

## Roya estriada del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*): aspectos claves para su manejo

Á. N. Formento  
Departamento Producción  
INTA EEA Paraná

Cuando el cultivar de trigo es susceptible a roya estriada (RE) y las condiciones climáticas son altamente favorables para su desarrollo, la enfermedad solo se detecta tempranamente con monitoreos semanales.

¿Cuál será la decisión adecuada?, ¿aplico fungicidas?, ¿cuándo?, ¿por qué?, ¿en Z31, Z32 o Z39?, ¿la doble aplicación es una opción?, ¿Coadyuvantes?

### Un poco de historia sobre la roya estriada del trigo en Entre Ríos

Las primeras epifitias de roya estriada (RE) o amarilla del trigo causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* en Argentina ocurrieron en 1928 y 1930. En la provincia de Entre Ríos, la primera detección en lotes de producción, ocurrió en octubre de 2010. Los cultivares afectados con relativa intensidad fueron Klein Tauro y AGP Buck Fast en Viale y Hasenkamp (Dpto. Paraná), Maciá (Dpto. Tala) y Perdices (Dpto. Gualeguaychú). En 2015, se registró nuevamente solo en la hoja bandera (HB) de pocas plantas de un cultivo de Klein León, en cercanías de la EEA Paraná (Camino del Medio) (Figura 1).



**Figura 1.** Roya estriada (*Puccinia striiformis*) con baja severidad en Klein León (19-10-2015), Dpto. Paraná.

En septiembre de 2016, se detectó en DM Algarrobo y en octubre de ese año, además de este cultivar, en K. León y DM Fuste con severidad alta (40-70 %) y en DM Ceibo, K. Serpiente, K. Lanza, Buck Claraz y Biointa 1008, con severidad moderada (10 y 30 %). Actualmente, es una enfermedad generalizada en todas las regiones trigueras de la Argentina, incluida la provincia de Tucumán con lotes que presentaban 100 % de incidencia y 15 % de severidad, en el mes de julio de 2020. Por el contrario, en ese mismo año en la región pampeana y en Entre Ríos, los factores limitantes del cultivo, fueron las heladas y el déficit hídrico, con casos puntuales de enfermedades foliares severas.

El manejo de las royas se basa en el uso de cultivares resistentes y control químico. Sin embargo, la elección del cultivar se realiza considerando principalmente el potencial de rendimiento; un alto porcentaje de los trigos sembrados en Entre Ríos son de alta productividad, pero susceptibles a royas y a otras enfermedades.

### Cultivares de trigo de buen comportamiento a razas frecuentes de *Puccinia striiformis*

El uso de cultivares resistentes o tolerantes, es la herramienta preferencial para el manejo de las enfermedades causadas por microorganismos biotróficos como las royas. Estos cultivares impiden o retrasan el proceso de infección; reducen la cantidad de inóculo disponible, poseen un buen rendimiento y calidad de granos, y son agrónomicamente aceptables. Esta técnica, es de nulo o bajo impacto ambiental. Sin embargo, las razas de *P. striiformis* (RE) interaccionan con más de 18 genes específicos (Yr) del hospedante. Poseen una frecuencia variable, por lo cual es imposible predecir en cada ciclo agrícola cuál/cuáles serán las razas predominantes y su distribución geográfica en las diferentes áreas trigueras argentinas. En 2017, la raza prevalente fue la denominada *PstS13* que afectó a los cultivares más sembrados en Argentina. Esta información es de gran utilidad para los programas de mejoramiento de trigo, no en forma directa para el manejo de los productores trigueros.

Cuando se informan los perfiles sanitarios de los cultivares de trigo, es importante revisar en primer lugar, los resultados locales (<https://inta.gov.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-trigo-entre-rios-subregion-iii-ciclo-agricola-2020>); en segundo lugar, los presentados en forma conjunta por varias experimentales del INTA (Tabla 1) y por último, la tabla originada en la EEA Bordenave ([https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_royastrigo19\\_act20\\_campos.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_royastrigo19_act20_campos.pdf)), para las tres royas del trigo. Existen cultivares adaptados a Entre Ríos (Subregión triguera III), de aceptable rendimiento de granos y buen comportamiento a RE.

**Tabla 1.** Perfil sanitario de cultivares de trigo de ciclo largo, intermedio y corto. Campaña 2019. Fuente: Alberione et al. (2019).

Grupo Calidad Panadera	Ciclo Largo - Intermedio	Ciclo Largo - Intermedio					Ciclo Corto	Ciclo Corto				
		RH	RT	RA	MF	FE		RH	RT	RA	MF	FE
G C 1	ACA 303 PLUS	MR	R	S	MS-S	MR	ACA 908	MR-MS	MS	S	MS	MR-MS
	365	MS	R	S	MS-S	MR	920*	MR	R	MS-S	MS	MS
	ACA 360	MR	R	MS	MS-S	MR	KLEIN POTRO	R	R	MS	MR	MR
	LG ARLASK	MS	MR	MS-S	MS	MS-S	KLEIN VALOR	MR	R	MS	MR	MR
	BUCK CAMBA*	R	R	MS	MS-S	MS-S	KLEIN PROTEO	MR-MS	R	S	MS	MR
	BUCK COLIQUEO*	R	MR	MR	MS	MS	KLEIN PROMETEO	MR	MR	S	MS	MS
	BUCK BELLACO	MS	R	MS	MS	MR	KLEIN RAYO	S	MR	MS-S	MS	MR-MS
	BUCK DESTELLO	R	R	MR	MS	MS	BAGUETTE 450	MR	s/i	MR	MS-S	MR-MS
	BUCK RESPONDOR*	R	R	MR-MS	MS	MS-S	BUCK SAETA	MR	MS	MS	MR	MR
	KLEIN HURACAN	R	s/i	S	MS-S	MS	BUCK CLARAZ	MR-MS	MR-MS	MS-S	MS-S	MR
	KLEIN MERCURIO	MR	R	MS-S	MS	MR	TBIO AUDAZ*	R	MR-MS	MS	MS-S	MR
	KLEIN MINERVA	R	R	MR	MS	MR	MS INTA 819*	MR	s/i	MR-MS	MS	MS
KLEIN 100 AÑOS*	R	R	R	MS-S	MR							
KLEIN SERPIENTE	MS	MR	S	MS-S	MR							
G C 2	ACA 602	R	R	R	MS	MR	ACA 909	MR-MS	S	MS-S	MS	MS
	ALGARROBO	S	MS	S	MS-S	MS	915	MR	R	MR-MS	MS-S	MS
	BAGUETTE 680	MS	s/i	S	MS-S	MS	916*	R	MS	MS	MS-S	MR
	BAGUETTE 620*	MS	s/i	MS	MS-S	MR	BIOINTA 1006	MR	R	MS-S	MS	MS
	NANDUBAY	R	s/i	MS	MS	MS	CEIBO	MR-MS	R	S	MS-S	MR
	603*	MR-MS	s/i	R	MS	MR	FLORIPAN 100	MR	MR	MS-S	MS	MR
	BAGUETTE 750	S	MR	MS-S	MS	MS	KLEIN NUTRIA	MR	MR-MS	MS	MS	MS
	BASILIO	S	S	MR	MS	MS-S	KLEIN TAURO	MR-MS	MS	MS	MS	MR
	KLEIN TITANIO CL	MS	MR	MS	MS	MR	SN 90	R	R	S	MS-S	MR
	MS INTA 116	R	R	MS-S	MS	MR	SY 330	MS	MR	MR-MS	MS	MS
	SY 120	MR-MS	S	MS	MS	S	PAMPERO*	MS	s/i	MS-S	MR	MR
	SY 200	S	S	R	MS	MR	HO ATUEL*	R	MR	R	MR	MR
	BUCK COLIHUE*	MR-MS	MR-MS	MS	MS	MS	BAGUETTE 550*	MS-S	MR	MS-S	MS	MR
	BUCK CUMELLEN*	MS	R	MS	MR	MS						
	LAPACHO	S	MS	MS	MS	MR						
	SY 211	MS	S	MR	MS	MR						
G C 3	GUAYABO	MS-S	MS	R	MS	MS	BIOCERES 1008	S	R	MS-S	MR	MS
	ALHAMBRA	S	S	R	MS	MS	914	MR-MS	MS	MS	MS-S	MS
	CEDRO	S	S	R	MR	MS	KLEIN LIEBRE	MR	R	MR-MS	MS	MS
	JACARANDA	MS	MR	R	MS	MS	GINGKO	R	MR	MR-MS	MS	MS
	MS INTA 617	MS	R	MS	MS	MS	MS INTA 815	MS	MR	MR-MS	MS	MS
	MS INTA 119	S	R	MR	MR	MR	MS INTA B 817	MS-S	R	MS	MS-S	MS
	TIMBO	MS	MS	MS-S	MS	MS						
	FLORIPAN 200	MR	MS	S	MS	MS						
MS INTA 415	MR	MR-MS	MR	MS	MR							

Enfermedades: RH=roya de la hoja, RT=roya del tallo, RA=roya amarilla/roya de la gluma, MF=manchas foliares, FE=fusariosis de la espiga. Tipos de reacción: MS=mod. susceptible, S=Susceptible, MR=mod. resistente, R=resistente. \*=información de un año, s/i=sin información.

Fuente: INASE, INTA (Grupos de Patología y Mejoramiento de Trigo), Actividad privada (Grupo de Mejoramiento de Criaderos).

Otro aspecto importante a considerar es que el comportamiento a las royas de los cultivares de trigo, que se presenta en la Red de Cultivares de Trigo es el resultante de infecciones naturales, y anualmente existen diferentes condiciones climáticas conductivas para las distintas enfermedades. En el año 2020, los cultivares que presentaron niveles de RE  $\geq$  20 % de área afectada fueron: Algarrobo, MS INTA 116, ACA 365, Pampero, MS INTA B. 817, ACA 920, ACA 908, Ñandubay y Ceibo.

### Daños causados por royas en trigo

Las royas por su naturaleza biotrófica afectan tejidos vivos y en consecuencia impactan sobre diversos aspectos fisiológicos como la función fotosintética de las hojas, con la consecuente disminución de la formación y movimiento de los fotoasimilados, que conduce a la reducción en el número y peso de los granos. Es muy importante la duración del período verde o sano de la hoja bandera (HB), última hoja en iniciar su senescencia, que intercepta más luz que las inferiores y es la más cercana a los destinos (granos de las espigas). La fotosíntesis producida en la HB contribuye con un 30-50 % de los fotoasimilados para el llenado de los granos, por ello la longevidad de esta hoja se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca. Las hojas inmediatamente inferiores a la HB (HB<sup>-1</sup>, HB<sup>-2</sup>, HB<sup>-3</sup>), también tienen relevancia en el aporte de fotoasimilados, la espiga y la HB<sup>-1</sup> puede contribuir con algo más del 20 %, la HB<sup>-2</sup> entre el 7 y 8 %, y la HB<sup>-3</sup>, entre 2 y 3 %.

Por otro lado, la RE, lineal o amarilla se caracteriza por ser de naturaleza “sistémica”, es decir que a partir de una uredospora (espora), se forman nuevos uredos (pústulas) en línea y en pocos días se puede cubrir la hoja, a diferencia de la roya de la hoja o anaranjada (*Puccinia triticina*). Esta última, es de naturaleza localizada, es decir que desarrolla una pústula por espora depositada sobre el tejido vegetal (Figura 2).

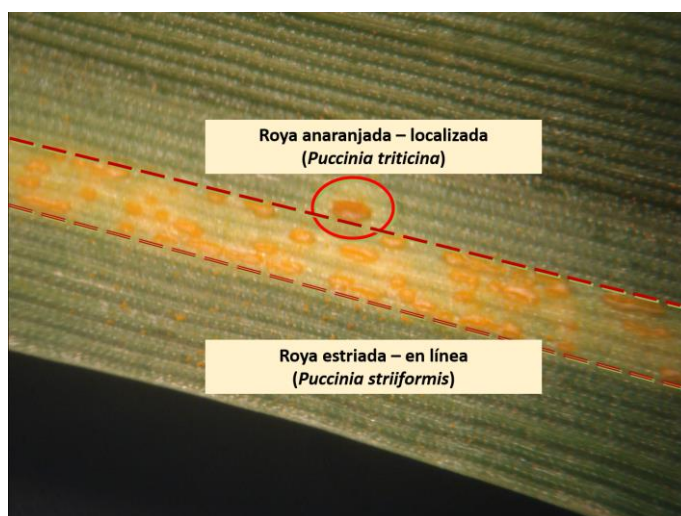


Figura 2. Roya estriada (*P. striiformis*) y roya anaranjada (*P. triticina*) en trigo.

Existen cultivares que son susceptibles a más de una especie de roya y es posible observarlas juntas, incrementando la disfuncionalidad del área foliar (Figura 3).



**Figura 3.** Roya estriada (*P. striiformis*) y roya anaranjada (*P. triticina*) en una misma hoja de trigo.

### **Pérdidas y momentos de aplicación de fungicidas**

Se estima que el 88 % de los cultivares de trigo del mundo son susceptibles y las pérdidas globales se estiman en 1000 millones de USD anuales. En Australia, los cultivares clasificados como moderadamente susceptibles (MS), susceptibles (S) o muy susceptibles (AS) podrían alcanzar una reducción de rendimiento entre 40 y 80 %, bajo una alta presión del patógeno. En general, para Argentina se estima un 50 % promedio en cultivares muy susceptibles. Las pérdidas directas del rendimiento dependerán del cultivar (resistente, moderadamente resistente, moderadamente susceptible o susceptible), de la cantidad de inóculo disponible en el área, la virulencia de las razas presentes, de las horas de mojado foliar (mínimo 4 h), del estadio fenológico a partir del cual la planta es parasitada y si se aplicaron fungicidas en el momento adecuado.

Una vez confirmada la presencia de la RE en el lote de producción, es necesario obtener un valor objetivo de la cantidad de enfermedad, a través de la incidencia (%), según el número de hojas con al menos una pústula de roya en relación al número de hojas sanas, de un total de 20 - 30 plantas (sin hojas senescentes) tomadas al azar. Existen numerosos umbrales de intervención química, que establecen desde 10 a 40 % de incidencia en hojas y severidad (porcentaje de área afectada), entre 1 y 10 %. Cuando los cultivares son muy susceptibles, los umbrales son más bajos. Cabe destacar que las pústulas de RE son poco perceptibles a campo por su color claro inicial, por ello cuando se define una incidencia de 1 o 2 %, es altamente probable que el valor sea muy superior cuando las hojas son observadas y evaluadas bajo lupa con al menos 30 aumentos (30X) (Figura 4).



**Figura 4.** Pústulas iniciales de *P. striiformis* identificadas bajo lupa (30X) (izq.); pústulas de fácil detección a campo a “ojo desnudo” (der.) ©Ing. R. Penco.

La demora en aplicar un fungicida adecuado en las primeras etapas de encañazón (Z31 o Z32, uno o dos nudos) a HB completamente desplegada (Z39) en un año epifítico, ocasiona daños foliares de magnitud considerable con importantes pérdidas del rendimiento. En el ciclo agrícola 2018/19, sobre el cultivar DM Fuste, susceptible a RE y con detección visible el 03/09/18, se aplicaron fungicidas en Z32 (06/09) con una incidencia de 1,5 % y en Z39 (26/09) con una incidencia de 66%; la reducción del rendimiento por un retraso en la aplicación de 20 días significó una pérdida promedio de 810 kg ha<sup>-1</sup>, algo más del 17 % con un rendimiento promedio de las parcelas testigo sin aplicación de fungicidas de 3242 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2).

**Tabla 2.** Diferencias de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) del cultivar DM Fuste (ciclo 2018/19) con una aplicación en Z32 (dos nudos) y otra en Z39 (hoja bandera desplegada). (Formento, datos no publicados).

FUNGICIDA	RENDIMIENTO (kg ha <sup>-1</sup> )		Diferencia (kg ha <sup>-1</sup> )	Diferencia (%)
	Z32	Z39		
Estrobilurina + triazol 400 cc ha <sup>-1</sup>	4696	3939	757	16,1
Estrobilurina + triazol 1000 cc ha <sup>-1</sup>	4561	3745	816	17,9
Carboxamida + triazol + estrobilurina 1200 cc ha <sup>-1</sup>	4891	4046	845	17,3
Carboxamida + triazolintiona + estrobilurina 600 cc ha <sup>-1</sup>	4592	3767	825	17,9

### Número de aplicaciones con fungicidas

En algunos sistemas productivos con cultivares de alto rendimiento, pero susceptibles a RE y con condiciones climáticas conductoras de la enfermedad, sería posible realizar dos aplicaciones de fungicidas, siempre combinando principios activos con diferente mecanismo de acción para reducir la probabilidad de generar resistencia en el patógeno. Por ejemplo, la comparación de una aplicación tardía en Z39 (Tabla 3) o dos aplicaciones en dos estadios (Z31 + Z39) mostró incrementos del rendimiento entre 15 y 23 % por reducir los efectos negativos de la enfermedad (Tabla 4) (Formento, datos no publicados).

**Tabla 3.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) del cultivar DM Fuste (ciclo 2018/19) con una aplicación tardía en Z39 (hoja bandera desplegada). (Formento, datos no publicados).

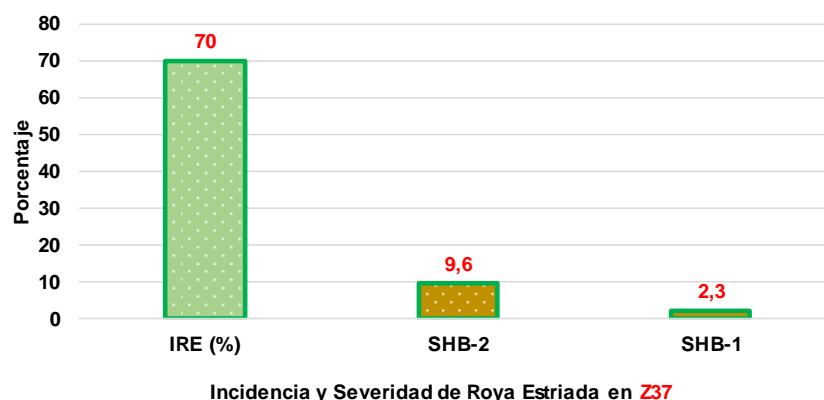
FUNGICIDA EN Z39	RENDIMIENTO ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
Estrobilurina + triazol 400 $\text{cc ha}^{-1}$	3939
Triazol + carboxamida 500 $\text{cc ha}^{-1}$	3666
(Triazol + carboxamida a) + (carboxamida b) 500 + 150 $\text{cc ha}^{-1}$	4046

**Tabla 4.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) del cultivar DM Fuste (ciclo 2018/19) con dos aplicaciones de fungicidas, una temprana en Z31 (un nudo) y una tardía en Z39 (hoja bandera desplegada). (Formento, datos no publicados).

FUNGICIDA EN Z31 + Z39	RENDIMIENTO ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
[Estrobilurina + triazol] 400 $\text{cc ha}^{-1}$ + [Triazol + carboxamida] 500 $\text{cc ha}^{-1}$	4654
[Triazol + carboxamida] 500 $\text{cc ha}^{-1}$ + [Estrobilurina + triazol] 400 $\text{cc ha}^{-1}$	4728
[Estrobilurina + triazol] 400 $\text{cc ha}^{-1}$ + [(Triazol + carboxamida a) + (carboxamida b)] 500 + 150 $\text{cc ha}^{-1}$	4779

### Uso de coadyuvantes

Para el manejo químico específicamente de la RE, por su naturaleza “sistémica”, una consulta recurrente se refiere a la necesidad del uso de coadyuvantes. En general, si son compatibles con el fungicida, los coadyuvantes mejoran y aumentan la velocidad de la penetración, pueden reducir la pérdida de fungicida por efecto de las lluvias, y en consecuencia disminuir la intensidad de la enfermedad. Por ejemplo, en el ciclo 2018/19, sobre el cultivar DM Fuste, se aplicó un fungicida mezcla de estrobilurina + triazol en Z37 (HB apenas visible) con una intensidad alta de RE (Figura 5).



**Figura 5.** Intensidad de roya estriada (*P. striiformis*) en Z37 (HB apenas visible).

Referencias. IRE (%): incidencia de roya estriada; SHB<sup>-2</sup> (%): severidad en HB<sup>-2</sup>; SHB<sup>-1</sup> (%): severidad en HB<sup>-1</sup>.

La intensidad de la enfermedad, definida por la incidencia y severidad en las hojas, se redujo marcadamente con el uso de fungicida más coadyuvante, cuando se compararon con las parcelas testigo y aquellas con fungicida sin coadyuvante (Tabla 5), lo que se tradujo en un incremento del rendimiento (Tabla 6).

**Tabla 5.** Incidencia y severidad de roya estriada (*P. striiformis*) en las tres hojas superiores de DM Fuste (ciclo 2018/19) a los 27 días después de la aplicación (DDA). (Formento, datos no publicados).

TRATAMIENTOS	IRE (%)	SEVERIDAD RE (%) 27 DDA		
		HB <sup>2</sup>	HB <sup>1</sup>	HB
Testigo	100,0	99,0	90,8	19,4
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup>	42,8	0,7	2,1	1,6
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup> + aceite vegetal	31,5	0,3	0,3	0,4
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup> + coadyuvante siliconado	23,4	0,3	0,0	1,4

**Tabla 6.** Rendimiento de DM Fuste con la aplicación de fungicida sin y con coadyuvante para el manejo químico de la roya estriada (*P. striiformis*). (Formento, datos no publicados).

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (kg ha <sup>-1</sup> )	DIFERENCIA (kg ha <sup>-1</sup> )
Testigo	3000,1	~
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup>	3603,5	603,4
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup> + aceite vegetal	4311,3	1311,2
Estrobilurina + triazol 500 cc ha <sup>-1</sup> + coadyuvante siliconado	3893,5	893,4

Por otro lado, hay otros aspectos destacables que son importantes poder reconocer a campo:

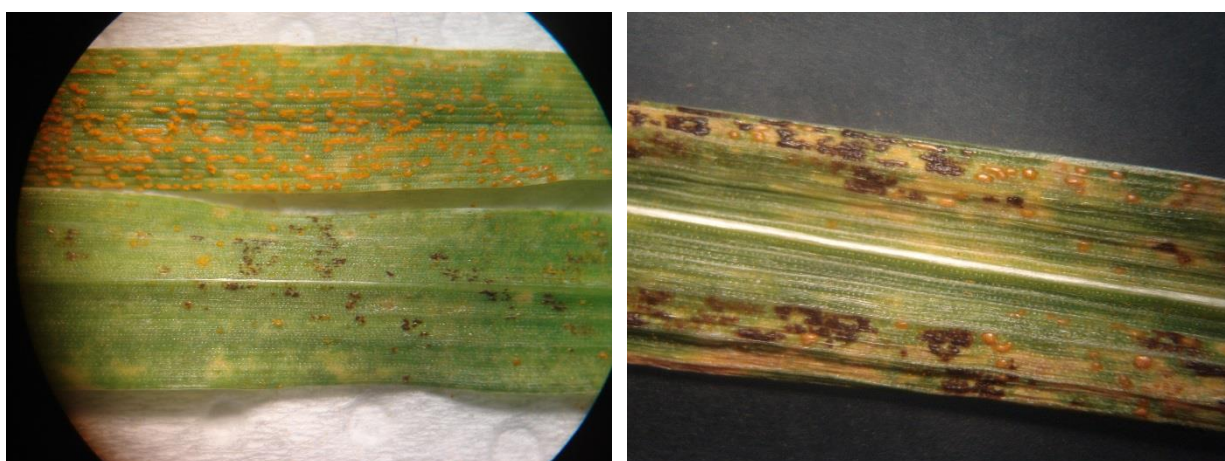
- es posible encontrar hojas de trigo con reacción resistente sin producción de pústulas (uredos) (Figura 6).
- cuando la aplicación de fungicida se realiza en forma tardía y el hongo ya había colonizado tejidos, en las hojas de trigo se observan áreas rectangulares de tejido seco fisiológicamente inactivo, sin embargo, se detiene la producción de inóculo secundario (Figura 7).
- cuando el hongo que es biotrófico ya no dispone de tejido vivo o las condiciones climáticas, principalmente altas temperaturas, *P. striiformis* produce teliosporas (Figura 8) que son de color oscuro y en ocasiones, se presume que es otra enfermedad.



**Figura 6.** Trigo con reacción resistente (estrías claras sin pústulas) a *P. striiformis*. ©Ing. A. Brach



**Figura 7.** Hojas de trigo con roya controlada con aplicación tardía de fungicida (izq.); roya estriada (*P. striiformis*) controlada (centro) y sin controlar (der.).



**Figura 8.** Pústulas oscuras (telios) y pústulas amarillas (uredos) de roya estriada (*P. striiformis*) en trigo.

**Fotografías:** Norma Formento y Juan C. Velázquez (EEA Paraná).



### Para seguir leyendo...

- AGUAYSOL C., REZNIKOV S. y V. GONZÁLEZ. 2020. Enfermedades de trigo. Roya estriada o amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) Roya amarilla. <https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2020/07/informe-14-de-julio-2020-Trigo.pdf> [Verificación: mayo de 2021].
- ALBERIONE E., CAMPOS P., COURETOT L. y L. SCHUTT. 2020. Comportamiento sanitario de variedades de trigo. Campaña 2019-20. <https://inta.gob.ar/documentos/comportamiento-sanitario-de-variedades-de-trigo-campana-2019-20>. [Verificación: mayo de 2021].
- CARMONA M.A., SAUTUA F.J., PÉREZ-HERNÁNDEZ O. and E. MELO REIS. 2020. Role of fungicide applications on the integrated management of wheat strip rust. *Front Plant Sci* 11:733. doi: 10.3389/fpls.2020.00733. [Verificación: julio de 2021].
- CARMONA M.A., SAUTUA F.J., PÉREZ-HERNÁNDEZ O., GROSSO C., VETTORELLO L. MILANESIO B., CORVI E., ALMADA G. and M.S. HOVMØLLER. 2019. Rapid emergency response to yellow rust epidemics caused by newly introduced lineages of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Argentina. *Tropical Plant Pathology* 44:385-391 <https://doi.org/10.1007/s40858-019-00295-y> [Verificación: junio de 2021].
- CARMONA M.A. y F.J. SAUTUA. 2018. Epidemias de roya amarilla del trigo. Nuevas razas en el mundo, monitoreo y decisión de uso de fungicidas. *Agronomía & Ambiente, Revista Fac. de Agronomía* 38(1):36-58. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2018carmonamarcelo.pdf> [Verificación: mayo de 2021].
- FORMENTO A.N. 2011. Identificación de roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) en Entre Ríos, Argentina. Libro de Resúmenes 2° Congreso Argentino de Fitopatología Et-HyS, p.107. 1,2 y 3 de junio de 2011, Mar del Plata, Buenos Aires. [http://www.aafitopatologos.com.ar/media/secciones/415\\_desc.pdf](http://www.aafitopatologos.com.ar/media/secciones/415_desc.pdf) [Verificación: mayo de 2021].