



Foto: Richard García

ROYA ESTRIADA DE TRIGO: una nueva realidad para el cultivo

Avances en el conocimiento para un manejo adecuado

Lic. Biol. PhD Paula Silva¹,
Ing. Agr. MSc. Venancio Riella^{1,2},
Téc. Agrop. Richard García¹,
Téc. Agrop. Fernando Pereira¹,
Aux. Inv. Noelia Pérez¹,
Ing. Agr. PhD Marina Castro³,
Ing. Agr. MSc. Silvana González⁴,
Téc. Lech. Néstor González⁵,
Ing. Agr. PhD Silvia Pereyra⁶,
Ing. Agr. PhD Silvia Germán⁶

¹Mejoramiento Genético de Cultivos, Patología de Royas de Trigo y Cebada, Sistema Agrícola Ganadero - INIA
²Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Facultad de Agronomía - Udelar
³Evaluación Nacional de Cultivares, Sistema Agrícola Ganadero - INIA
⁴Unidad de Semillas - INIA
⁵Protección Vegetal, Sistema Agrícola Ganadero - INIA
⁶Investigador Emérito, Mejoramiento Genético de Cultivos, Patología de Royas de Trigo y Cebada - INIA

En los últimos años, la roya estriada de trigo ha causado pérdidas de rendimiento crecientes en nuestras condiciones de producción. En este artículo INIA pone a disposición información actualizada sobre la dinámica de la enfermedad, los riesgos de ocurrencia de epidemias severas y las herramientas disponibles para minimizar su impacto negativo.

INTRODUCCIÓN

La roya estriada de trigo (RE), también conocida como roya amarilla (causada por el patógeno *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) produce síntomas en forma de pústulas de color amarillento en orientación lineal (o estrías) sobre hojas y ocasionalmente sobre espigas (Figura 1A-B, Figura 2). Al inicio de la infección, principalmente en estados tempranos de desarrollo

del trigo, puede confundirse con roya de la hoja ya que las pústulas no se disponen en estrías (Figura 1C). En Uruguay, la RE fue reportada por primera vez en 1929 (Rudorf y Job, 1931), causando epidemias generalizadas y muy severas durante 1929 y 1930. Entre 1931 y 2016 la enfermedad fue esporádica, a excepción del año 1998 (Germán y Caffarel, 1999). En 2017 resurge ocasionando epidemias generalizadas y severas que han sido ininterrumpidas hasta el presente.



Figura 1 - Síntomas de roya estriada afectando trigo en: A) hojas en planta adulta, B) espiga, C) hojas en estado de plántula.

La relevancia de la RE para la producción nacional de trigo se debe a las pérdidas de rendimiento que causa, las cuales pueden ser totales en materiales susceptibles (S) y sin control adecuado de la enfermedad (Roelfs *et al.* 1992).

¿CÓMO RESURGE LA ROYA ESTRIADA EN URUGUAY EN 2017?

A nivel mundial, desde el año 2000, ocurrió una dispersión muy rápida de razas más agresivas y que toleran temperaturas más elevadas, ocasionando epidemias en regiones donde la RE no era una enfermedad importante (Milus *et al.* 2006; Hovmoller *et al.* 2008; Beddow *et al.* 2015; Tran y Kutcher, 2015). En 2015 se reportó el ingreso de estas razas exóticas europeas en el Cono Sur (Pablo Campos, com. pers), lo que fue confirmado a partir de muestras colectadas en Argentina y Chile durante 2017 y 2018 (Hovmoller *et al.* 2019). De este estudio se identificó que las razas presentes en el Cono Sur pertenecían a tres grupos genéticos: *Pst7*, *Pst13* y *Pst14*.

Durante el 2022, en el marco del proyecto INNOVAGRO-ANII (FSA_1_2018_1_152918 "Aportes al control de roya estriada de trigo: variabilidad del patógeno y resistencia en el hospedero"), se enviaron muestras de RE al Global Rust Reference Center (GRRRC) en la Universidad de Aarhus, Dinamarca, colectadas en Uruguay durante 2017-2022 para estudiar qué grupos genéticos de los identificados a nivel mundial, estaban presentes en la población local del patógeno. Los resultados indicaron la presencia de tres grupos genéticos: *Pst7*,

Pst10 y *Pst13* (Hovmoller *et al.* 2023). Resultados preliminares de estudios llevados a cabo por nuestro grupo indicarían que, dentro del grupo genético *Pst13*, existen variantes con mayor rango de virulencia que al momento han sido reportadas solo para Uruguay, lo cual indicaría la ocurrencia de evolución local del patógeno.

Las nuevas razas del patógeno que son más agresivas y tolerantes a mayores temperaturas, pueden desarrollarse aun en temperaturas que abarcan las óptimas para la roya de la hoja (~ 20 °C). Además, un punto de infección produce lesiones o estrías que pueden abarcar gran superficie de las hojas, produciendo mucho más inóculo que la roya de la hoja. Esto ha ocasionado que la RE sea hoy la roya de mayor relevancia para el cultivo de trigo, desplazando a la roya de la hoja.

PARA UN MANEJO ADECUADO: ¿QUÉ HEMOS APRENDIDO SOBRE LA ENFERMEDAD?

Las condiciones óptimas para el establecimiento de RE son temperaturas frescas (8-15 °C), agua libre sobre el follaje (mínimo 6 horas) que puede provenir tanto de rocío como de lluvias leves y, preferentemente, días secos y soleados. Estas condiciones favorecen que la enfermedad aparezca temprano durante el ciclo del cultivo. Entre 2017-2022, la fecha del primer reporte de detección de la enfermedad se ha adelantado dos meses, desde mediados de setiembre en 2017 a mediados de julio en 2022.



Foto: Richard García

Figura 2 - Esporas de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. En el Laboratorio de Royas de INIA LE se realizan incrementos de esporas que se utilizan para inocular artificialmente la colección de roya estriada en donde se evalúa el comportamiento de cultivares y líneas avanzadas.

Un factor que puede incidir en el comienzo temprano de epidemias es la sobrevivencia del patógeno en plantas guachas durante el verano, pudiendo estar asociado a la presencia de las razas tolerantes a mayor temperatura. En Uruguay aún no ha sido reportada la sobrevivencia del patógeno durante el verano. Sin embargo, en Argentina se ha observado sobrevivencia en la zona del cultivo, y de estas zonas las esporas del patógeno rápidamente podrían trasladarse por corrientes de aire a nuestro país. Las implicancias de la sobrevivencia durante el verano en la zona de cultivo o su cercanía, sumado a condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad es, probablemente, la causa de ocurrencia de epidemias tempranas y severas, asociadas a altos daños.

El inóculo primario también puede provenir de hospederos secundarios (puente verde) en los que el patógeno logra sobrevivir cuando no existen cultivos de trigo. Este es un riesgo potencial en el aumento de área de cultivos de servicio como el triticale y el centeno. Según esto, se evaluó el comportamiento a campo de algunos cultivares de triticale y centeno durante las zafas 2021 y 2022. Los tres cultivares de triticale evaluados resultaron susceptibles a moderadamente susceptibles (S-MS) a RE, alcanzando niveles de severidad entre 50-80 %. En tanto, los cultivares de centeno resultaron moderadamente resistentes (MR). Sin embargo, estudios en Argentina observaron la capacidad de muestras de RE colectadas de centeno en infectar trigo (Pablo Campos com. pers).

¿CUÁL ES EL RIESGO DE TENER EPIDEMIAS SEVERAS DE ROYA ESTRIADA SEGÚN LAS VARIEDADES SEMBRADAS EN EL PAÍS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS?

El comportamiento a RE de la paleta de cultivares que se siembra en el país es un aspecto importante a tener en cuenta, sobre todo cuando estamos tratando con una enfermedad causada por un patógeno biotrófico (solo sobrevive en tejido vivo del hospedero). Qué tan severa puede ser la epidemia, la posibilidad de sobrevivencia del patógeno durante el verano y la tasa de incremento de inóculo en el ciclo del cultivo, están directamente asociados al área de siembra con cultivares S-MS a RE. En 2020, el 50 % del área fue sembrada con cultivares S-MS (Figura 3A). Esta situación no ha cambiado sustancialmente al 2022, cuando un 48 % del área fue sembrada con cultivares con comportamiento deficiente a RE (Figura 3B).

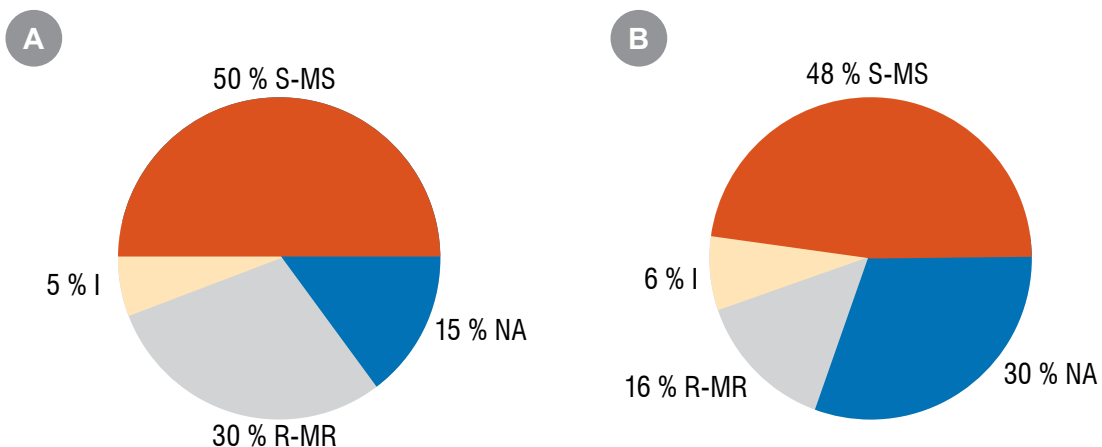


Figura 3 - Porcentaje del área de siembra según comportamiento a roya estriada en A) 2020 y B) 2022. S: susceptible, MS: moderadamente susceptible, I: intermedio, MR: moderadamente resistente, R: resistente, NA: sin información. La información del comportamiento frente a roya estriada fue tomada de la caracterización sanitaria INIA (Castro *et al.* 2021; 2023). La información del porcentaje de área de siembra fue obtenida por comunicación personal.

La severidad de la epidemia está asociada al área de siembra con cultivares susceptibles (S) y moderadamente susceptibles (MS). En 2022, el 48 % del área de trigo fue sembrada con cultivares S-MS.

Esto indicaría que el comportamiento a RE no es priorizado a la hora de elegir el cultivar a sembrar.

Una consecuencia directa de la magnitud y frecuencia de las epidemias de RE es el cambio de comportamiento de cultivares. En el resurgimiento de RE, durante 2017, se observaron cambios de comportamiento de algunos cultivares con respecto a la caracterización del 2016 (Germán *et al.* 2018). Los cambios de comportamiento están asociados a la aparición, a través de mutaciones espontáneas, de nueva(s) raza(s) del patógeno, virulentas sobre materiales inicialmente resistentes. Otro factor a tener presente es que la información del comportamiento sanitario no está actualizada para todos los cultivares que se siembran en el país, dado que la información se obtiene del los ensayos de la Evaluación Nacional de Cultivares (ENC, Convenio INASE-INIA) y, muchas veces, se discontinúa la evaluación de cultivares registrados. La falta de información actualizada es una limitante muy importante en el caso de patógenos tan variables, ya que de un año a otro los cultivares pueden cambiar su comportamiento.

¿QUÉ HERRAMIENTAS HAY DISPONIBLES PARA MINIMIZAR EL IMPACTO DE LA ENFERMEDAD?

La selección del cultivar con buen comportamiento a RE es la herramienta más sencilla, económica y compatible con la inocuidad del producto final, con el ambiente, y al alcance del productor sin costo adicional. Es clave que el productor conozca el comportamiento sanitario que presenta el cultivar a sembrar, en tanto que de ello puede depender la eventual necesidad de aplicar fungicidas. Frente a condiciones favorables para el desarrollo de RE se deben realizar monitoreos tempranos y frecuentes, con especial énfasis en los cultivares S-MS. La elección de cultivares con comportamientos a RE intermedios a resistentes (I-R) podría permitir monitoreos menos frecuentes y exhaustivos. Aun así, es importante el seguimiento de chacras con cultivares de buen comportamiento frente a RE y consultar la caracterización más actualizada, por la posible aparición de nuevas razas virulentas. La información sobre el comportamiento de cultivares está disponible en la página web de INIA.

Acceda **AQUÍ**



Otra herramienta a tener en cuenta para minimizar el impacto de RE es el uso de curasemillas. Esta medida de manejo podría ser beneficiosa para una protección temprana de cultivares S-MS, dado que la RE es una enfermedad que se establece temprano durante el desarrollo del cultivo. Durante 2022 se realizó en INIA La Estanzuela un estudio para conocer la eficiencia de fungicidas curasemillas y dosis de aplicación para el control de la enfermedad. Los resultados preliminares muestran que el uso de determinados curasemillas en dosis adecuadas podrían controlar la enfermedad en etapas tempranas del cultivo y, consecuentemente, disminuir la tasa de progreso de la enfermedad. Sin embargo, es imprescindible repetir el estudio durante 2023 y evaluar el costo/beneficio de esta herramienta. Por más información acerca de este estudio y el uso de curasemillas pueden dirigirse a la investigadora Silvana González (sngonzalez@inia.org.uy).

La aplicación de fungicidas es una herramienta adicional disponible para el manejo de RE. El criterio de decisión debe estar basado en un conjunto de factores que incluyen: el comportamiento del cultivar, el monitoreo temprano (al menos desde macollaje) para determinar el nivel de enfermedad, el rendimiento potencial del cultivo y las condiciones climáticas ocurridas y pronosticadas. En cultivares S-MS se recomienda la aplicación de fungicida al observar los primeros síntomas. Dado que el inicio de epidemias de RE ocurre en focos (Figura 4), es importante recorrer las chacras en forma exhaustiva. Por otra parte, en chacras de cultivares con comportamiento I, la aplicación de fungicidas se recomienda, al alcanzar severidades de 2-4 % (incidencias de 25-30 %). Es esperable que no sea necesario el control químico por RE en chacras con cultivares R-MR. Aun así, se recomienda inspeccionarlas por posibles cambios de comportamiento tal como se detalló anteriormente.



Foto: Germán *et al.*, 2018 Revista INIA

Figura 4 - Foco de roya estriada en chacra, típico inicio de infección temprana.

Desde su reaparición en 2017, la roya estriada se reporta más temprano.

Para detectarla y lograr un manejo adecuado se recomiendan monitoreos:

- **Tempranos** (aparece temprano durante el ciclo del cultivo)
- **Frecuentes** (nivel crítico para aplicación con fungicida foliar es 2 - 4 % de infección)
- **Exhaustivos** (aparece en focos)



INIA pone a disposición la cartilla de eficiencia de control de fungicidas para tener en cuenta ingrediente activo y dosis de aplicación.

Acceda **AQUI**

Es importante combinar ingredientes activos con distintos modos de acción para prevenir el desarrollo eventual de resistencia o menor sensibilidad a fungicidas. La falta de uniformidad de la infección en la chacra puede determinar que, aun ante la detección de los primeros síntomas, la aplicación del fungicida se realice a severidades mayores a los recomendados en los focos. Es fundamental que la calidad de la aplicación sea óptima llegando a cubrir completamente las hojas basales y recorrer los cultivos 3-4 días posterior a la aplicación para confirmar control efectivo (estrías cloróticas-secas sin pústulas o con pústulas muertas). En caso de ser necesaria una segunda aplicación, ésta debe decidirse cuando se detecta reinfección (pústulas vivas). Por más detalles y consultas acerca del uso de fungicidas foliares contacte a su técnico asesor o la investigadora Silvia Pereyra (spereyra@inia.org.uy).

AGRADECIMIENTOS

Este artículo pretende ser una extensión de lo ya reportado por Germán *et al.* 2018 en la revista INIA N° 54 [Acceda AQUI](#) y lo expuesto por Silvia Germán y Paula Silva en la 1^{er} y 3^{er} Jornada Nacional de Cultivos de Invierno organizada por FUCREA, respectivamente. [Acceda AQUI](#) [Acceda AQUI](#) [Acceda AQUI](#)

Reportar a Paula Silva (mpsilva@inia.org.uy) las primeras detecciones de la enfermedad, con especial énfasis en infecciones sobre cultivares caracterizados como resistentes de forma que se pueda emitir una alerta sanitaria.

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

Castro M, Germán S, Silva P, Pereyra S. 2023. Caracterización sanitaria de cultivares de Trigo y Cebada. Publicación web INIA <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-la-estanzuela/caracterización-sanitaria-de-cultivares-de-trigo-y-cebada>

Castro M, Germán S, Pereyra S. 2021. Caracterización sanitaria de cultivares de Trigo y Cebada. Publicación web INIA <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-la-estanzuela/caracterización-sanitaria-de-cultivares-de-trigo-y-cebada>

Germán S, Azzimonti G, Castro M, García R, Quincke M, Pereyra S. 2018. Roya estriada de trigo: epidemia en 2017 asociada a la presencia de razas agresivas del patógeno y sus posibles consecuencias. *Revista INIA N54* <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11263/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.36-41.pdf>

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.

Hovmöller MS, Patpour M, Rodriguez-Algaba J, Thach T, Sørensen CK, Justesen AF, Hansen JG. 2023. GRRC 2022 report of stem and yellow rust genotyping and race analyses, Global Rust Reference Center (GRRC), Aarhus University, Flakkebjerg, DK- 4200 Slagelse, Denmark. <https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/wheatrust>

Hovmöller MS, Patpour M, Rodriguez-Algaba J, Thach T, Justesen AF, Hansen JG. 2019. GRRC annual report 2019: Stem- and yellow rust genotyping and race analyses, Global Rust Reference Center (GRRC), Aarhus University, Flakkebjerg, DK-4200 Slagelse, Denmark. https://agro.au.dk/fileadmin/www.grrc.au.dk/International_Services/Pathotype_YR_results/GRRC_annual_report_2019.pdf

Hovmöller 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

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 Rio 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>

La selección del cultivar con buen comportamiento a RE es la herramienta más sencilla, económica y compatible con la inocuidad del producto final, con el ambiente, y al alcance del productor sin costo adicional.