueden tener los mismos genes y ser susceptibles a las mismas razas. Diferencias en el patrón de comportamiento en plántula indican diferencias al menos parciales en la base de resistencia genética. La información sobre base genética de cultivares, aunque parcial, indica una base genética de resistencia bastante estrecha en los cultivares comerciales. Por esta razón a estrategia que se está utilizando en Programa de Mejoramiento de INIA para incrementar la duración de la resistencia de nuevos cultivares es utilizar fuentes de resistencia parcial o RPA basada en genes menores de efecto aditivo. Este tipo de resistencia es considerada durable y determina desarrollo progresivamente más lento de la enfermedades cuanto mayor es el número de genes presentes, lográndose altos niveles de resistencia (hasta 5% de infección) con 4 a 5 genes (Singh *et al.*, 2009). Cuando el número de genes presentes es bajo el nivel de resistencia es insuficiente. Se han identificado varios genes

Cuadro 4. Tipo de infección de cultivares comerciales de trigo frente a 13 razas de *Puccinia triticina* y presencia de resistencia de planta adulta.

Frecuencia 2007		3.3	1.6	3.3	2.5	4.1	16.4	1.6	4.1	23.8	13.9	2.5			
Frecuencia 2008			0.8	1.6	0.8	7.3	11.3	16.9	12.9	17.7	11.3			2.4	
Frecuencia 2009	1.2					13.6	3.7	18.5	13.6	8.6	6.2	1.2		2.5	
Pimera detección	1997	1999	1989	2003	2004	2002	2004	2004	2005	2007	2007	2006	2008		
Razas <i>P. triticina</i>	CH ²	MCD-10,20	MCR-10	MDR-10,20	MFR-10,20	MDP	MDP-10,20	MFP-10,20	MFP-20	MDT-10,20	MFT-10,20	MMD-10,20	TPR-20	Nivel de infección	RPA ⁵
CICLO LARGO															
BIOINTA 3000	22-; ³	2+3+	2-;	12-;	1-;	2	1	23	23	12-	2	3+	2-;	IA ⁴	
INIA TIJERETA	0	0;	0	;1=	0;	2	2-;	2	2	;1=	2-;	0	0;	IA	RPA=
INIA GORRION	1;	;1=	11+	3+	3	0;	0;	3+	32			0;	0;	IA	
INIA CHIMANGO	0;		0	1-	1;	4	3+	4	3+	3+	4	0;	X	AI	
INIA GARZA	0	0;	0		0;1-	2-	;1=	;2-	;2=	;1=	2-;	0	0;	I	
KLEIN MARTILLO	0	;1=	1-;	;1=	0;	;1=	;1=	1=;	;1=	0;	;1=	1-;	;1=	BI	
BUCK CHARRUA	4		2	12-	2-	0;	0;				2-	0;	2-	A	
BUCK GUAPO ¹	3	1+2	1+					;1=	;1=	1-;	;1=			A	
KLEIN CAPRICORNIO	23	2=	2;	33+	23	33+	23	3	23-	3+	3	2-	23	I	RPA-
BIOINTA 3004	0	0;	0	;1=	;1-	0;	;1=	1+2			1	0;	0;1-	IA	
CAL. TROPERO ¹	2-;	X	X-	;1=	;1=		2=;	X	1=;	0;1=	2-			IA	
LE 2346	0;	0;	0;	3+	3+	X	X	3+	32	X	4	0;	;2=	MB	RPA
KLEIN GAVIOTA	0	0;	0;	;1=	0;	0;1-	0;	2	2		12	0	12-;	I	
KLEIN PROTEO			;1=	33+	3		1-	1=;	;1-	3+	4	2-;		B	
CICLO INTERMEDIO															
INIA DON ALBERTO	3+	32	32	4	3+	3+	3+	3	3+	4	3+	3+	X-	BI	RPA
BAGUETTE P. 11	X	3+	12	X	2	4	3+	3+	3+	4	4	3+	X	IA	
INIA CARPINTERO	0;	1			0;	0;	0;	12-	2	;1=	2	;1-	0;	B	
BIOINTA 1001	0	;1=	0;		0;	0;	0;	;1=	0;		;1=	2=	0;	AI	
KLEIN CHAJA	2	2;	2-;	;1=	;1	12-	;1=	12-	2;	;1-	11+	22+	;1=	I	
INIA MADRUGADOR	;1-		0;	0;	0;	;1=	;1=	1=	;1	;1=	;1-	;1=	0;1=	I	
NOGAL	0		0;	0;	1	0;	0;	0;	0;	0;	0;	2	2-	B	
ACA 901	0	3	0;	3+	3+	2-;	3	3+	3+	34	4	2-;	2;	I	RPA-
BIOINTA 1002	X	2-	2	3+	23	2-;	2	22+	2	2+	3+	1-;	2-;	MB	RPA
CENTAURO	0	23		;1=	;1	X	;1-	2-;	32	X	X	;1=	;2	B	RPA
KLEIN TAURO	;1-	0;		2-;	2-;	0;2=	;1=	;1=	0;		3+	0;2=	2-;	BI	RPA
INIA MIRLO ³	;1=	3+		;1=			2;	23	X	;1=	3+			A	
BAGUETTE P. 13	2-;	23	2-;	3+	3+	2=	3	33+	32	4	33+	;1=	;2-	A	
KLEIN CASTOR	X	0;	X	1-;	23	0;	0;	;1=	;1-		2	0;	2-	IA	
BAGUETTE 19	0		;1-	X	X-	0;2=	;1=		;1=	X+	4	;1=		I	RPA-
KLEIN FLECHA	0;	23	;1-	23	2	4	3+	23	2	4	3+	4	2	I	RPA-
BAGUETTE 9	3+	4	2;	4	3+		3+	4	3+	4	4		3+	A	
INIA CHURRINCHE				3	23		3+	2;		3;	3;	0;		IA	RPA=
BIOINTA 1004				3	2-;		3	2-;		1+2+	23;		0;	I	RPA-
ATLAX	0	0	0	23	2=;		2	2=;	0;	2;	3+	0;	0;	BI	RPA
CRISTALINO ¹	22-;	1-2-;	X-	;1=	;1=		2=;	2=;	;1=	1-;	2=;			B	
ONIX ¹	;1=	2=;	3	3+	3		2=;	2=	0;	3+	33+			A	
SAFIRA ¹	0;	0;	0;	4	4		3+	23;	0;	4	3+4			A	
BAGUETTE 18 ⁸	2	3+4	X	X	X		3+	3+	3+	4	3+			A	
LE 2354			;1=	;1=	0;	;1=	2=;	;1=	0;	2-;	1-;	;2=	0;1-	B	
BAGUETTE 17 ¹	X	4	X+	X+	X		3+	X+	3+	4	3+			A	

¹Información de un año; ²raza de *P. triticina* (código Prt, Long and Kolmer 1989);

³TI (tipo de infección): 0 a 2+, ; (puntos necróticos sin esporulación) y X (mezcla de TI en la misma hoja): resistente, 3- a 4: susceptible (Stakman *et al.*, 1962); ⁴resistencia de planta adulta (RPA), RPA=: nivel bajo, RPA-: nivel intermedio. RPA+: nivel alto.

que confieren este tipo de resistencia, el de mayor efecto (*Lr34*) está asociado también a resistencia a roya estriada y oídio, y a la expresión del carácter fisiológico denominado *Ltn* (muerte de la punta de la hoja), que se observa en hoja bandera. Las fuentes utilizadas para introducir resistencia parcial

fueron seleccionadas del germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y del germoplasma regional. Existen marcadores moleculares para *Lr34* que serán utilizados para identificar o seleccionar por su presencia. Se cuenta con líneas homogéneas adaptadas con bue-

na calidad y buen comportamiento frente a fusariosis de la espiga en relación a las fuentes de resistencia originales, que están siendo utilizadas en cruzamientos para comenzar nuevos ciclo de selección por resistencia.

Si se analiza la información del Cuadro 4 por columnas, se pueden identificar a aquellos cultivares que son susceptibles a las mismas razas. En el caso de utilizar cultivares susceptibles, debe **evitarse en lo posible el uso de cultivares susceptibles a las mismas razas** de los patógenos. Esta recomendación se basa en que, en la medida que disminuye el área en que una determinada raza puede multiplicarse y sobrevivir durante el verano y el desarrollo del cultivo, también disminuye la probabilidad de inicio temprano de infecciones y epidemias severas. Con los cultivares actuales es difícil armar una estructura varietal que atienda esta recomendación.

Roya del tallo de trigo

La roya del tallo de trigo (Figura 6) fue históricamente muy importante en el país y la región. Aunque la enfermedad se presentaba en forma más esporádica que la roya de la hoja, causaba mayores pérdidas durante epidemias severas, al punto que era considerada la roya del trigo más destructiva (Germán *et al.*, 2007a). La roya del tallo puede causar pérdidas totales en cultivares susceptibles cuando ocurren epidemias severas. Las epidemias ocurridas durante la décadas del 50 y 70 fueron muy severas y generalizadas en la región y coincidieron con la aparición de nuevas razas virulentas sobre la mayoría de los cultivares que se utilizaban comercialmente en Argentina, Brasil y Uruguay. No han ocurrido epidemias de roya del tallo por más de 25 años debido al uso generalizado de cultivares resistentes en el Cono Sur. La enfermedad ha sido observada tardíamente en campos experimentales donde se manejan materiales altamente susceptibles, y en los últimos años ocasionalmente en algunos cultivos comerciales.

La ausencia de la enfermedad durante un largo período de tiempo ha disminuido las oportunidades de selección por resistencia y también la prioridad que los programas de

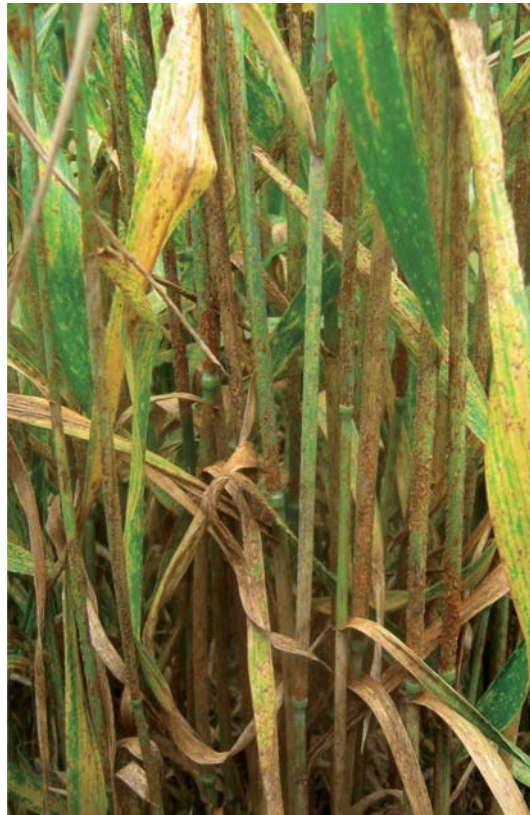


Figura 6. Roya del tallo de trigo.

mejoramiento han asignado a esta característica (Germán *et al.*, 2007a). Como resultado se han liberado algunos cultivares MS y S, que en el año 2009 ocuparon aproximadamente algo más de 20% de la superficie en el país y la situación, al menos en Argentina, es similar. El incremento en área de cultivares MS y S puede resultar en incremento de inóculo e infecciones en estos cultivares.

Debido a que la enfermedad no se presenta en forma generalizada, la información sobre comportamiento varietal se obtiene solamente en colecciones inoculadas artificialmente con inóculo multiplicado a partir de muestras locales (Cuadro 5). Gran parte de los cultivares comerciales es R o MR a roya del tallo, aunque algunos cultivares, principalmente de ciclo intermedio, tienen reacción I, MS y S.

Los genes más importantes que confieren resistencia en los cultivares a nivel regional son *Sr31* y *Sr24* (Germán *et al.*, 2007). Desde hace varios años existe virulencia

Cuadro 5. Lecturas de roya del tallo en colecciones y nivel de infección de cultivares comerciales.

Cultivar de ciclo largo	Colección		Nivel de infección	Cultivar de ciclo intermedio	Colección		Nivel de infección
	2007	Verano 2010			2007	Verano 2010	
BIOINTA 3000	60S ¹	50MSS	IA ²	LE 2331 INIA DON ALBERTO	40MRMS	50M	I
LE 2210 INIA TIJERETA	TR	0.5R	MB	BAGUETTEP REMIUM 11	90S	5S	A
LE 2245 INIA GORRION	20RMR	0.5R	BI	LE 2333 INIA CARPINTERO	40MR		BI
LE 2325 INIA CHIMANGO	20R	2R	B	BIOINTA 1001	20MR	20R	B
LE 2313 INIA GARZA	0	0	MB	KLEIN CHAJA	20MRMS	20R	BI
KLEIN MARTILLO	5RMR	2R	B	LE 2332 INIA MADRUGADOR	40MSMR	20MRMS	I
BUCK CHARRUA			B	NOGAL	40RMR	0	BI
BUCK GUAPO	0		MB	ACA 901		20MRMS	BI ²
KLEIN CAPRICORNIO	20RMRMS	0.5MS	BI	BIOINTA 1002	30M	5RMR	BI
BIOINTA 3004	10R	10R	B	CENTAURO	90S	50MSS	A
CALPROSE TROPERO	10R		MB	KLEIN TAURO	40S	2S	AI
LE 2346	TR	0	MB	INIA MIRLO	TR		MB
KLEIN GAVIOTA	5RMR	0.5MR	BI	BAGUETTE PREMIUM 13	90S	70S	A
KLEIN PROTEO		5RMR	B	KLEIN CASTOR	2R	10R	MB
				BAGUETTE 19	80S	30S	A
				KLEIN FLECHA	30MRMS	10RMR	IB
				BAGUETTE 9		50MSS	A
				LE 2249 INIA CHURRINCHE	10R	1R	B
				BIOINTA 1004	5R	10RMR	MB
				ATLAX		5R	B
				CRISTALINO	90S		A
				ONIX	90MSS		A
				SAFIRA	30R		B
				BAGUETTE 18	90S		A
				LE 2354	20M		BI
				BAGUETTE 17	90S		A

¹% de infección (escala de Cobb modificada, Peterson *et al.*, 1948); reacción R: resistente, MR: moderadamente resistente, M: mezcla de reacciones, MS: moderadamente susceptible, S: susceptible (Stakman *et al.*, 1962)
²B: bajo, I: intermedio, A: alto.

sobre *Sr24* en Sudáfrica e India y en el año 1999 fue detectada una raza virulenta (causa reacción susceptible) sobre *Sr31* en África (Uganda), denominada Ug99. Ug99 se ha extendido a Kenia, Etiopía y otros países del NE de África, y fue detectada en Yemen e Irán recientemente. En el NE de África se han detectado también variantes de la raza Ug99, dos de las cuales adquirieron virulencia adicional sobre *Sr24* (Park *et al.* sin publicar). Una de estas variantes fue detectada también en Sudáfrica en el año 2009 (Pretorius *et al.* sin publicar).

Hay antecedentes de migración intercontinental de royas o razas de royas, ya que las mismas, además de transporte natural a larga distancia por corrientes de aire, pueden ser transportadas también en zapatos o ropa en tanto las esporas se mantengan secas. Dado que la mayor parte de las variedades de trigo utilizadas a nivel mundial, regional y nacional son susceptibles a un grupo de razas detectadas en el NE de África

a a partir del año 1999, la posible introducción a nuestra región representa un riesgo importante para el cultivo de trigo (Germán y Verges, 2007; Germán *et al.*, 2009b). A través de la Iniciativa Global de Royas Borlaug (BGRI), se organizó en Kenia un sitio de prueba de materiales de todos los países frente a las nuevas razas (www.globalrust.org). INIA ha enviado sus cultivares y líneas avanzadas a Kenia desde el año 2005. Todas los cultivares de INIA registrados son MS o S frente a las razas presentes en el NE de África. Un 10 a 20% de las líneas experimentales fueron resistentes. Dentro de estas se encuentran algunas líneas utilizadas para introducir RPA del tipo durable a roya de la hoja. También se reciben colecciones organizadas por CIMMYT con fuentes de resistencia a roya del tallo seleccionadas en Kenia. Se están realizando cruzamientos utilizando como fuentes de resistencia a líneas del Programa de Mejoramiento de INIA y materiales introducidos, con el objetivo de

obtener cultivares resistentes a las razas mencionadas, para avanzar en la obtención de materiales resistentes antes de que el problema se presente en la región (mejoramiento anticipatorio) (Germán *et al.*, 2009b).

Roya estriada de trigo

No hay información nacional actualizada sobre el comportamiento de los cultivares comerciales frente a roya estriada, ya que la última epidemia que permitió caracterizar materiales ocurrió en el año 1998, cuando el 40% de los materiales con al menos tres años de evaluación tuvo niveles de infección I a A (Germán y Caffarel, 1999). La roya estriada de trigo (causada por *P. striiformis* f. sp. *tritici*) (Figura 7) está creciendo en importancia a nivel mundial, afectando regiones donde anteriormente no era una enfermedad prevalente (por ejemplo los grandes llanos de EUA, México). La roya estriada se desarrolla con temperaturas bajas, pero se identificaron razas provenientes de EUA más agresivas y adaptadas a temperaturas más altas que razas presentes en Europa (Milus *et al.*, 2009), por lo que estas razas representan también una amenaza para el cultivo en



Figura 7. Roya estriada de trigo.

el país (Germán *et al.*, 2009). No se dispone de información sobre el comportamiento de los cultivares utilizados en el país frente a estas razas. Debido a que existe una asociación genética entre resistencia parcial a roya de la hoja y roya estriada en varias fuentes para roya de la hoja (Singh *et al.*, 2009) utilizadas en el país y en la región, al seleccionar por resistencia a roya de la hoja se está seleccionando indirectamente por resistencia a roya estriada (Germán *et al.*, 2007, 2009a)

Si bien es poco probable que las nuevas razas de los patógenos que causan roya del tallo y roya estriada se presenten en el país en forma generalizada en el corto plazo, es importante informar sobre estas amenazas y comenzar a realizar acciones para disminuir los efectos que podrían causar.

Roya de la hoja de cebada

Las epidemias de roya de la hoja de cebada (Figura 8) ocurridas a partir del año 2005 incrementaron el costo del cultivo de cebada, ya que debieron utilizarse fungicidas para controlar la enfermedad sobre cultivares S, MS y de comportamiento intermedio (Germán *et al.*, 2007b). Las estimaciones de daño por roya de la hoja realizadas antes del año 2004, indicaban pérdidas de rendimiento de 17 a 25% y de granos mayores de 2.5 mm de 3 a 25% en cultivares susceptibles (Pereyra, 1992; 1993). Durante el año 2006, bajo una severa epifitía de roya de la hoja, el rendimiento de grano fue reducido en torno a un 60%, el peso de grano en un 22-25%, el % de 1^a+2^a en torno a un 70% y el rendimiento de 1^a+2^a en torno a un 85% en cultivares susceptibles (Castro *et al.* available on line), lo que claramente indica que en años en que la roya de la hoja causa epidemias severas (inicio temprano y altos niveles de infección), puede ocasionar daños muy superiores a los reportados anteriormente.



Figura 8. Roya de la hoja de cebada.

Población de Puccinia hordei

La población de *P. hordei* es relativamente estable y menos diversa que la de *P. triticina* (roya de la hoja de trigo) probablemente por la menor área de siembra del cultivo y fundamentalmente por la menor presencia de genes de resistencia mayores en cultivares utilizados comercialmente. Se han identificado hasta el presente tres razas de *P. hordei* que difieren en su reacción frente a genes de resistencia y cultivares comerciales. La raza UPh1, fue predominante hasta 1998, es avirulenta (causa reacción resistente) sobre los genes de resistencia *Rph3.c* y *Rph9.z*. La raza UPh2 fue identificada en el año 1999 y adquirió virulencia sobre el gen de resistencia *Rph3.c* y el cultivar Perún, que probablemente posee este gen de resistencia. En el año 2004 se identificó la raza UPh3 virulenta sobre los genes de resistencia *Rph3.c* y *Rph9.z* y sobre los cultivares INIA Ceibo e INIA Arrayán, que poseen *Rph9.z* derivado de su padre común Defra (Germán *et al.*, 2005). El posible origen de las nuevas razas detectadas es Brasil, donde se detectó virulencia sobre *Rph3.c* y *Rh9.z* un año antes que en Uruguay, probablemente correspondiente a las mismas razas detectadas en nuestro país un año después (Germán *et al.*, 2007b). UPh3 ha preponderado en la población del patógeno desde el año 2004. Esto demuestra que a

pesar de la menor dinámica de la población de *P. hordei*, el patógeno es capaz de variar, generando nuevas razas virulentas adaptadas a los cultivares más difundidos comercialmente (Germán *et al.*, 2005; Germán, 2007; Germán *et al.*, 2007b).

Comportamiento de cultivares de cebada frente a roya de la hoja

La caracterización del comportamiento frente a roya de la hoja de cebada se realiza en base a información de la Evaluación Nacional de Cultivares y de colecciones que se inoculan si no se presenta la enfermedad (Cuadro 6). De los cuatro cultivares más sembrados durante 2010 dos han presentado nivel de infección A (INIA Ceibo y Norteña Daymán) y dos han presentado niveles de infección IA (INIA Arrayán y Norteña Daymán) (Cuadro 6). Norteña Carumbé tiene un comportamiento intermedio y los dos cultivares de origen europeo (Barke y Ackerman Madi) son resistentes. La mayor parte del área del cultivo se sembró con materiales MS o S frente a la enfermedad (87%) en 2010 y solo un 3% del área se sembró con materiales resistentes. Esta situación es favorable para el desarrollo de epidemias de la enfermedad.

Las pruebas en el estado de plántula con razas puras del patógeno indican que MUSA 936, Norteña Daymán y Norteña Carumbé son susceptibles a las tres razas identifica-

Cuadro 6. Infección de roya de la hoja en ensayos y colecciones, máxima lectura y nivel de infección de cultivares de cebada.

Cultivar	% área ¹		ENC ²					Colecciones		Nivel de infección
			CI ³ Promedio			Máx.	Año	Máx.	Año	
	2009	2010	2007	2008	2009					
CLE 233-INIA ARRAYAN	25.1	30.5	6.7	4.3	11.3	40MSS ⁴	2007	70 MSS	2009	IA ⁵
CLE 202-INIA CEIBO	26.7	26.7	13.9	9.3	31.8	70S	2009	80 MSS	2009	A
MUSA 936	14.8	15.4	11.3	6.0	15.1	60MSS	2007	60 MS	2009	IA
NORTEÑA DAYMÁN	10.4	14.6	12.8	27.0	46.3	80S	2009	90 S	2009	A
NORTEÑA CARUMBÉ	12.8	10.7	10.5	6.3	20.2	50MSS	2007	45 MS	2009	I
BARKE	2.2	1.4	2.0	0.2	0.3	10	2007	15 RMR	2009	B
ACKERMAN MADI	3.7	0.7	0.0	0.8	1.1	5MR	2008,09	30MR	2007	B
Media ensayo			5.4	7.6	10.2					

¹Empresas; ²evaluación Nacional de Cultivares (INIA/INASE), ³coeficiente de infección; ⁴% de infección (escala de Cobb modificada, Peterson *et al.*, 1948); reacción R: resistente, MR: moderadamente resistente, M: mezcla de reacciones, MS: moderadamente susceptible, S: susceptible (Stakman *et al.*, 1962); ⁵B: bajo, I: intermedio, A: alto.

Adaptado de Castro *et al.* (2010).

das (Cuadro 7). Los otros cultivares (INIA Arrayán, INIA Ceibo, Barke y Ackerman Madi), son resistentes a las razas UPh1 y UPh2, pero susceptibles a la última raza identificada (UPh3), lo que indica la posible presencia del gen de resistencia *Rph9.z* en estos cultivares.

Todos los cultivares utilizados son susceptibles a UPh3 al estado de plántula, no es posible entonces diversificar el área en base a diferencias de comportamiento frente a razas del patógeno con los cultivares disponibles actualmente. Sin embargo hay diferencias en el comportamiento a campo, que se explica por la expresión de distintos grados de RPA. Los cultivares europeos (Barke y Ackerman Madi) han tenido baja infección a campo y alta RPA, Norteña Carumbé expresa nivel I de la

enfermedad y RPA e INIA Arrayán y MUSA 936 han tenido niveles de infección IA a campo y bajo nivel de RPA. Las diferencias entre nivel de infección I e IA frente a A son importantes, y pueden representar reducir el número de aplicaciones necesarias para controlar la enfermedad.

Para el desarrollo de cultivares resistentes se han identificado fuentes de RPA y plántula efectivos que se utilizaron en los Programas de Mejoramiento y Desarrollo de Germplasma resistente de INIA (Germán *et al.*, 2007b). Algunas líneas con resistencia derivada de materiales de origen europeo que se utilizan para en cruzamientos por su alta calidad maltera poseen altos niveles de RPA y algunos de estos son resistentes al estado de plántula.

Cuadro 7. Tipo de infección en plántula de cultivares de cebada frente a razas de *Puccinia hordei* y resistencia en plántula y planta adulta.

Cultivar	TI plántula ¹			Resistencia Plántula	Nivel de infección	RPA ⁴
	UPh1	UPh2	UPh3			
CLE 233-INIA Arrayán	0;1 ²	12-	33+	<i>Rph9.z</i>	IA ³	RPA=
CLE 202-INIA Ceibo	;1	;1	3+	<i>Rph9.z</i>	A	
MUSA 936	3	3	33+	S	IA	RPA=
Norteña Daymán	3+	3+	3+4	S	A	
Norteña Carumbé	3+	3+	3+	S	I	RPA-
Barke	0;	;	2+3	<i>Rph9.z</i>	B	RPA
Ackerman Madi	0;	;	23	<i>Rph9.z</i>	B	RPA

¹Tipo de infección en plántula; ²escala 0-4, 0 a 2+; (puntos necróticos sin esporulación): resistente, 3 a 4: susceptible (Stakman *et al.*, 1962); ³ B: bajo, I: intermedio, A: alto; ⁴resistencia de planta adulta (RPA), RPA=: nivel bajo, RPA-: nivel intermedio. RPA: nivel alto.

Oídio de Trigo y Cebada. Generalidades

El oídio del trigo y el oídio de la cebada son causados por patógenos diferentes: *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* y *B. graminis* f.sp. *hordei*, respectivamente. Los hongos del género *Blumeria* son patógenos biotróficos, dado que pueden nutrirse y crecer solamente sobre tejido vivo de los huéspedes que afectan (trigo en el caso de *B.graminis* f.sp. *tritici* y cebada cultivada y especies de *Hordeum* silvestres en el caso de *B.graminis* f.sp. *hordei*).

Estas enfermedades fueron consideradas de importancia secundaria en Uruguay, aun-

que en los últimos años han producido infecciones de creciente importancia. El oídio de trigo y el oídio de cebada son enfermedades comunes en Europa y otras regiones del mundo. El trigo es raramente afectado tan severamente como la cebada. Los cultivos densos y en rápido crecimiento, con altos niveles de nitrógeno son más susceptibles a la infección de oídio. Las infecciones se pueden dar muy tempranamente en el desarrollo del cultivo (Germán *et al.*, 2005).

El oídio ataca todas las partes aéreas de la planta, donde se observan masas de micelio y esporas blancas pulverulentas particularmente sobre el haz de las láminas (Figura 9). El envés de las hojas se vuelve



Oídio de trigo.



Oídio de cebada.



Oídio de cebada.

Figura 9. Oídio de trigo y cebada.



Figura 10. Oídio con cleistotecios.

amarillo a marrón. Las lesiones más viejas se oscurecen hasta adquirir un color gris amarillento y frecuentemente se producen cuerpos fructíferos visibles, pequeños y circulares casi negros (cleistotecios) entre las hifas del micelio (Figura 10). Las variedades susceptibles presentan coloraciones cloróticas y de color marrón acompañadas por micelio denso y esporulación, las variedades más resistentes presentan solamente pequeñas manchas sin desarrollo micelial.

Las estructuras fructíferas sexuales poseen una cubierta exterior muy dura y actúan como estructuras de resistencia. Generalmente es necesario que transcurra un tiempo considerable a la intemperie para producir ascosporas maduras. Las ascosporas dentro de los cleistotecios pueden sobrevivir durante un largo tiempo si permanecen secas y pueden ser expulsadas bajo condiciones húmedas. Los cleistotecios que se desarrollan en plantas en crecimiento usualmente contienen ascas inmaduras. La importancia de las ascosporas como inóculo primario en nuestras condiciones no es clara. La otra fuente de inóculo primario es el micelio que sobrevive en plantas que permanecen vivas durante el verano, produciendo conidios asexualmente (Figura 11). El inóculo secundario (conidios) proviene de cultivares susceptibles donde el patógeno puede cumplir varios ciclos de infección (enfermedad policíclica). La producción de conidios es muy abundante y son la fuente de inóculo más importante epidemiológicamente.

Esta se reduce marcadamente en colonias viejas. Los conidios son más sensibles a las condiciones ambientales que las ascosporas dentro de los cleistotecios y permanecen viables por pocos días. El oídio puede dispersarse sobre distancias considerables (cientos de km) por esporas transportadas por el viento desde los cleistotecios en los residuos de cultivos (ascosporas) o de las masas blancas de esporas que se producen sobre las hojas (conidiosporas).

La temperatura óptima para el desarrollo de ambos patógenos es de 15 a 22 °C, temperaturas superiores a 25 °C detienen su desarrollo. Los hongos causales de oídio no requieren de humedad libre sobre el follaje para la infección, pero requieren humedad relativa superior a 85% para que esta ocurra. En condiciones favorables el período de latencia es de 7 a 10 días. Al igual que en el caso de los hongos causales de royas, las precipitaciones fuertes retardan el desarrollo de la enfermedad por lavar el inóculo.

Al igual que para las royas, la población de los patógenos que causan oídio está compuesta por patotipos o razas que difieren en su habilidad para infectar distintos cultivares. Los hongos pueden evolucionar rápidamente, apareciendo nuevas razas que pueden causar daños sobre variedades previamente resistentes. En las poblaciones del patógeno de Europa hay antecedentes de resistencia a los fungicidas más utilizados.

Para controlar el oídio se recomienda **utilizar variedades resistentes** y evitar

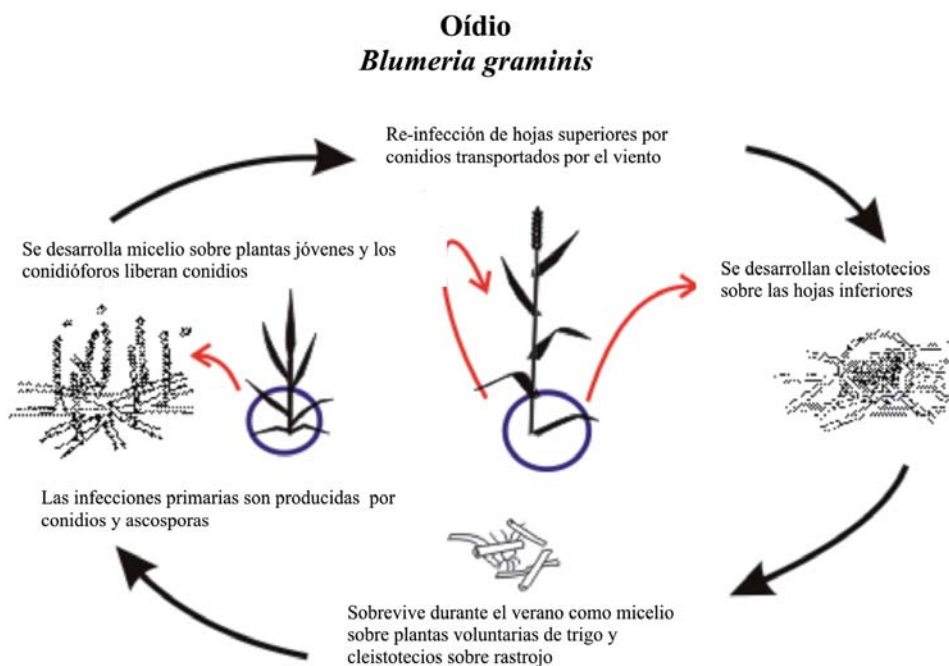


Figura 11. Ciclo de *Blumeria graminis*.

Fuente: Adaptado de Cereal Disease Encyclopedia, available on line.

aquellas altamente susceptibles. Las medidas de manejo que permiten la descomposición o incorporan el rastrojo permiten eliminar o disminuir el inóculo primario proveniente de los cleistotecios. Al igual que para la roya de la hoja del trigo, se recomienda la **eliminación de plantas voluntarias** de cultivares susceptibles para controlar la otra fuente de inóculo primario (conidios). Los cultivos que por su manejo posterior tienen alta probabilidad de presentar plantas voluntarias deberían sembrarse con cultivares resistentes si hay disponibilidad de estos. En materiales susceptibles, el **tratamiento con curasemillas** sistémicos proveen control por unas semanas después de la siembra. Cuando se presenta la enfermedad, se deben utilizar **fungicidas eficientes para el control de oídio**.

Oídio del trigo

Aunque el oídio del trigo se considera de importancia secundaria frente a otras enfermedades del cultivo, puede causar daños importantes en cultivares susceptibles. En

2009 se estimó una disminución de 30% de rendimiento causada por la enfermedad en un material susceptible.

La caracterización del comportamiento frente a oídio de los cultivares de trigo se realiza en los ensayos de la red de Evaluación de Cultivares, cuando la enfermedad se presenta naturalmente. A diferencia de los cultivares de ciclo largo, la mayoría de los cultivares de ciclo intermedio tienen buen comportamiento frente a oídio (Cuadro 8). En 2009, aproximadamente 70% del área de trigo fue sembrada con cultivares con nivel de infección B o BI, y 10% con cultivares con nivel de infección IA o A. La baja proporción del área con cultivares susceptibles es un factor que contribuye a la relativa baja importancia económica de la enfermedad en el cultivo de trigo.

Oídio de la cebada

La incidencia y severidad del oídio de la cebada han incrementado, presentándose en forma generalizada casi todos los años desde 2004. A nivel experimental, desde 2004

Cuadro 8. Porcentaje de infección promedio, máxima lectura y nivel de infección de oídio de cultivares de trigo en ensayos de Evaluación Nacional de Cultivares.

Cultivar ciclo largo	% prom. inf.			Max.	Nivel de infección
	2007	2008	2009		
BIOINTA 3000	0.3	0.5	15.0	30	BI ¹
INIA TIJERETA	1.6	0.9	6.0	10	BI
INIA GORRION	1.0	0.8	15.0	15	I
INIA CHIMANGO	0.3	2.0	11.0	20	IA
INIA GARZA	3.7	6.5	10.3	20	IA
KLEIN MARTILLO	0.4	1.4	2.5	5	B
BUCK CHARRUA		4.4	2.5	10	BI
BUCK GUAPO	1.1	2.0		10	BI
KLEIN CAPRICORNIO	4.4		30.0	40	A
BIOINTA 3004	0.3	2.6	30.0	40	A
CALPROSE TROPERO	26.0	23.4		40	A
LE 2346		0.1	2.5	5	BI
KLEIN GAVIOTA	3.0		7.5	10	I
KLEIN PROTEO			0.0	0	B
Media ensayos	2.7	2.6	7.3		

Cultivar ciclo inet.	% prom. inf.			Max.	Nivel de infección
	2007	2008	2009		
INIA DON ALBERTO	0.6	0.0	0.0	2	BI
BAGUETTE PREMIUM 13		0.0	5.0	10	BI
INIA CARPINTERO	1.4	0.0	1.0	5	I
BIOINTA 1001	0.0	0.0	0.0	0	B
KLEIN CHAJA		0.0	2.5	5	BI
INIA MADRUGADOR	22.5	5.0	6.0	40	A
NOGAL	0.0	0.0	0.0	0	B
ACA 901		0.0	5.0	10	BI
BIOINTA 1002	0.6	0.0	5.3	10	B
CENTAURO	2.0	5.0	2.5	5	BI
KLEIN TAURO	2.5		7.5	15	BI
INIA MIRLO	0.5	0.5		0.5	IB
BAGUETTEP REMIUM 11	5.0	0.0	0.0	10	BI
KLEIN CASTOR	6.3	0.0	5.0	10	BI
BAGUETTE 19	8.8	0.0	12.5	20	I
KLEIN FLECHA		0.0	2.5	5	BI
BAGUETTE 9			0.0	0	B
INIA CHURRINCHE	1.4	0.0	6.0	10	BI
BIOINTA 1004	0.0	0.0	1.0	2	B
ATLAX		0.0		0	B
CRISTALINO	0.0	0.0		0	B
ONIX	0.0	0.0		0	B
SAFIRA	0.1	0.0		0	B
BAGUETTE 18	0.1	0.0		0.5	B
LE 2354	10.1	5.0	15	25	I
BAGUETTE 17	0.0	0.0		0	B
Media ensayos	2.9	1.2	4.5		

¹B: bajo, I: intermedio, A. alto.

Adaptado de Castro *et al.* (2010).

hasta 2009 se tienen registros de severidad de infección de hasta el 50 y aun 60% en cultivares S en todos los años excepto 2006 cuando el máximo registro fue de 10%. Se han estimado pérdidas de rendimiento de 14 a 29% y de 7 a 14% en el porcentaje de 1^a+2^a (granos mayores a 2.5 mm) causadas por esta enfermedad.

No se dispone de mucha información acerca del rol que cumple el ciclo sexual del hongo en la producción de inóculo primario y generación de nuevas razas de patógeno. Durante un verano (año 2005), se monitorearon rastros y plantas guachas de cultivares susceptibles para confirmar la presencia de cleistotecios, ascosporas y micelio, de forma de tener información sobre la fuente de inóculo primario de la enfermedad. Se evaluó un total de 16 muestras de rastrojo y plantas guachas de cebada. Tres muestras fueron recolectadas y evaluadas sólo en enero, ocho solo en febrero. El resto de las muestras fue recolectada y evaluada en más de una oportunidad (cuatro muestras fueron evaluadas mensualmente entre enero y marzo y una en febrero y marzo). Tres muestras

de rastrojo presentaron cleistotecios y micelio de hongo, pero solo una de estas muestras obtenida en el mes de enero contenía cleistotecios con ascosporas, aunque muestras posteriores detectaron cleistotecios y micelio pero ascas vacías. Las plantas guachas no presentaron micelio. El análisis de este año indica una baja sobrevivencia del patógeno durante el verano y una muy escasa producción de inóculo primario (Germán *et al.*, 2005), lo que puede ser una de las causas de la baja incidencia de oídio durante 2006.

La caracterización de los cultivares de cebada se basa en información de severidad en ensayos de la red de Evaluación Nacional de Cultivares, cuando la enfermedad se presenta naturalmente (Cuadro 9).

Los cultivares más difundidos presentaron niveles de infección IA a A de oídio mientras los cultivares europeos que ocupan el 3% del área tienen buen comportamiento frente a la enfermedad. INIA Arrayán e INIA Ceibo incrementaron el porcentaje de infección en 2009 respecto a años anteriores, presentando niveles de infección similares

Cuadro 9. Porcentaje de infección promedio, máxima lectura y nivel de infección de oídio de cultivares de cebada en ensayos de Evaluación Nacional de Cultivares.

Cultivar	% prom. infección			Máx.	Año	Nivel de infección
	2007	2008	2009			
CLE 233-INIA ARRAYAN	3.6	5.4	22	30	2009	IA ¹
CLE 202-INIA CEIBO	2.5	2.8	25	40	2009	A
MUSA 936	10.0	13.0	8	43	2008	IA
NORTEÑA DAYMÁN	9.4	12.1	23	35	2009	AI
NORTEÑA CARUMBÉ	9.6	15.4	25	50	2008	A
BARKE	5.0	0.0	0	20	2007	BI
ACKERMAN MADI	0.1	1.8	0	10	2008	BI
Promedio ensayos	5.7	8.6	8.2			

¹: B: bajo, I: intermedio, A: alto
Adaptado de Castro *et al.* (2010)

a los materiales con comportamiento MS y S. Este cambio de comportamiento ya se observó en años anteriores en variadas situaciones pero no en forma generalizada como en el año 2009. *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* es altamente variable, por lo que este cambio de comportamiento se puede atribuir a cambios en la población del patógeno. El resultado de este cambio es que el 97% del área del cultivo de 2010 se sembró con materiales MS y S, situación que para un patógeno biotrófico es altamente favorable e incrementa el riesgo de ocurrencia de epidemias severas.

CONSIDERACIONES SOBRE MANEJO DE ROYAS Y OÍDIO POR RESISTENCIA GENÉTICA

De los tres componentes del desarrollo de epidemias (clima, patógeno y huésped), el clima no es manejable, la presencia de patógeno virulento puede manejarse con fungicidas y el área de huésped susceptible es también manejable. El área sembrada con huésped susceptible define en gran medida la importancia económica de las enfermedades causadas por patógenos biotróficos. Cuanto mayor es el área susceptible mayor es el incremento de inóculo, la severidad de las epidemias y daños y también es mayor

la probabilidad de aparición de nuevas razas virulentas.

Se considera que la resistencia genética es la mejor estrategia para el control de patógenos porque reduce el uso de fungicidas y su impacto ambiental, y el costo de producción. En el caso de los patógenos biotróficos que tienen alta capacidad de generar razas virulentas, la forma de reducir el área vulnerable es utilizando cultivares resistentes y diversificar el área del cultivo seleccionando distintos cultivares resistentes o cultivares susceptibles a distintas razas de los patógenos, cuando se tiene información y esto es posible.

Actualmente, una alta proporción del cultivo se siembra con cultivares de comportamiento deficiente en a a campo frente a roya de la hoja de trigo, roya de la hoja de cebada y oídio de cebada. Se debe estar atento frente a la aparición de roya del tallo y roya amarilla, y es recomendable mantener un área susceptible a oídio de trigo baja. En el caso de la roya de la hoja de ambos cultivos, los cultivares comerciales con comportamiento deficiente a campo son susceptibles a un rango igual o similar de razas, por lo que es difícil implementar un manejo racional por resistencia.

Frente a esta situación más problemática de roya de la hoja de los dos cultivos, se debería asignar mayor prioridad al desarrollo de cultivares con resistencia efectiva para

disminuir pérdidas y utilizar estrategias para que esta sea más durable. El control químico es una herramienta de manejo efectiva, fundamentalmente cuando se cuenta con materiales que tienen una base de desarrollo lento de las enfermedades.

MANEJO DE ROYAS Y OÍDIOS CON FUNGICIDAS

Es posible minimizar los riesgos de que las royas y oídios alcancen niveles capaces de disminuir los rendimientos y calidad de grano con el uso combinado de las herramientas de manejo disponibles: desde la elección cultivar a sembrar, fecha de siembra, y eventualmente la aplicación de fungicidas. Por lo tanto, la decisión de la aplicación de fungicidas estará ligada a situaciones en que alguna(s) de las demás medida(s) de control no sean eficiente(s). En el Cuadro 10 se presenta la efectividad relativa de las distintas medidas de manejo para las royas y oídios de trigo y cebada en el país.

La importancia económica de las enfermedades (pérdidas potenciales) claramente indica la necesidad de utilizar fungicidas como medida de control en caso de que el nivel infección lo justifique. Las pérdidas estimadas en el rendimiento de grano causadas por las royas se encuentran en el rango de 17 a 59% en cebada y de 32 a 36% en trigo (máximo 61%). Para oídio de cebada se han estimado pérdidas de hasta 29% en rendimiento de grano, sin embargo, el rendimiento de grano de 1ª+2ª fue afectado en hasta un 46% de mermas. Estas enfermedades afectan además en forma significativa la calidad física del grano, disminuyendo el peso de los granos y en el caso de cebada, la proporción de granos mayores a 2,5 mm (Cuadro 11).

Las funciones de pérdidas de rendimiento para roya de la hoja de trigo y cebada se han determinado en nuestras condiciones y pueden ser tomadas como una referencia al momento de decidir la aplicación de fungicidas (Cuadro 12).

Cuadro 10. Eficiencia de las distintas medidas de manejo para royas de la hoja y oídios de trigo y cebada.

Enfermedad	Elección del cultivar	Manejo cultural				Sanidad de Semilla	Aplicación de fungicidas
		Laboreo	Rotación de cultivos	Eliminación de plantas guachas	Fecha de siembra		
Roya de la Hoja - TRIGO	Alta	Nula	Nula	Media	Media-alta	Nula	Alta
Roya de la Hoja - CEBADA	Alta	Nula	Nula	Media	Media	Nula	Alta
Oidio - TRIGO	Alta	Nula	Nula	-	Media	Baja*	Alta
Oidio - CEBADA	Alta	Nula	Nula	-	Media	Baja*	Alta

*Algunos principios activos utilizados en otros países incluyen triadimenol, triticonazol, flutriafol.

Cuadro 11. Rango de estimaciones de pérdidas porcentuales en rendimiento, peso y tamaño de grano causadas por la roya de la hoja de cebada y trigo.

Enfermedad	Rendimiento de grano	Peso de grano	Clasificación de 1ra.+2da.
Roya de la hoja- Cebada	17-59	9-15	3-25
Roya de la hoja - Trigo	32-36 (61)	0-16	-
Oidio - Cebada	14-29	4-10	7-14
Oidio - Trigo	31	9	-

Modificado de Pereyra y Díaz (2007).

Cuadro 12. Funciones de pérdidas de rendimiento en grano para roya de la hoja en cebada y trigo.

Roya de la hoja de:	Estado Vegetativo del cultivo	Función
Cebada	2-3 nudos a espigazón	Y = 100 - 2.90 S
	Espigazón a grano lechoso	Y = 100 - 0.57 S
Trigo ciclo largo	2 nudos	Y = 100 - 0.90 S
	Hoja bandera - 3/4 grano	Y = 100 - 0.30 S
Trigo ciclo intermedio	Hoja bandera	Y = 100 - 13.20 S
	Principio floración	Y = 100 - 2.60 S

Y: porcentaje del rendimiento esperado.

S: severidad (área foliar afectada) de la enfermedad (%).

Pereyra y Díaz (2007).

ASPECTOS A CONSIDERAR AL DECIDIR LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS

El criterio para determinar el momento de aplicación es dinámico y debe estar basado en los siguientes puntos:

-Comportamiento sanitario del cultivar

La resistencia genética es el medio más efectivo y económico para manejar royas y oidio. Sin embargo, esta protección no es permanente, principalmente en el caso de roya de la hoja del trigo, pero también en el caso de roya de la hoja y oidio de cebada se han verificado cambios de comportamiento de cultivares. El comportamiento de los cultivares es función de las razas del patógeno presentes durante el ciclo del cultivo y a su vez, la frecuencia de las distintas razas es dinámica, adaptándose a la composición varietal del área del cultivo. El patógeno es también capaz de generar nuevas razas virulentas sobre variedades inicialmente resistentes, las que se vuelvan susceptibles generalmente pocos años después de su liberación.

Aún cuando normalmente, los materiales caracterizados como resistentes (B nivel de infección) o moderadamente resistentes (BI nivel de infección) probablemente no requieren aplicación de fungicidas para esas enfermedades en particular, se debe tener en cuenta que como los cambios en el comportamiento varietal en estas enfermedades pueden ser abruptos, es importante estar familiarizado con la evolución del estado sanitario de los distintos cultivares durante la zafra.

-Rendimiento potencial del cultivo

La aplicación del fungicida estará estrechamente relacionada al rendimiento esperado del cultivo. A mayor expectativa de rendimiento, más fácilmente se decidirá realizar la aplicación.

-Estado vegetativo

En el caso de las royas, las reducciones en rendimiento son mayores cuanto más temprano en el ciclo del cultivo se inicie el desarrollo de las mismas. Para obtener una acción eficaz del fungicida, es necesario que este sea aplicado temprano en el desarrollo de la epidemia. Debido a que las royas tienen un ciclo cada 7-10 días según las condiciones ambientales, es deseable que se realicen monitoreos semanales desde macollaje hasta grano acuoso para determinar el estado sanitario de los cultivos.

Debido a los requerimientos de temperaturas más frescas para oidio, es común que los síntomas aparezcan en etapas muy tempranas del cultivo como macollaje, principalmente en cebada. Es recomendable que los cultivares susceptibles a esta enfermedad sean recorridos periódicamente desde este momento para decidir aplicaciones.

Realizar aplicaciones al inicio de las epidemias, no solo controla la enfermedad a nivel de predios individuales sino también puede retrasar el desarrollo de las epidemias a nivel de los cultivos en general por eliminación de fuente de inóculo.

-Nivel de infección del cultivo comparado con los niveles críticos.

Al igual que para las manchas foliares, el nivel de infección del cultivo se puede obte-

ner mediante un monitoreo en 8-10 puntos de la chacra, evaluando en cada punto 15 a 20 tallos por severidad y/o incidencia de las enfermedades presentes.

Para estas enfermedades, tradicionalmente se ha recomendado la utilización de niveles críticos (nivel de severidad o incidencia de la enfermedad a partir del cual la pérdida en rendimiento justifica el costo de la aplicación) calculados en base a las funciones de pérdidas para el control de las mismas (Cuadro 12) y se aplica la fórmula (a). Sin embargo, los valores de severidad y/o incidencia críticos resultantes en la situación actual, se encuentran muy cercanos a inicios de infección. En roya de la hoja de cebada se manejan niveles críticos aproximados de 3-5% de severidad (50-60% de incidencia), mientras que para oídio de cebada se recomiendan niveles críticos de 5-10% de severidad.

Fórmula (a)

$$NC = \frac{CP + CA}{100}$$

P*coef.*Re

donde:

Re: rendimiento esperado, kg/ha; *P*: precio de la cebada y/o trigo, U\$S/kg; *CP*: costo del producto, U\$S/ha; *CA*: costo de aplicación, U\$S/ha; *coef.*: coeficiente de pérdida de rendimiento por cada 1 % de severidad (o incidencia) de la enfermedad en cuestión (en negrita en ecuaciones del Cuadro 12).

Cuando los rendimientos alcanzables del cultivo y/o precios son altos, los niveles críticos, tanto medidos en términos de severidad como incidencia, son tan bajos que se acercan al momento de detección de los primeros síntomas.

Los niveles críticos se ofrecen como una guía y deben ser considerados en el contexto de los demás ítems antes mencionados y como una herramienta más disponible para decidir la aplicación.

Eficiencia de los fungicidas para el control de roya de la hoja y oídio de cebada

En el Cuadro 13 se presenta un resumen del comportamiento de distintos ingredientes activos y los correspondientes productos comerciales evaluados en INIA La Estanzuela en el período 1998-2009 por al menos dos zafas con alta infección de roya de hoja y/o oídio de cebada.

Resultados de ensayos de evaluación de fungicidas para roya de la hoja de cebada

En los años epidémicos de roya de hoja de cebada 2004 y 2005, se instalaron dos ensayos (uno por año, diseño de bloques al azar) con el cultivar susceptible a roya de la hoja Perún, sembrados el 17 de junio y 29 de junio, respectivamente. Un experimento realizado en el 2006 se sembró el 20 de mayo con CLE 202-INIA Ceibo, también susceptible a roya de la hoja. La aplicación de los fungicidas se realizó de acuerdo al nivel crítico de severidad (2% en el 2004, 1.5% en el 2005 y 6% en el 2006) y coincidió, en todos los años, con el comienzo de elongación (1-2 nudos, GS Zadoks 31-32). Los fungicidas se aplicaron con mochila de presión constante (CO₂), con caudal 0.2 l/m y 3 bares de presión y se utilizaron picos de cono hueco (CJ03).

Las evaluaciones de enfermedades se realizaron al momento de la aplicación de los fungicidas y luego periódicamente en los momentos que se detallan en los cuadros 14, 15 y 16, en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. En base a esta información, para cada año y cada tratamiento, se calculó el área debajo de la curva del progreso de la roya de la hoja (AUDPC) y si ameritaba, de otras enfermedades presentes. En poscosecha se realizaron determinaciones de rendimiento de grano (kg/ha), tamaño de grano (en base a clasificación de grano) y peso de mil granos (g).

Cuadro 13. Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados por al menos dos zafras con alta infección de roya de la hoja y/o oídio de cebada en INIA La Estanzuela (1998-2009).

Ingrediente activo (<i>nombre comercial evaluado</i>)	DOSIS (cc/ha)	RH ¹	OID ¹
Epoxiconazol + carbendazim (<i>Swing</i>)	1000	I-A	IA
Metconazol (<i>Caramba</i>)	1000	-	-
Propiconazol (<i>Tilt</i>)	500	I-A	-
Tebuconazol (<i>Folicur</i>)	450	I-A	-
Tebuconazol (<i>Silvacur 25EW</i>)	750	I-A	I-A
Tebuconazol (<i>Orius</i>)	750	I-A	A-I
Tebuconazol (<i>Bucaner 25EW</i>)	750	I-A	I-A
Flusilazol + carbendazim (<i>Fusión</i>)	800-1000	A ³	-
Propiconazol + ciproconazol (<i>Artea</i>)	400	A	A
Azoxistrobin + A.M. (<i>Amistar + Nimbus</i>)	300	A	-
Azoxistrobin+ ciproconazol +A.M. (<i>AmistarXtra+Nimbus</i>)	350	A	AI
Trifloxistrobin + ciproconazol (<i>Sphere</i>)	600	-	-
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Opera</i>)	1000	A	A
Trifloxistrobin + propiconazol (<i>Stratego</i>)	750	-	-
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegro</i>)	1000	A	A
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	600	A	A
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>Conzerto</i>)	1000	A	A
Azoxistrobin+tebuconazol (<i>VentumPlus</i>)	400-500	A-I	A-I
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>Orchestra</i>)	1000-1250	A-I	A

¹ RH: roya de la hoja, OID: oídio

² Eficiencias de control: A: ALTA (>80%) I: INTERMEDIA (80-70%); B: BAJA (<70%)

³: Información de un año

⁴: Baja eficiencia con condiciones de altas precipitaciones luego de la aplicación del fungicida

Cuadro 14. Severidad y área debajo de la curva de progreso de la roya de hoja de cebada, rendimiento en grano, porcentaje de granos mayores a 2.5 mm y peso de grano para distintos tratamientos de fungicidas evaluados en el 2004.

PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS (ml/ha)	Severidad de RH ¹			AUDPC ²	Rendimiento en grano (kg/ha)	1°+2° ³ (%)	PMG ⁴ (g)
		EV: HB-Aristas	EV: Ppio espigazón	EV: grano acuoso-lechoso				
Amistar+Nimbus	300+500	1.7 d ⁵	2.6 b	15.8 cde	544.9 bcd	4080.9 a ¹	89.80 ab	37.41 a
AmistarXtra	350+500	1.6 d	2.8 b	13.5 e	489.7 cd	3952.9 a	91.49 a	37.99 a
Artea	400	3.0 cd	2.8 b	16.1 cde	595.7 bcd	4030.1 a	86.03 bc	36.16 bc
Opera	1000	7.6 abc	4.1 b	14.6 de	711.0 bcd	3908.8 a	89.68 ab	37.30 ab
Allegro	1000	4.4 bcd	1.8 b	19.1 cde	645.5 bcd	3908.8 a	90.13 ab	37.84 a
Silvacur+Flint	480+120	1.4 d	0.6 b	13.5 e	401.7 d	4107.4 a	91.30 a	37.88 a
Experimental A	500	3.0 cd	3.6 b	24.8 bc	846.0 bc	3927.9 a	91.14 a	37.11 ab
Experimental A	750	3.0 cd	1.3 b	21.4 cde	671.7 bcd	3762.5 ab	90.26 ab	37.91 a
Fusión	800	5.6 bcd	4.6 b	23.6 bcd	891.7 b	3366.2 c	84.61 c	35.28 c
Fusión	1000	2.0 d	2.5 b	23.6 bcd	725.0 bcd	3451.5 bc	85.05 c	35.71 c
TESTIGO ⁶	-	12.0 a	20.0 a	34.9 a	1882.1 a	2961.8 d	70.33 d	33.06 d
P>F		0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

¹Severidad media (%) de roya de hoja; ²área debajo de la curva de progreso de roya de hoja; ³clasificación de 1+2 ; ⁴peso de mil granos; ⁵valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por mínima diferencia significativa (MDS) al 0.05; ⁶testigo sin aplicación de fungicida.

Cuadro 15. Severidad y área debajo de la curva de progreso de la roya de hoja de cebada, rendimiento en grano, porcentaje de granos mayores a 2.5 mm y peso de grano para distintos tratamientos de fungicidas evaluados en el 2005.

PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS (ml/ha)	Severidad de RH ¹			AUDPC ²	Rendimiento en grano (kg/ha)	1°+2° ³ (%)	PMG ⁴ (g)
		EV: Ppio espigazón	EV: ¾ grano-G. acuoso	EV: grano lechoso-lechoso pastoso				
Experim. B	1000	0.3 b ⁵	3.3 bc	6.0 b	238.8 bc	5597.7 ab	96.29 bc	43.75 ab
Allegro	1000	0.0 b	0.9 c	3.2 b	74.1 c	5871.9 ab	97.62 abc	46.06 a
Opera	1000	0.0 b	3.2 bc	5.3 b	213.7 bc	6046.1 ab	97.19 abc	44.63 ab
Supreme	1000	0.8 b	2.3 bc	5.0 b	200.6 bc	5474.2 ab	97.72 ab	45.75 ab
Supreme	750	0.3 b	2.6 bc	5.9 b	200.9 bc	5813.3 ab	97.83 ab	45.68 ab
Experim. C	750	0.0 b	2.0 bc	5.0 c	151.0 c	6451.6 a	98.06 a	44.79 ab
Swing	1000	0.0 b	3.7 bc	4.5 c	138.9 c	5745.3 ab	97.30 abc	45.69 ab
Silvacur	750	0.0 b	1.9 bc	5.1 c	144.7 c	5767.2 ab	97.87 ab	44.59 ab
Orius	750	0.0 b	1.8 bc	4.8 c	139.2 c	6244.5 a	97.72 ab	45.79 a
TESTIGO⁶	-	5.4 a	13.1 a	27.8 a	1174.6 a	5139.1 b	96.01 c	42.81 b
<i>P>F</i>		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0072	0.0009	0.0122

¹severidad media (%) de roya de hoja; ²área debajo de la curva de progreso de roya de hoja; ³clasificación de 1 +2 ; ⁴peso de mil granos; ⁵valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por Tukey al 0.05; ⁶testigo sin aplicación de fungicida.

Cuadro 16. Severidad y área debajo de la curva de progreso de la roya de hoja de cebada, rendimiento en grano y porcentaje de granos mayores a 2.5 mm para distintos tratamientos de fungicidas evaluados en el 2006.

PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS (ml/ha)	Severidad de RH ¹			AUDPC ²	Rendimiento en grano (kg/ha)	1°+2° ³ (%)
		EV: 3-4 nudos	EV: Hoja bandera a Ppio espig.	EV: 3/4 grano a g. acuoso			
Experim. B	800	4.95 b ⁴	31.5 b	80.8 ab	3449.8 b	2139 bc	22.23 b
Experim. B	1000	3.90 b	13.9 c	63.0 bcd	2730.4 c	2121 bc	28.45 ab
Allegro	1000	4.95 b	2.7 d	38.3 ef	1857.8 de	2695 ab	35.23 a
Opera	1000	3.75 b	7.1 cd	67.5 abc	2657.8 c	2702 ab	30.02 ab
Swing	1000	4.95 b	11.7 cd	55.5 cde	2498.7 cd	2366 abc	25.71 ab
Nativo	800	4.20 b	3.4 cd	29.3 f	1672.4 e	2767 a	30.13 ab
Silvacur	750	5.40 b	4.2 cd	40.5 def	1947.5 de	2671 abc	25.99 ab
Orius	750	5.40 b	9.1 cd	54.0 cde	2365.7 cd	2638 abc	25.73 ab
TESTIGO⁵	-	26.00 a	51.3 a	90.0 a	4300.0 a	2102 c	24.83 ab
<i>P>F</i>		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0805

¹severidad media (%) de roya de hoja; ²área debajo de la curva de progreso de roya de hoja; ³clasificación de 1 +2 ; ⁴valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por Tukey al 0.05; ⁵testigo sin aplicación de fungicida.

En el 2004, la infección de roya de la hoja fue intermedia a alta mientras que fue intermedia en el 2005 y alta a muy alta en el 2006, debido a las condiciones favorables para el desarrollo de esta enfermedad desde etapas tempranas del cultivo (ver testigos sin aplicación de fungicida en cada año). En función de los niveles de roya de hoja alcanzados cada año, se pueden observar diferencias en las eficiencias de control absolutas de cada fungicida en cada situación así como de su residualidad.

Según la metodología utilizada para estos ensayos se evalúa el comportamiento de los distintos fungicidas mediante una única aplicación cuando la enfermedad alcanza el nivel crítico. Con niveles intermedios de roya

de hoja como los registrados en el 2005 en el ensayo, no hubiera sido necesaria una segunda aplicación. Sin embargo, cuando la infección es más severa hubiera sido necesaria una segunda aplicación de algunos productos. Por ejemplo, en el año 2004 (infección intermedia a alta), sólo un grupo reducido de tratamientos hubiera requerido una segunda aplicación, en el entorno a espigazón, mientras que con una presión tan alta de roya de hoja como la registrada en el 2006, en la mayoría de los tratamientos hubiera sido necesaria la segunda aplicación, también en el entorno de espigazón, con el fin de asegurar un llenado de grano adecuado. La falta de esta aplicación se evidenció en los tamaños de grano muy bajos y por lo

tanto en los rendimientos de grano reducidos (Cuadro 15).

Eficiencia de los fungicidas para el control de roya de la hoja y oídio de trigo

En el Cuadro 17 se presenta la eficiencia de control (E.C.) de distintos ingredientes activos, los correspondientes productos comerciales y dosis evaluados en INIA La Estandzueta en el período 1993-2009 por al menos dos zafras con alta infección de roya de hoja, y la E.C. de estos fungicidas para control de oídio de trigo estimada con solo un año de datos (2009).

Resultados de ensayos de evaluación de fungicidas para roya de la hoja en trigo en La Estandzueta y Young en la zafra 2006

Los experimentos se instalaron con el cultivar susceptible a roya de la hoja INIA Tero, en Estandzueta y Young para poder tener más repeticiones y detectar las diferencias en el desarrollo de la enfermedad al norte y al sur del país. Se realizó un manejo del cultivo (control de malezas y fertilización) para alcanzar altos niveles de rendimiento.

El diseño de los ensayos fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con tamaño de parcela de 4.8 m². La aplicación de fungicidas se hizo en el estado de fin de macollaje (Z30) el 11/10, con 10-15 SMS de roya de la hoja (pasado el nivel crítico de aplicación: 5 %), con mochila de presión constante y picos de cono hueco, caudal de 0.2 l/min., a 3 bares de presión en Estandzueta y en Young en el estado de principio de espigado (Z61) el 06/10, con 4 S-MS de roya (nivel crítico de aplicación recomendado), con el mismo equipo. Uno de los tratamientos consistió en dos aplicaciones de Amistar + Nimbus. En La Estandzueta se realizaron cuatro evaluaciones de severidad y reacción de roya de la hoja, el 30/10 al estado de principio de espigado (PESP), el 08/11 al estado de 3/4 grano (3/4G), el 17/11 al estado lechoso (L) y el 21/11 al estado lechoso-pasta (LP). En Young se realizaron tres evaluaciones de severidad y reacción de roya de la hoja el 17/10 al estado de fin de floración (FFL), 26/10 al estado de grano-acuoso (3/4G-A) y el 07/11 en el estado lechoso (L). Se estimó el rendimiento (kg/ha), peso hectolítrico (kg/hl), peso de 1000 granos (g), proteína (%). Se calculó el área debajo de la curva del progreso de la roya, menor área significa menor desarrollo de la enfermedad.

Las condiciones del año fueron muy favorables para el desarrollo de la enfermedad

Cuadro 17. Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados por al menos dos zafras con alta infección de roya de la hoja durante 1993-2009 e información de E.C. de oídio en trigo de la zafra 2009, en INIA La Estandzueta.

Producto Comercial/ Dosis	Principio activo	¹ E.C. R. H. 1993-2009	Nro. años Evaluación	E.C. Oídio 2009
Opera 1000	Pyraclostrobin 133 g/L + Epoxiconazol 50 g/L	² A	8	A
Allegro 1000	Kresoxim-metil 125 g/L + Epoxiconazol 125 g/L	A	8	A
AmistarXtra + Nimbus 350 + 500	Azoxistrobin 200g/L + Ciproconazol 80g/L	A	7	A
Nativo + Optimizer 800	Trifloxistrobin + Tebuconazol 100 + 200 g/L	A	5	I
Artea 400	Ciproconazol 80 g/L + Propiconazol 250 g/L	A	5	s/i
Impact 1000	Flutriafol 125 g/L	A	4	s/i
Taspa 250	Difenoconazol 250 g/L + Propiconazol 250 g/L	A	4	s/i
Ventum Plus 500-1000	Azoxistrobin 200gr/lt + Tebuconazol 125 gr/lt	A	2	s/i
Swing 1000	Epoxiconazol 125 g/L + Carbendazim 125 g/L	I	4	s/i
Tilt500	Propiconazol 250 g/L	I	2	s/i
Orius 250 EW + Exit 500+400	Tebuconazol 250 g/L	I	2	s/i
Supreme + Un-Film 17 750 y/o 1000 + 400	Procloraz 267 g/L + Tebuconazol 133 g/L	I	2	s/i
Folicur 450	Tebuconazol 430 g/L	I	2	I
Sphere 600-800	Trifloxistrobin 187.5 g/L + Ciproconazol 80 g/L	I	2	s/i
Eminent Pro + Silwet 600+ 50	Carbendazim 150 g/L + Tetraconazol 125 g/L	I	2	s/i
Conzerto 1000	Kresoxim-metil 125 g/L + Tebuconazol 150 g/L	I	2	I
Caramba1000	Metconazol 90 g/L	IB	3	s/i

¹E.C., eficiencia de control.

²A: Eficiencia alta, I: intermedia, B: baja.

y ambos ensayos presentaron una alta infección de roya de la hoja sin interferencias con otras enfermedades lo que permitió una muy buena evaluación de la eficiencia de control de los fungicidas en ambos ensayos. En Young se sembró el 6 de julio y la roya apareció alrededor de principio de espigazón el 6 de octubre. En La Estanzuela el ensayo se sembró el 21 de julio y el 11 de octubre, a fines de macollaje cuando se aplicaron los tratamientos fungicidas, ya había alcanzado una infección del orden del 10-15 SMS. La parcela sin tratar alcanzó un rendimiento

de 2861 kg/ha en Estanzuela mientras que en Young el rendimiento fue de 4719 kg/ha. Dos factores pueden explicar estas diferencias: el ataque de roya de la hoja más temprano en Estanzuela y la falta de agua que afectó al ensayo en sur (Figura 12).

Los resultados de las evaluaciones de la roya de la hoja (coeficiente de infección), así como el rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y porcentaje de proteína del ensayo de La Estanzuela se presentan en los Cuadros 18 y 19.

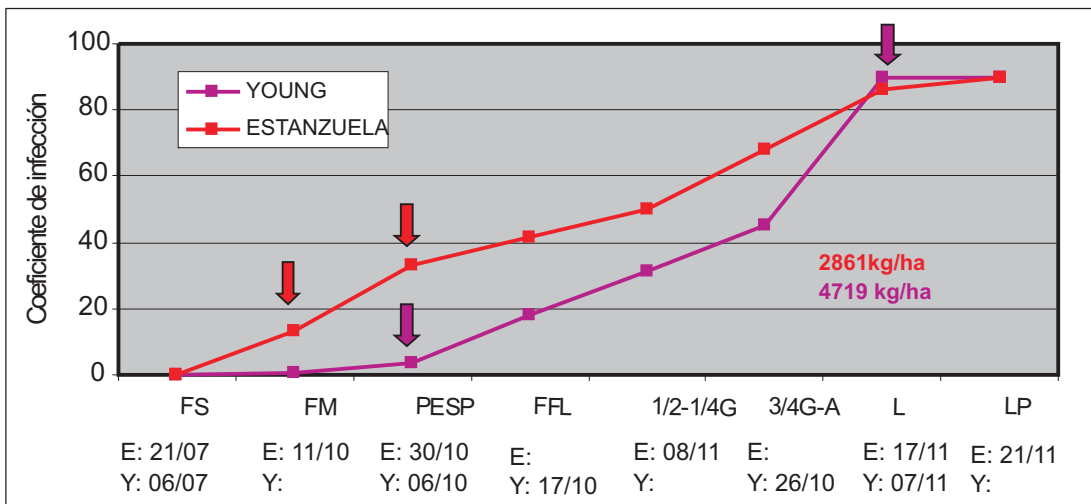


Figura 12. Desarrollo de la roya de la hoja en INIA Tero en los testigos sin tratar de los ensayos de prueba de fungicidas en La Estanzuela y Young, zafra 2006.

FS: fecha de siembra, FM: fin de macollaje, PESP: principio de espigado, FFL: fin de floración, 1/2-1/4G-A: medio a cuarto grano, 3/4G-A: tres cuarto de grano-acuoso, L: lechoso y LP: lechoso -pasta

Cuadro 18. Tratamientos y evaluaciones de roya de la hoja en ensayo de prueba de fungicidas en La Estanzuela, zafra 2006.

Tratamiento	Fungicida Dosis cc/ha	CIRH-2 ¹ PESP ² 30/10/2006		EFICIENCIA CONTROL		CIRH3-3/4G 08/11/2006		CIRH4-L 17/11/2006		CIRH5-LP 21/11/2006		EFICIENCIA CONTROL		AUDPC RH ³	
		Experimental 1	800 + 240	13.5	B	59.6	40.0	B	75.0	BC	85.0	AB	5.6	1334.8	B
Experimental 2	1000 + 240	10.8	BCD	67.6	38.8	B	77.5	B	87.5	AB	2.8	1307	BC		
Swing + Plurofac	1000 + 100	7.0	DE	79.1	26.3	C	70.0	C	80.0	B	11.1	1077.2	D		
Allegro + Plurofac	1000 + 100	2.0	F	94.1	8.8	D	36.5	F	70.0	C	22.2	611.95	E		
Opera + Plurofac	1000 + 100	1.7	F	95.1	8.5	D	41.5	EF	65.0	C	27.8	627.65	E		
Folicur + Silwet	450	12.6	BC	62.3	38.8	B	77.5	B	82.5	AB	8.3	1321.85	BC		
Nativo + Optimizer	800 + 500	4.5	EF	86.5	23.8	C	62.5	D	80.0	B	11.1	971.3	D		
Artea + Silwet	400	9.0	CD	73.0	38.8	B	70.0	C	80.0	B	11.1	1218.05	C		
Amistar + Nimbus	300 + 500	1.4	F	95.8	11.3	D	45.0	E	70.0	C	22.2	681.65	E		
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500	1.2	F	96.3	0.8	E	0.8	G	0.8	D	99.1	159.68	F		
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500	2.5	F	92.6	8.5	D	41.5	EF	65.0	C	27.8	639.2	E		
TESTIGO		33.4	A	0.0	50.0	A	86.3	A	90.0	A	0.0	1786.18	A		
Media		8.3			24.5		57.0		71.3			978.0			
C.V ⁴		37.6			18.4		8.7		8.1			8.3			
M.D.S. (P<0.05) ⁵		4.5			6.5		7.1		8.3			116.5			

¹CIRH: coeficiente de infección de roya de hoja.

²PESP: principio de espigado, 3/4G: tres cuarto de grano, L: lechoso, LP: lechoso-pasta.

³AUDPC RH: Área debajo de la curva de progreso de roya de hoja.

⁴C.V.: coeficiente de variación.

⁵ M.D.S.: mínima diferencia significativa.

Valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por M.D.S. al 0.05 Testigo: Testigo sin fungicida.

Cuadro 19. Tratamientos fungicidas, rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y % de proteína en ensayo de prueba de fungicidas en La Estanzuela, zafra 2006.

Tratamiento	Fungicida	REND ¹		P.H. ²		P.M.G. ³		PROT. ⁴	
	Dosis cc/há	kg/ha		kg/hl		g		%	
Experimental 1	800 + 240	2957	FG	75.6	B	24.6	B	11.1	ABC
Experimental 2	1000 + 240	3420	CDEF	75.7	B	25.5	B	11.2	ABC
Swing + Plurofac	1000 + 100	3218	EFG	75.5	B	23.8	B	11.5	ABC
Allegro + Plurofac	1000 + 100	3830	BCD	76.6	B	25.8	B	11.4	ABC
Opera + Plurofac	1000 + 100	3944	BC	76.5	B	32.1	A	11.6	AB
Folicur + Silwet	450	3555	BCDE	75.8	B	24.5	B	10.8	BC
Nativo + Optimizer	800 + 500	3432	CDEF	76.0	B	23.8	B	11.6	A
Artea + Silwet	400	3357	DEFG	75.8	B	25.0	B	10.7	C
Amistar + Nimbus	300 + 500	3529	BCDE	75.7	B	25.8	B	11.3	ABC
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500	5460	A	78.0	A	30.8	A	11.5	ABC
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500	4037	B	76.0	B	25.8	B	11.4	ABC
TESTIGO		2861	G	76.3	B	25.5	B	11.3	ABC
Media		3633.3		76.1		26.1		11.3	
C.V. ⁵		10.6		1.3		12.3		3.2	
M.D.S. (P<0.05) ⁶		553.4		1.4		4.6		0.8	

¹Rendimiento; ²peso hectolítrico; ³peso de mil granos; ⁴proteína; ⁵coeficiente de variación; ⁶M.D.S.: mínima diferencia significativa.

Valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por M.D.S. al 0.05
Testigo: Testigo sin fungicida.

El ensayo en La Estanzuela se implantó relativamente bien (suelo en condiciones regulares), y debió soportar falta importante de agua en los meses de julio, agosto y septiembre. La infección de roya de hoja en INIA Tero comenzó muy temprano antes de fin de macollaje y alcanzó niveles de 90S producto de su susceptibilidad a las razas del patógeno presentes y de las condiciones ambientales, Cuadro 18. Esto determinó que el mejor tratamiento fuera la doble aplicación de fungicida, con el segundo tratamiento de Amistar + Nimbus realizado el 11 de octubre (Cuadro 19). Este tratamiento presentó el mayor rendimiento (5460 kg/ha), mayor peso hectolitro y de 1000 granos. Los restantes tratamientos debieron haberse repetido al reiniciarse el proceso de infección. La residualidad de los productos probados varió desde 19 días hasta 28 días, como mínimo, lo que en un año tan favorable a la enfermedad demuestra la alta eficiencia de algunos de los fungicidas probados.

Los resultados del ensayo instalado en la localidad de Young se presentan en los Cuadros 20 y 21.

El ensayo se implantó muy bien (mejores condiciones del suelo que en La Estanzuela) y la falta de agua no fue tan extrema. El nivel crítico de infección de la enfermedad fue alcanzado más tardíamente que en la Estanzuela, en el estado de principio de espigazón (Z61) el 06/10 (4 SMS de roya de la hoja), fecha anterior que en el ensayo de La Estanzuela, pero por su siembra más temprana en un estado vegetativo más avanzado. En esta situación los fungicidas más eficientes con una sola aplicación no difirieron significativamente de la doble aplicación en cuanto a rendimiento (6721-6450 kg/ha), peso hectolítrico, y peso de 1000 granos, indicando que con una aplicación se pudo controlar la enfermedad muy eficientemente. La residualidad de los productos probados en Young varió entre 11 y 32 días.

Con los tratamientos realizados en estos ensayos con el cultivar INIA Tero, en Estanzuela con infecciones tempranas fueron necesarias dos aplicaciones para controlar la enfermedad, mientras que en Young con infección más tardía, una sola aplicación controló la enfermedad.

Cuadro 20. Tratamientos y evaluaciones de roya de la hoja en ensayo de prueba de fungicidas en Young, zafra 2006.

Tratamiento	Fungicida	CIRH2 ⁻¹ FFL ²		CIRH3-3/4G-A		CIRH4-L		EFICIENCIA	AUDPC RH ³		EFICIENCIA
	Dosis cc/ha	17/10/2006		26/10/2006		07/11/2006		CONTROL			CONTROL
Experimental 1	800 + 240	6.6	B	12.4	B	38.3	B	57.5	445.3	B	63.3
Experimental 2	1000 + 240	2.4	C	6.4	CD	29.3	C	67.5	285.8	D	76.5
Swing + Plurofac	1000 + 100	1.8	C	4.4	DEF	14.6	D	83.8	171.0	E	85.9
Allegro + Plurofac	1000 + 100	1.7	C	1.7	EF	9.7	DE	89.3	112.7	EF	90.7
Opera + Plurofac	1000 + 100	1.5	C	1.2	F	5.2	E	94.3	78.0	F	93.6
Folicur + Silwet	450	3.3	C	8.4	C	37.1	B	58.8	363.3	C	70.1
Nativo + Optimizer	800 + 500	2.8	C	4.0	DEF	13.5	D	85.0	170.1	E	86.0
Artea + Silwet	400	1.9	C	5.5	CDE	33.8	BC	62.5	298.5	CD	75.4
Amistar + Nimbus	300 + 500	1.2	C	0.5	F	4.3	E	95.3	62.2	F	94.9
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500	1.3	C	0.8	F	12.4	D	86.3	115.5	EF	90.5
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500	0.8	C	0.6	F	4.7	E	94.8	62.5	F	94.9
TESTIGO		18.1	A	45.0	A	90.0	A	0.0	1213.6	A	0.0
Media		3.6		7.6		24.4			281.5		
C.V. ⁴		48.0		36.0		20.1			18.1		
M.D.S. (P<0.05) ⁵		2.5		3.9		2.0			73.5		

¹ CIRH: coeficiente de infección de roya de hoja

² FFL: fin floración, 3/4G-A: tres cuarto de grano-acuoso, L: lechoso

³ AUDPC RH: Área debajo de la curva de progreso de roya de hoja

⁴ C.V. coeficiente de variación

⁵ M.D.S.: mínima diferencia significativa

Valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por M.D.S. al 0.05

Testigo: Testigo sin fungicida

Cuadro 21. Tratamientos fungicidas, rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y % de proteína en ensayo de prueba de fungicidas en Young, zafra 2006.

Tratamiento	Fungicida	REND ¹		P.H. ²		P.M.G. ³		PROT. ⁴	
	Dosis cc/há	kg/ha		kg/hl		g		%	
Experimental 1	800 + 240	4977.5	FG	83.9	C	30.6	D	11.4	ABC
Experimental 2	1000 + 240	5467.0	E	84.2	BC	31.5	D	11.2	BC
Swing + Plurofac	1000 + 100	5915.3	CD	85.0	AB	33.8	ABC	11.7	AB
Allegro + Plurofac	1000 + 100	6472.3	AB	84.8	AB	34.2	AB	11.6	AB
Opera + Plurofac	1000 + 100	6721.0	A	85.0	AB	35.5	A	12.0	A
Folicur + Silwet	450	5314.3	EF	83.9	C	30.8	D	11.3	BC
Nativo + Optimizer	800 + 500	6234.8	BC	84.8	AB	33.4	BC	11.5	ABC
Artea + Silwet	400	5652.0	DE	84.2	BC	32.1	CD	11.3	BC
Amistar + Nimbus	300 + 500	6450.0	AB	84.5	ABC	34.0	AB	11.7	AB
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500	6510.8	AB	84.9	AB	35.4	A	11.7	AB
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500	6717.3	A	85.1	A	35.0	AB	11.9	AB
TESTIGO		4718.8	G	82.9	D	30.7	D	10.9	C
Media		5929.2		84.4		33.1		11.5	
C.V. ⁵		4.8		0.7		3.7		2.7	
M.D.S. (P<0.05) ⁶		407.1		0.8		1.8		0.7	

¹Rendimiento; ²: peso hectolítrico; ³peso de mil granos; ⁴proteína ⁵: coeficiente de variación; ⁶M.D.S.: mínima diferencia significativa.

Valores de medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes por M.D.S. al 0.05.

Testigo: Testigo sin fungicida.

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE MANEJO DE ROYAS Y OÍDIO CON FUNGICIDAS

La decisión de aplicar fungicidas en cebada y trigo es un proceso en el que se deben tener en cuenta el mayor número posible de los factores antes considerados. En muchas ocasiones, la simplificación por la falta de tiempo lleva a realizar aplicaciones muy tempranas o demasiado tardías como para obtener una respuesta conforme a la inversión que se realizó. Actualmente, contamos con algunas herramientas que permiten realizar la aplicación de fungicidas en forma más objetiva. Finalmente, para lograr un cultivo que pueda expresar su máximo potencial se debe implementar siempre un manejo integrado de todas las medidas disponibles, realizadas en forma oportuna y eficiente.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Regional de Trigo (PROCISUR, CIMMYT, INIA España, INIA Uruguay).

Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera.

Por financiación parcial de los trabajos.

BGRI, KARI-Njoro, por la posibilidad de probar materiales en Kenia.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTRO, M.; DÍAZ, M.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D.** 2010. Resultados experimentales de la evaluación nacional de de trigos, cebadas y colzas de los tres últimos años. Período 2007-2008-2009. Resultados Experimentales N° 10. Uruguay, abril de 2010. 129 p.
- CASTRO, M.; SASTRE, M.; PEREYRA, S.; VÁZQUEZ, D.; IBAÑEZ W.** 2008. Efecto de la roya de la hoja en cultivares de cebada cervecera en La Estanzuela, año 2006. Disponible on line: http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebcontrol2006.htm, Consultado septiembre 13, 2010.
- DÍAZ DE ACKERMANN, M.** 1996. Control químico de enfermedades en trigo. Boletín de Divulgación N° 62. 24 p.
- GARCÍA LAMOTHE, A.; DÍAZ DE ACKERMANN, M.** 2007. Interacción de la respuesta a N con el ataque de roya de la hoja en trigo. En: Jornada de Cultivos de Invierno Young, Río Negro INIA, Uruguay. Serie Actividades de Difusión N° 484. p. 25-37.
- GERMÁN, S.** 2007. Roya de la hoja en Cultivos de Invierno: Epidemiología de la enfermedad y comportamiento varietal. En: Jornada de Cultivos de Invierno Young, Río Negro, INIA Uruguay. Serie Actividades de Difusión N° 484. p. 1-13.
- GERMÁN, S.** 2006. Profundizando sobre las royas de la hoja de trigo y cebada: disminución de riesgos en el cultivo mediante una diversificación efectiva de las variedades disponibles. Revista INIA N° 7, junio 2006. p.15-16.
- GERMÁN, S.; CHAVES, M.; CAMPOS, P.; VIEDMA, L.; MADARIAGA, R.** 2009 a. Are rust pathogens under control in the Southern Cone of South America? En: History and status of the wheat rusts. En: R.A. McIntosh (ed.), Borlaug Global Rust Initiative 2009 Technical Workshop Proceedings. 17-20 March 2009. Cd. Obregon, Mexico: BGRI. p 65-73.
- GERMÁN, S.; VERGES, R.; VON ZITZEWITZ, J.; DÍAZ, M.; VÁZQUEZ, D.** 2009 b. Mejoramiento genético por resistencia durable a roya de la hoja. En: Mesa Nacional de Trigo. Décimo Primera jornada de Rendimiento y Calidad de Trigo, Dolores, Mesa Nacional de Trigo. sp.
- GERMÁN, S.; BARCELLOS, A.; CHAVES, M.; KOHLI, M.; CAMPOS, P.; VIEDMA, L.** 2007 a. 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.** 2007 b. Investigación sobre la roya de la hoja de cebada, una enfermedad de creciente importancia. En: Reunión de Investigación en Cebada Cervecera. Paysandú, FA. EEMAC. 1 disco compacto.

- GERMÁN, S.; VERGES, R.** 2007. Roya del tallo del trigo: Situación en la región y amenazas a nivel global. Revista INIA N° 12. p. 14-16.
- GERMÁN, S.; DÍAZ, M.; PEREYRA, S.; CASTRO M.** 2005. Roya de la hoja y oídio de trigo y cebada. En: Jornada de Cultivos de Invierno 2005. Serie Actividades de Difusión N° 404 INIA, Uruguay p. 10-21.
- GERMÁN, S.; CAFFAREL, J.C.** 1999. Roya estriada de trigo. En: Jornada de Cultivos de Invierno 1999, INIA, Uruguay. Serie Actividades de Difusión N° 188. p. 25-32.
- JOHNSTON, M.** 1997. Powdery mildew. In Compendium of barley diseases. Mathre, D.E., ed. 2. ed. APS Press., St. Paul, MN. p. 31-33.
- LONG, D.L.; KOLMER, J.A.** 1989. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. Phytopathology 79: 525-529.
- MILUS, E.A.; KRISTENSEN, K.; MOGENS, S.H.** 2009. Evidence for increased agresiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. Phytopathology 99: 89-94.
- ORDOÑEZ, M.; GERMÁN, S.; KOLMER, J.A.** 2010. Genetic differentiation within the *Puccinia triticina* population in South America and comparison with the North American population suggests common ancestry and intercontinental migration. Phytopathology, 100: 376-383.
- PETERSON, R.F.; CAMPBELL, A.B.; HANNAH, A.E.** 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Canadian Journal of Genetics and Cytology C. 26: 496-500.
- PEREYRA, S.** 2005. Uso de fungicidas en cebada. En: Jornada Técnica de Cultivos de invierno. INIA Uruguay. Serie Actividades de Difusión N° 404. p. 5-9.
- PEREYRA, S.** 1996. Estrategias para el control químico de enfermedades en cebada. INIA Uruguay. Boletín de Divulgación N° 57. 20 p.
- PEREYRA, S.** 1993. Evaluación del daño causado por roya de la hoja en cebada. 4a Reunión Nacional de Investigadores en cebada. Palmar, Uruguay. Artículo N° 10.
- PEREYRA, S.** 1992. Evaluación del daño causado por roya de la hoja en cebada. 3a Reunión Nacional de Investigadores en cebada. Minas, Uruguay. p. 54-58.
- 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. INIA Uruguay. Serie Actividades de Difusión N° 484. p. 15-24.
- SINGH, R.P.; GERMÁN, S.; HUERTA-ESPINO, J.** 2009. Genetic control of wheat rusts in Latin America: current status and future challenge. En: Congreso Latinoamericano de Fitopatología (15.); Congreso Chileno de Fitopatología (18), Santiago, CL. Fitopatología: libro de resúmenes. Santiago, ALF. p. 39-42.
- 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 p.
- WALLWORK, H.** 2000. Powdery mildew *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*. En: Cereal leaf and stem diseases. Adelaide, SA, SARDI. p. 54-55.
- WALLWORK, H.** 2000. Powdery mildew *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*. En: Cereal leaf and stem diseases. Adelaide, SA, SARDI. p. 34-35.
- ZILLINSKY, F.J.** 1984. Oídio (cenicilla polvorienta). En: Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. México, D.F., CIMMYT. p. 85-86.