



ROYA ESTRIADA DE TRIGO: epidemia en 2017 asociada a la presencia de razas agresivas del patógeno y sus posibles consecuencias

Silvia Germán¹, Gustavo Azzimonti¹, Marina Castro²,
Richard García¹, Martín Quincke¹, Silvia Pereyra¹

¹ Programa Cultivos de Secano

² Evaluación Nacional de Cultivares

INTRODUCCIÓN

La roya estriada de trigo, también denominada roya amarilla, es causada por el patógeno *Puccinia striiformis* f. sp. tritici. Al ser un patógeno biotrófico, puede solamente crecer y sobrevivir sobre plantas vivas del hospedero. Las pérdidas de rendimiento causadas por roya estriada pueden ser muy elevadas (hasta 100%) en cultivares susceptibles en condiciones extremas, cuando la enfermedad se presenta temprano y las condiciones climáticas son favorables para su desarrollo (Roelfs *et al.* 1992).

SÍNTOMAS

Se presenta en forma de pústulas de color amarillento que se disponen en una orientación lineal característica (estrías) sobre hojas (Figura 1), vainas y glumas.

Los síntomas son similares a los de roya de la hoja cuando las primeras infecciones se detectan en estado temprano de desarrollo, ya que en estos casos las pústulas no se disponen en las características estrías que son evidentes en infecciones más tardías (Figura 2).



Figura 1 - Roya estriada afectando hojas de trigo.

EPIDEMIOLOGÍA

La temperatura óptima para el desarrollo de roya estriada (10-15°C) es menor a la temperatura óptima para roya de la hoja (20°C) y roya del tallo (25°C). Para infectar al trigo, requiere como mínimo 6 horas de agua libre sobre el follaje, que puede provenir tanto de rocío como de lluvias leves. Las esporas del patógeno se mantienen viables al menos por varios días si permanecen secas y se dispersan por corrientes de aire, pudiendo trasladarse largas distancias, hasta cientos de kilómetros.

Si bien recientemente se demostró la ocurrencia del ciclo sexual de *P. striiformis* f. sp. *tritici* en varias especies del género *Berberis* (Jin *et al.* 2010), la ocurrencia del ciclo sexual no ha sido demostrada en América del Sur. En nuestra región se considera que el inóculo primario proviene de plantas voluntarias que sobreviven durante el verano, o de hospederos secundarios. El inóculo secundario se produce a partir de infecciones primarias o de sucesivos ciclos de infección, ya que es una enfermedad policíclica que puede avanzar rápidamente en materiales susceptibles cuando se dan condiciones favorables para su desarrollo.

Cuando ocurren infecciones tempranas, se observan típicos focos de la enfermedad en las chacras (Figura 3).

SITUACIÓN DE LA ENFERMEDAD EN SUDAMÉRICA HASTA 2015

La roya estriada fue observada y descrita por primera vez en Argentina y Uruguay en 1929 (Rudorf y Job 1931). Durante 1929 y 1930 causó epidemias generalizadas y muy severas en la mayor parte de la región del Cono Sur (de Chile hasta Río Grande del Sur), causando pérdidas de rendimiento extremadamente altas (Boerger 1934; Vallega 1938).



Figura 2 - Roya estriada en plántulas de trigo. Invernáculo de INIA La Estanzuela, 2018.



Figura 3 - Foco de roya estriada en chacra de trigo

La roya estriada ha sido históricamente una de las enfermedades de trigo prevalentes en Chile, favorecida por las condiciones frescas de un ambiente de producción de alta latitud. Al este del Cono Sur, en Argentina, Uruguay, y en menor medida en Brasil y Paraguay, la roya estriada aparece regularmente en trigo pero raramente alcanza niveles epidémicos (Germán *et al.* 2007). En Uruguay, después de muchos años, la roya estriada presentó nuevamente niveles epidémicos en 1998, registrándose en forma generalizada en cultivos comerciales, con niveles importantes sobre cultivares susceptibles en los que se estimaron pérdidas de rendimiento de hasta 45% (Germán y Caffarel, 1999). Este suceso de 1998 coincidió con temperaturas inferiores a las normales registradas ese año. La roya estriada también estuvo presente causando infecciones relativamente localizadas en las zafras 2010 y 2015.

La presencia esporádica de la roya estriada en la región del Cono Sur al este de los Andes, a pesar de que en esta se utilizan cultivares susceptibles a la enfermedad, se debe probablemente a que el hongo no puede sobrevivir localmente durante el verano próximo a la región de cultivo de trigo y a condiciones climáticas marginales para el desarrollo de la enfermedad (Germán *et al.* 2007, Germán y Caffarel 1999). Estos dos factores provocan normalmente que el inóculo llegue tarde y el desarrollo de la enfermedad sea limitado.

DISPERSIÓN DE RAZAS AGRESIVAS DE *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* A NIVEL MUNDIAL

En poco tiempo ocurrió una dispersión muy rápida de razas similares de *P. striiformis* f. sp. *tritici* a nivel mun-

dial (Hovmoller *et al.* 2008). Estas razas son más agresivas que las razas conocidas en Europa y Estados Unidos (EUA) hasta el año 2000, pudiendo producir hasta dos a tres veces más esporas por día, y han causado epidemias en regiones donde la roya estriada no era una enfermedad importante. Las razas presentes en la región sur y central de EUA hasta Canadá a partir del año 2000 tienen mayor adaptación a temperaturas de 18-20°C (Milus *et al.* 2006; Tran y Kutcher, 2015). Esta situación resultó en un incremento significativo en la dispersión de la roya estriada desde 1960 hasta 2015, alcanzando un 88% de la producción de trigo mundial susceptible a la infección (Beddow *et al.* 2015).

A diferencia de otras regiones del mundo donde la importancia de la roya estriada incrementaba, en la región este del Cono Sur no se registró otra epidemia de magnitud similar a las ocurridas durante 1929 y 1930 hasta el año 2017. Sin embargo, frente a la amenaza que representaba para nuestra región la dispersión a nivel mundial de las nuevas razas con mayor nivel de agresividad, en el marco de las actividades de difusión y entrenamientos organizadas por la Plataforma de Fenotipado para Enfermedades de Trigo en INIA La Estanzuela (INIA-CIMMYT) se organizó una reunión anexa sobre roya estriada (19 octubre, 2016).

En la misma participaron investigadores del país y la región relacionados a mejoramiento genético de trigo. Contó con una presentación de la situación de roya estriada a nivel global por parte del Dr. Amor Yahyaoui (CIMMYT) y un intercambio de ideas sobre las estrategias a adoptar por parte de los programas de mejoramiento de trigo frente a esta situación.

La amenaza que representaba la dispersión de las nuevas razas de roya estriada para Uruguay y la región fue también difundida por INIA en otros ámbitos (charlas técnicas, días de campo, clases en la Facultad de Agronomía). La situación de la roya estriada a nivel mundial e información general de la enfermedad hasta 2016 fue revisada por Carmona y Sautua (2016).

EPIDEMIA DE ROYA ESTRIADA EN ARGENTINA Y URUGUAY EN EL AÑO 2017

Durante 2017 la roya estriada causó una epidemia generalizada y muy severa en Argentina y en Uruguay se presentó con alta severidad pero más tardíamente. La situación de roya estriada en ambos países se resumió en una presentación en una reunión anexa al Taller Técnico de la Iniciativa Global de Royas Borlaug (BGRI por su sigla en inglés), llevada a cabo en Marruecos (abril, 2018), realizada por Pablo Campos (EEA INTA Bordenave, Argentina), Silvia Germán y Gustavo Azzimonti: "Roya estriada, actualización de las epidemias en Sudamérica (Argentina y Uruguay)".

Los aspectos importantes a resaltar sobre esta epidemia se resumen a continuación.

Daños

El cultivar más susceptible a roya estriada incluido en los ensayos de la Evaluación Nacional de Cultivares (ENC) de INIA/INASE durante 2017, afectado sólo por esta enfermedad, presentó pérdidas de rendimiento de grano entre 71 y 82%, representando mermas en rendimiento en el rango de 3900 a 4600 kg/ha, en dos ensayos instalados en La Estanzuela y uno en Dolores (en base a resultados de Castro *et al.*, 2018). En Argentina, se reportaron pérdidas entre 15% y 40% en cultivos comerciales, mientras que las pérdidas de rendimiento de seis cultivares sembrados en experimentos en seis localidades donde la roya estriada fue la enfermedad predominante fueron de 700 a 3600 kg/ha (P. Campos, *com. pers.*).

Población del patógeno

Estudios realizados en Dinamarca de muestras de roya estriada recolectadas durante 2017 en Argentina (coordinado por M. Carmona) identificaron tres razas diferentes, que coincidieron con razas que causaron epidemias recientes en Europa y norte de África (Hövmøller *et al.*, 2018). La presencia en Argentina de razas detectadas previamente en Europa fue confirmada por Diane Saunders (John Innes Centre) en un Proyecto colaborativo entre Argentina y el Reino Unido (P. Campos, *com. pers.*).

Los resultados preliminares de análisis de razas de *P. striiformis* sobre un set diferencial utilizado en Uruguay y Argentina indican que la raza presente en Uruguay en siete muestras fue la misma que la detectada con mayor proporción en Argentina por P. Campos (*com. pers.*), ya que presentaron el mismo perfil de avirulencia/virulencia. En Argentina, se detectó al menos una raza con un mayor rango de virulencia sobre los genes presentes en las líneas utilizadas en el set diferencial (P. Campos, *com. pers.*) con respecto a la raza encontrada en Uruguay.

Comportamiento de cultivares

El comportamiento de cultivares de trigo frente a roya estriada en 2017 fue caracterizado en base a la información sobre nivel de infección de la enfermedad recogida en ensayos de la Evaluación Nacional de Cultivares y en colecciones de enfermedades (Castro *et al.* 2018). Mientras que en Argentina el 43% de los cultivares comerciales fueron susceptibles a roya estriada (P. Campos, *com. pers.*), en Uruguay el 21% de los cultivares comerciales evaluados en la ENC en 2017 fueron susceptibles.

En Uruguay se detectaron cambios en el comportamiento de algunos cultivares en 2017, respecto a su caracterización 2016 (basada en información del año 2015), probablemente asociados a la presencia de la(s) nueva(s) raza(s) del patógeno.

Cuadro 1 - Cultivares caracterizados en la Evaluación Nacional de Cultivares que cambiaron de comportamiento en 2017 respecto a su caracterización 2016*.

Cultivar	2016	2017
ACA 908 (ZEUS)	I	S
CEIBO	I	MSS
FUSTE	MR	S
LE 2332 (INIA MADRUGADOR)	R	MS
LE 2428	R	I

Fuente: modificado de Castro *et al.* (2017, 2018)

*Caracterización 2016, realizada en base a información del año 2015. R: resistente, MR: moderadamente resistente, I: comportamiento intermedio, MS: moderadamente susceptible, S: susceptible

SITUACIÓN DE ROYA ESTRIADA DURANTE LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA ZAFRA 2018

Durante la zafra de trigo 2018, el primer antecedente sobre la aparición de roya estriada en la región es de Argentina, donde a través de un Comunicado de INTA, Estación Experimental de Paraná, se reportó su detección temprana el 6 de agosto, en María Grande, Departamento de Paraná de la Provincia de Entre Ríos.

La primera detección de roya estriada en Uruguay en 2018 fue el 16 de agosto, simultáneamente en un cultivo comercial en Z22 en Paysandú y en una mezcla de materiales experimentales altamente susceptibles en INIA La Estanzuela, Colonia. Esta detección ocurrió un mes antes del primer registro de 2017 en ensayos del Programa de Mejoramiento de Trigo de INIA en La Estanzuela, Colonia (19 de setiembre). La presencia en Uruguay de infecciones más tempranas respecto a



2017 indica el probable desarrollo de una epidemia más severa, y daños potenciales mayores si las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de la enfermedad.

La aparición temprana de roya estriada en Entre Ríos, Argentina y en Uruguay, previo a reportes en el sur de la Provincia de Buenos Aires, podría indicar que la sobrevivencia del patógeno ocurrió en el área de siembra de trigo, o cercana a la misma, pudiendo estar asociado a la presencia de las razas tolerantes a mayor temperatura.

Si se confirma que el patógeno puede sobrevivir durante la estación crítica (verano) en el área de producción del cultivo o en sus proximidades, la enfermedad probablemente tendrá una frecuencia de aparición y severidad mayores en el futuro, y se deberán dedicar mayores esfuerzos de investigación para controlarla.

Estos incluyen el desarrollo de cultivares resistentes por parte de los programas de mejoramiento de la región, la selección de cultivares resistentes por parte de los productores, y el ajuste del manejo en base a fungicidas específicamente para esta enfermedad.

La presencia en Argentina de al menos otra raza de roya estriada con un rango de virulencia mayor al de la raza detectada en Uruguay, y la alta probabilidad de aparición de nuevas razas de *P. striiformis* f. sp. *tritici*

debido a la alta producción de inóculo durante la epidemia ocurrida en la zafra 2017, podrían provocar cambios en el comportamiento de cultivares. En esta situación, cultivares y líneas experimentales caracterizados previamente como resistentes o con niveles de resistencia intermedios (bajo a intermedio nivel de infección de roya estriada) podrían resultar susceptibles, presentando altos niveles de la enfermedad durante 2018.

MANEJO DE LA ENFERMEDAD

Debido a la epidemia generalizada ocurrida en la zafra 2017 y a la alta probabilidad de aparición de nuevas razas de *P. striiformis* f. sp. *tritici*, se recomienda realizar un monitoreo periódico y frecuente, no sólo en cultivares categorizados como susceptibles a moderadamente susceptibles (caracterización sanitaria de cultivares actualizada a marzo 2018 por Castro *et al.*, (2018) disponible en: <http://inia.uy/Paginas/Caracterizacion-sanitaria-de-cultivares-de-trigo-y-cebada.aspx>).

Si se detecta esta enfermedad, se recomienda la aplicación de fungicidas cuando se observan los primeros síntomas utilizando los mismos productos y tecnología que para roya de la hoja de trigo. Se recomienda especialmente no utilizar subdosis de los productos. En el Cuadro 2 se presenta información de la eficiencia de control de distintos fungicidas/dosis para cada enfermedad.

Cuadro 2 - Eficiencia de control de fungicidas para enfermedades de trigo (INIA La Estanzuela, 1984-2017).

Ingrediente activo (Nombre comercial evaluado)	Dosis cc/ha	SEPT	MA	RH	FUS	RT
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	750-1000	AI	I	I	I	
Metconazol + epoxiconazol (<i>Swing Plus</i>)	1500	A	-	AI	A	
Tebuconazol + carbendazim (<i>onus 25+carbendoflow 50</i>)	750+500	-	-	-	IA	
Tebuconazol (<i>Orius 250 EW</i>)	750	-	-	I	I	
Tebuconazol (<i>Silvacur 25 EW</i>)	700	-	IA	-	IA	
Protiocozazol + tebuconazol (<i>Prosoro</i>)		AI			A	
Propiconazol + coproconazol (<i>Arteo</i>)	400	I	IA	IA	-	
Azoxistrobin + ciproconazol (-----)	350	IA	IA	A		AI
Piraclostrobin + eóxiconazol (<i>Opera</i>)	1000	A	A	A		
Trifloxistrobim + propiconazol (<i>Stratego</i>)	500-750	I	BI	A		
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegro</i>)	1000	A	A	A		
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	800	A	IA	AI		
Azoxistrobin + ciproconazol (<i>StigmarXtra</i>)	350	I	I	A		-
Azoxistrobin + ciproconazol (-----)	350	IA	IA	AI		-
Propiconazol + epoxiconazol (<i>Abacus HC+Dash</i>)	500	A	A	A		A
Azoxistrobin + tebuconazol (<i>Stigmar Plus</i>)	500	IA	I	A		-
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Sona</i>)	1000	A	A	A		-
Azoxistrobin + tebuconazol (<i>Avert</i>)	200	I	-	AI		-
Azoxistrobin + tebuconazol (<i>Azote</i>)	400	IA	I	AI		-
Trifloxistrobin + protiocozazol (<i>Cripton</i>)	700	A		AI		-
Piraclostrobin + epoxiconazol + fluxapiroxad (<i>Xantho</i>)	1200	A	A	A		A

NO RECOMENDADOS POST FLORACIÓN

Eficiencias de control: A - Alta; I: Intermedia; B: Baja
 SEPT: mancha de la hoja o septoriosis; MA: mancha amarilla o parda; RH: roya de la hoja; FUS: fusariosis de la espiga; RT: roya del tallo

Como no se dispone de información específica para el control de roya estriada, debe considerarse la columna correspondiente a roya de la hoja (RH) como guía para seleccionar los productos para controlar roya estriada.

AGRADECIMIENTOS

A Fernando Pereira y Noelia Pérez por su participación y apoyo en las actividades de investigación en royas de trigo.

REFERENCIAS

Beddow JM, Pardey PG, Chai Y, Hurley TM, Kriticos DJ, Braun HJ, Park RF, Cuddy WS, Yonow T. 2015. Research investment implications of shifts in the global geography of wheat stripe rust. *Nature Plants*. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.132

Boerger A (1934) Consideraciones retrospectivas acerca de la primera aparición epidémica de la roya amarilla (*Puccinia glumarum* (Schm) Erikss. et Henn.) en el Río de la Plata. *Revista del Ministerio de Industrias (Montevideo)*: 5–16.

Carmona M, Sautua F. 2016. Roya amarilla del trigo. Nuevas razas en el mundo, monitoreo y uso de fungicidas. Disponible en: http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2016/03/CARMONA-SAUTUA_Roya-amarilla-2017_FAUBA.pdf

Castro M, Germán S, Pereyra S, Azzimonti G. 2018. Caracterización sanitaria de cultivares de trigo y cebada. Disponible en: <http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA%20La%20Estanzuela/caracterización%20sanitaria%20trigo%20y%20cebada3.pdf>

Castro M, Germán S, Pereyra S, Azzimonti G. 2017. Caracterización sanitaria de cultivares de trigo y cebada. Disponible en: <http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA%20La%20Estanzuela/CARACTERIZACION%20SANITARIA%20DE%20CULTIVARES%20DE%20TRIGO%20Y%20CEBADA%202016.pdf>

Castro M, Pereyra S, Azzimonti G, Germán S, Morales X, García R, González N, Castro B. 2018. Resultados Experimentales de la Evaluación Nacional de Cultivares de Trigo ciclo Intermedio. Período 2017. INASE-INIA. INIA La Estanzuela. 43 p.

Germán S, Barcellos A, Chaves M, Kohli M, Campos P, de Viedma L. 2007. 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, Caffarel JC. 1999. Roya estriada de trigo. In *Jornada de Cultivos de Invierno*. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Serie Actividades de Difusión No. 188. pp. 25–32.

Hovmøller MS, Rodríguez-Algaba J, Thach T, Justesen AF, Hansen JG. 2018. Report for *Puccinia striiformis* race analyses and molecular genotyping 2017, Global Rust Reference Center (GRRC), Aarhus University, Flakkebjerg, DK- 4200 Slagelse, Denmark. Disponible en: http://wheatrust.org/fileadmin/www.grcc.au.dk/International_Services/Pathotype_YR_results/Summary_of_Puccinia_striiformis_race_analysis_2017.pdf

Hovmøller MS, Yahyaoui AH, Milus EA, Justesen AF. 2008. Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. *Molecular Ecology* (2008) 17, 3818–3826 doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03886.x

Jin Y, Szabo LJ, Carson M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host. *Phytopathology* 100:432-435.

Milus EA, Seyran E, McNew R. 2006. Aggressiveness of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* isolates in the south-central United States. *Plant Dis.* 90:847-852.

Roelfs AP, Singh RP, Saari EE. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. México, D.F.: CIMMYT. 81 pp.

Rudorf W, Job M. 1931. La existencia de *Puccinia glumarum tritici* (Schmidt) Erikss. et Henn. en los países del Río de la Plata. *Arch. Soc. Biol. Montevideo* 5, Suppl.: 1363-1370.

Tran VA, Kutcher HR. 2015. Temperature Effects on the Aggressiveness of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, Stripe Rust of Wheat. Disponible en: <http://www.usask.ca/soilscrops/conference-proceedings/2015%20pdf/day-1-presentations/room-1-008-tran.pdf>

Vallega J. 1938. Dos nuevas selecciones de trigo de origen híbrido inmunes a *Puccinia glumarum*. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata)* 22: 139–145.

