

Manual del Cultivo del Trigo



Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
Programa Latinoamérica Cono Sur
<http://lacs.ipni.net>

Manual del cultivo de trigo / Bernardette Abadia ... [et al.]; compilado por
Guillermo A. Divito; Fernando Oscar García; editado por Guillermo A. Divito; Fernando Oscar García. -
1a ed. compendiada. - Acassuso: International Plant Nutrition Institute, 2017.
224 p.; 28 x 19 cm.

ISBN 978-987-46277-3-5

1. Agricultura. 2. Cultivo Agrícola. 3. Manuales. I. Abadia, Bernardette II. Divito, Guillermo A., comp. III.
García, Fernando Oscar, comp. IV. Divito, Guillermo A., ed. V. García, Fernando Oscar, ed.
CDD 633

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso de los editores.

1ra edición Octubre 2017

Impreso en Argentina

ISBN 978-987-46277-3-5



Presentación

La creciente demanda global de alimentos, forrajes, fibras, biocombustibles y biomateriales genera desafíos, oportunidades y amenazas para los sistemas de producción agrícola. Esta demanda requiere de sistemas que provean productos en cantidad y calidad mejorando la vida de las personas y preservando el ambiente. El crecimiento en producción y productividad registrado en los últimos 50 años ha generado costos y externalidades negativas a nivel económico, social y ambiental. Así, el desafío para la humanidad es reducir el impacto de estos costos y externalidades y evitar que los mismos se amplifiquen y/o que se sumen nuevos a los ya existentes.

En este marco, la expansión de la agricultura hacia áreas aún no explotadas a través de la deforestación e incorporación de ecosistemas más frágiles constituye una severa amenaza a la sostenibilidad de los sistemas, por lo que, entre las alternativas propuestas, impulsar el crecimiento de la productividad en las tierras actualmente en uso ha sido considerada prioritaria. En Argentina, se han estimado brechas entre los rendimientos actuales y los alcanzables en secano del orden del 32%, 41% y 41% para soja, maíz y trigo, respectivamente (ver Capítulo 1 de esta publicación).

El cultivo de trigo ha sido una de las principales producciones agrícolas en los países del Cono Sur de Latinoamérica y actualmente incluye aproximadamente 6 millones de ha en Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay. Su importancia dentro de la economía de estas naciones, su relevante participación como proveedor de alimento para sus poblaciones y, desde el punto de vista agronómico, su rol en las rotaciones de cultivos anuales, han sido destacados y ampliamente discutidos en numerosas publicaciones.

Este manual trata de cubrir los temas más relevantes de la producción, industrialización y comercialización de trigo, con énfasis en los sistemas de la región triguera argentina. A través de catorce capítulos y una serie de anexos se revisan aspectos relacionados al crecimiento y la fenología; la ecofisiología y la generación de rendimiento; las nuevas variedades; la importancia del manejo del cultivo para calidad; la nutrición y las mejores prácticas de manejo de la fertilización; la identificación y manejo de malezas, enfermedades y plagas más relevantes; el manejo de cultivo en distintas regiones; la cosecha y el almacenamiento de granos; la molienda y la panificación; y el mercado actual.

Como editores queremos dejar expreso nuestro más sincero agradecimiento al trabajo, dedicación y paciencia que han demostrado los autores de los distintos capítulos. Estos destacados científicos y profesionales son referentes insoslayables en las distintas temáticas abordadas y es un honor contar con su contribución en este manual.

Guillermo A. Divito
Fernando O. García

EDITORES

Guillermo A. Divito

Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiae y Doctor en Ciencias Agrarias. Actualmente se desempeña como asesor privado y Asistente Técnico de la Regional Necochea de Aapresid. Es especialista en manejo de cultivos agrícolas. Ha dirigido y asesorado tesis de grado y posgrado. Ha publicado trabajos en revistas científicas nacionales e internacionales con referato y de divulgación.

Fernando O. García

Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiae y Ph.D. en Agronomía. Actualmente es Director Regional del International Plant Nutrition Institute (IPNI) Programa Cono Sur de Latinoamérica. Es especialista en fertilidad de suelos y nutrición de cultivos. Ha dirigido y asesorado tesis de grado y posgrado. Ha publicado numerosos trabajos en revistas científicas nacionales e internacionales con referato y de divulgación.

AUTORES

Bernadette Abadía

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
abadia.maria@inta.gov.ar

Pablo E. Abbate

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
abbate.pablo@inta.gov.ar

Cristian Álvarez

INTA Gral. Pico, La Pampa, Argentina.
alvarez.cristian@inta.gov.ar

Fernando Aramburu Merlos

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
aramburumerlos.f@inta.gov.ar

Mirian Barraco

INTA Gral. Villegas, Buenos Aires, Argentina.
barraco.miriam@inta.gov.ar

Ricardo Bartosik

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
bartosik.ricardo@inta.gov.ar

Javier Bujan

Kimei Cereales S.A. y Cámara Arbitral Bolsa de Cereales de Buenos Aires
bujan@kimei.com.ar

Leda E. Campaña

Molino Campodónico, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
laboratorio@molinocampodonico.com.ar

Miguel J. Cardoso

Molino Campodónico, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
laboratorio@molinocampodonico.com.ar

Leandro Cardoso

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
cardoso.marcelo@inta.gov.ar

Dora Carmona

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Buenos Aires, Argentina.
carmona.dora@inta.gov.ar

Marcelo Carmona

Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina
carmonam@agro.uba.ar

Pablo Calviño

Asesor y director técnico. Tandil, Buenos Aires, Argentina.
calvinopabloa@gmail.com

Adrián A. Correndo

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), Latinoamérica-Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

acorrendo@ipni.net

Diego de la Torre

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

delatorre.diego@inta.gob.ar

Guillermo A. Divito

Asesor Privado. AAPRESID, Asistente Técnico Regional Necochea. Buenos Aires, Argentina.

guillermodivito@yahoo.com.ar

Oswaldo Ernst

EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Paysandú, Uruguay.

oernst@fagro.edu.uy

Ariel Jesús Faberi

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-FCA UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

faberi.ariel@inta.gob.ar

Jorge A. Frascina

EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

frascina.jorge@inta.gob.ar

Fernando O. García

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), Latinoamérica-Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

fgarcia@ipni.net

Lisardo González

Buck Semillas. La Dulce, Buenos Aires, Argentina.

lgonzalez@bucksemillas.com.ar

Esteban Hoffman

EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Paysandú, Uruguay.

tato@fagro.edu.uy

María I. Leaden

Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

mileaden@hotmail.com

Gisele Maciel

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

maciel.gisel@inta.gob.ar

Pablo Manetti

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

manetti.pablo@inta.gob.ar

Juan Pablo Monzon

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

monzon.juanpablo@inta.gob.ar

Carla Salvio

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

salvio.carla@inta.gob.ar

Francisco Sautua

Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina

sautuaensayo@gmail.com

Santiago Néstor Tourn

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

tourn.santiago@inta.gob.ar

María Celia Tulli

Unidad Integrada Balcarce. EEA INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

tulli.maria@inta.gob.ar

Índice	Pág.
1. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo _____	7
Pablo E. Abbate, Miguel J. Cardos y Leda E. Campaña	
Brechas de rendimiento de trigo en Argentina _____	20
Fernando Aramburu Merlos y Juan Pablo Monzon	
2. Como crece y se desarrolla el cultivo de trigo _____	22
Pablo E. Abbate y Guillermo A. Divito	
3. Ecofisiología y manejo del cultivo de trigo _____	33
Pablo E. Abbate	
4. Cambios recientes y venideros en las variedades de mayor difusión en Argentina ____	53
Lisardo González	
5. ¿Por qué es importante la calidad del trigo? _____	57
Jorge A. Fraschina	
6. La nutrición del cultivo de trigo _____	67
Guillermo A. Divito, Adrián A. Correndo y Fernando O. García	
7. Identificación y manejo de malezas _____	85
María I. Leaden	
8. Criterios para el manejo integrado de las enfermedades _____	93
Marcelo Carmona y Francisco Sautua	
9. Caracterización y manejo de plagas animales _____	109
Dora Carmona, Pablo Manetti, María C. Tulli, Carla Salvio y Ariel J. Faberi	
10. Manejo del cultivo de trigo en distintas regiones _____	123
10.a Región Pampeana Central	
Jorge A. Fraschina	
10.b Región Sudeste de Buenos Aires	
Pablo Calviño y Guillermo A. Divito	
10.c Noroeste de Buenos Aires y Este de La Pampa	
Cristian Álvarez y Mirian Barraco	
10.d Uruguay	
Esteban Hoffman y Oswaldo Ernst	
11. Eficiencia en la cosecha de trigo _____	143
Santiago N. Tourn	
12. Almacenamiento y acondicionamiento de trigo _____	152
Ricardo Bartosik, Bernadette Abadía, Leandro Cardoso, Diego de la Torre y Gisele Maciel	
13. Calidad, molienda y panificación de trigos _____	172
Miguel J. Cardos, Leda E. Campaña y Pablo E. Abbate	
14. ¿Y tranqueras afuera? Consideraciones para la comercialización _____	194
Javier Bujan	
Anexos _____	198

Capítulo VIII: Criterios para el manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo

Carmona Marcelo¹ y Francisco Sautua¹

¹Facultad de Agronomía - UBA, Buenos Aires, Argentina

Existe consenso general respecto a que las enfermedades causan significativas y crecientes pérdidas en la mayoría de los cultivos extensivos. Sólo en el cultivo de trigo y para América del sur, el daño promedio estimado oscila entre 20% y 30%. Estos valores pueden puntualmente ser mayores dependiendo del genotipo, características del patógeno y de las condiciones ambientales.

El espectro de organismos patógenos de trigo es considerable (en el **Anexo VIII** se presentan fotos de enfermedades del cultivo de trigo). Sin embargo, sólo un grupo limitado es el que alcanza suficiente difusión y niveles de desarrollo epidémicos como para constituirse en reales problemas para la producción (**Tabla 1**). El daño es consecuencia de los efectos morfo-fisiológicos directos del patógeno y de la interferencia con los mecanismos generadores del rendimiento del cultivo. Los principales procesos biológicos afectados por los patógenos son:

- la fotosíntesis,
- la respiración,
- la translocación de agua y nutrientes
- la reproducción

Cualquier interferencia en estos procesos vitales genera un mal funcionamiento de la planta y, en consecuencia, un menor aprovechamiento de los recursos del ambiente. Probablemente, los efectos más negativos que muchas de las enfermedades causan son: ineficiencia en la absorción y en el uso de la radiación. Esto genera disminución de la fotosíntesis y menor producción de biomasa. Además, es frecuente que las plantas desvíen fotoasimilados y energía que son usufructuados por los patógenos o utilizados por la éstas para sus mecanismos de defensa. Estos efectos se visualizan mediante un anticipo de la senescencia, disminución del índice de área foliar (IAF), de la radiación solar absorbida y de la duración del área foliar sana (DAFS). De modo general, los principales componentes del rendimiento del trigo afectados por los patógenos son el número de granos m⁻² y el peso de los mismos.

Tabla 1. Importancia relativa de las principales enfermedades bióticas del trigo (Modificado de Carmona y Annone, 2005).

Enfermedad (Agente causal)	Tipo de agente causal	Difusión	Frecuencia de aparición	Nivel de desarrollo de síntomas	Efecto sobre rendimiento
Fusariosis de la espiga (<i>Gibberella zeae</i>)	Hongo	Amplia	Limitada esporádica	Moderado-alto	Moderado-importante
Roya de la hoja (<i>Puccinia triticina</i>)	Hongo	Amplia	Alta	Moderado-alto	Moderado-importante
Roya negra (<i>Puccinia graminis f.sp tritici</i>)	Hongo	Limitada ?	Moderada	Moderado-alto	Moderado-importante
Roya amarilla (<i>Puccinia striiformis f.sp tritici</i>)	Hongo	Limitada ?	Moderada	moderado-alto	Moderado-importante
Mancha de la hoja (<i>Zymoseptoria tritici</i>)	Hongo	Amplia	Moderada	Moderado-bajo	Moderado
Mancha Amarilla (<i>Drechslera tritici-repentis</i>)	Hongo	Amplia	Alta	Moderado-alto	Moderado-importante
Mancha Borrosa (<i>Bipolaris sorokiniana</i>)	Hongo	Moderada-limitada	Moderada	Moderado	Moderado-Bajo
Carbón cubierto (<i>Tilletia spp</i>)	Hongo	Baja	Limitada	Bajo	Bajo
Carbón volador (<i>Ustilago tritici</i>)	Hongo	Baja	Limitada	Bajo	Bajo
Pietín (<i>Gaeumannomyces graminis</i>)	Hongo	Moderada-limitada	Baja	Moderado-bajo	Moderado
Estriado bacteriano (<i>Xanthomonas campestris pv. undulosa</i>)	Bacteria	Limitada	Baja	Moderado-bajo	Moderado
Tizón Bacteriano (<i>Pseudomonas syringae pv syringae</i>)	Bacteria	Limitada	Baja	Moderado-bajo	Moderado
Enanismo amarillo (<i>Barley Yellow Dwarf Virus</i>)	Virus	Amplia	Moderada	Moderado-bajo	Moderado-Bajo

Para entender cuáles son los componentes afectados por una determinada enfermedad es preciso estudiarla en función de su agente causal (biotrófico-necrotrofico), momento de aparición en el ciclo ontogénico del cultivo, la intensidad del ataque (incidencia-severidad) y del tipo de órgano más afectado.

Manejo Integrado vs Control Integrado de Enfermedades

Para evitar daños y lograr altos rendimientos el productor cuenta con el **Manejo Integrado de Enfermedades (MIE)**, que mediante un proceso dinámico de decisión jerarquiza estrategias para asegurar la sustentabilidad. En el **MIE**, además de aplicar todas las medidas de manejo disponibles, se toma en consideración la sustentabilidad ecológica aplicando el principio de racionalización del uso de productos fitosanitarios. Manejo da idea de conducción, de gobierno, pensando en disminuir la enfermedad por debajo del nivel de daño económico. Por otra parte, en el **Control Integrado de Enfermedades (CIE)** se emplean todas las tácticas disponibles teniendo siempre presente el retorno económico. Control da idea de dominancia, poder y mando, resultado muy difícil de obtener al hablar de patógenos. Lamentablemente en fitopatología se ha utilizado muy poco el concepto de umbral o nivel de daño. Manejo es un proceso continuo que considera a las enfermedades dentro del agroecosistema y ofrece, por lo tanto, una mirada cercana de la realidad del sistema de producción.

Además de las diferencias semánticas o etimológicas de las palabras control y manejo es necesario dejar establecido que las medidas sanitarias no deben ser nunca consideradas antinómicas ni divergentes, sino por el contrario, complementarias. Esto quiere decir, por ejemplo, que la aplicación racional de fungicidas, la resistencia genética y las prácticas culturales son integradamente útiles y no excluyentes (Carmona y Sautua, 2014a). En el **MIE**, las principales estrategias de control se basan en el uso de cultivares resistentes, en la aplicación de fungicidas basados en el **umbral de daño económico (UDE)**, y en el control por prácticas culturales. De esta manera, la sustentabilidad de la actividad agrícola será más fácilmente obtenida a través del **MIE**. Si bien el **MIE** es muy conveniente y beneficioso, el grado de adopción por parte de técnicos y productores resulta todavía bajo, convirtiéndolo en una planificación técnica inconclusa e injustamente desvalorizada.

Prácticas de manejo integrado de enfermedades

1) Siembra de cultivares resistentes

La resistencia es una reacción de defensa del hospedante, resultante de una suma de factores que tienden a disminuir la agresividad y/o la virulencia del patógeno, una vez establecido el contacto con el hospedante. La planta actúa a través de mecanismos morfológicos y fisiológicos contra las distintas razas de patógenos. Los cultivares resistentes siempre han sido un componente esencial del manejo integrado de las enfermedades de trigo.

Las principales limitaciones actuales que cuenta la resistencia genética hacen referencia a los cambios poblacionales de varios patógenos. El incremento en el uso de fungicidas ha hecho también inducir a los productores a considerar a la resistencia genética como una herramienta complementaria pero no esencial en la elección de los cultivares.

Los cultivares de trigo difieren en variadas características como rendimiento, calidad, comportamiento sanitario, etc. La elección de los cultivares está mayormente condicionada por el potencial de rendimiento y la adaptabilidad a la región considerada. La resistencia genética a enfermedades es un carácter deseado siempre que la enfermedad genere importantes reducciones en el rendimiento y no haya otras alternativas de control. Obviamente, ante potenciales de rendimiento semejantes, aquel cultivar que posea resistencia estará mejor posicionado para su elección. Para los casos en que se decida seleccionar un cultivar susceptible por su alto potencial de rendimiento, deberá planificarse el uso adecuado de fungicidas como componente integrante de la inversión en la producción.

Por todo ello, para la elección de una variedad deberá contarse con toda la información disponible de los criaderos, semilleros y estaciones experimentales, sobre el comportamiento de los genotipos más difundidos. Preferentemente, se deberían emplear aquellos que equilibren rendimiento con buen comportamiento frente a enfermedades. Esto es especialmente importante para royas, pues las mismas no tienen capacidad de sobrevivir en los rastrojos ni en semillas y dada su biología es posible obtener cultivares con genes de resistencia. Aunque es considerada una práctica de manejo exitosa, el control de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) a través de la resistencia genética, ejerce un efecto a corto plazo, de aproximadamente 2 a 3 años, debido a la alta variabilidad genética del patógeno (Carmona et al., 2000). Por esta razón, se ha observado que muchos cultivares han aumentado su susceptibilidad año tras año. Por lo tanto, no debe olvidarse, que el uso reiterado y difundido de un mismo cultivar para una zona dada puede causar el “quiebre” de esta resistencia y provocar graves epidemias con las consecuentes pérdidas económicas (Carmona y Annone, 2005).

Dentro del espectro de resistencia se distingue la resistencia raza-específica o cualitativa, típica de las relaciones biotróficas, gobernada por uno o unos pocos genes de resistencia (genes R), respecto de la resistencia no específica o cuantitativa, gobernada por numerosos genes. Ejemplos de resistencia específica se encuentran para el caso de las royas, como para el patosistema *P. triticina*-trigo, donde gracias a los avances que se han realizado en los últimos años a través de técnicas moleculares, se ha logrado localizar

marcadores ligados a genes R. Sin embargo, avances menores se han realizado para detectar e incorporar fuentes de resistencia cuantitativa o no específica, asociada con patógenos necrotróficos. Ejemplos de este tipo de resistencia se encuentran en el caso de *Mycosphaerella graminicola* (Syn: *Zymoseptoria tritici*) y *Fusarium graminearum*, para los que se han detectado genes mayores, identificando su ubicación cromosómica y los marcadores moleculares cercanos asociados, y también diversos QTLs (Simón y Annone, 2014). Para la Mancha Amarilla, causada por *Pyrenophora tritici-repentis*, se han detectado 8 razas fisiológicas en base a los síntomas que un aislado particular produce en variedades o líneas específicas de trigo (Lamari et al., 2003). No obstante, se ha postulado la existencia de razas adicionales (Moreno et al., 2008). Los estudios genéticos han observado que la resistencia a la mancha amarilla está controlada por múltiples genes mayores, la mayoría de los cuales han sido identificados como genes de insensibilidad a toxinas (Singh et al., 2010). También se han identificado otros genes mayores adicionales no relacionados con la insensibilidad a toxinas y QTLs. Sin embargo, Moreno et al. (2015) no encontraron correlación entre razas argentinas del patógeno y genes de toxinas, proponiendo que existe una estructura compleja de razas de *P. tritici-repentis* en Argentina. Es debido a esta compleja interacción entre diferentes genes R, que todos ellos deben ser incorporados para desarrollar cultivares con resistencia efectiva y durable (Singh et al., 2010). Actualmente, las investigaciones continúan en todo el mundo para seguir identificando y principalmente para incorporar este tipo de resistencia a cultivares de trigo.

Por último, no debe confundirse la resistencia cuantitativa con la tolerancia. Esta última implica que para dos variedades con el mismo nivel de intensidad de enfermedad aquella que rinde más será “tolerante” a la enfermedad (Keane, 2012). Por esta razón, productores y técnicos deben prestar especial atención a aquellas variedades que en sus lotes rinden más ante el mismo nivel de presión de inóculo, condiciones ambientales, etc., que determinan iguales niveles de enfermedad.

Dos casos particulares: la roya negra o lineal del tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*) y la roya amarilla o estriada (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*)

Roya negra

De acuerdo con las referencias bibliográficas especializadas, la roya del tallo causada por *Puccinia graminis f. sp. tritici* tal vez sea una de las enfermedades de las plantas más destructivas (Roelfs, 1978; Carmona, et al., 2000; Leonard y Szabo, 2005; Park, 2007). Epidemias severas han sido registradas en varios países y regiones (Newcomb et al., 2016; Sibikeev et al., 2016; Terefe et al., 2016). En Argentina se registraron epidemias importantes en las campañas 1925/26, 1929/30, 1940/41 y 1950/51, generando daños de hasta 1,9 millones de toneladas para el período 1949-1958. Cultivos sanos pueden quedar totalmente destruidos en apenas unos pocos días (Antonelli, 2000). Hasta hace poco tiempo y debido a la disponibilidad de cultivares con resistencia a las distintas razas del patógeno, esta enfermedad había sido eficientemente controlada por el gen Sr31, hasta que en 1999 surgió una nueva raza en Uganda la denominada Ug99 o TTKS que afectó los trigos de ese país y Kenia dejando inefectivo al gen Sr31 (Antonelli, 2000; Pretorius et al., 2000; CIMMYT, 2005; Wolday et al., 2011). Más tarde apareció otra variante de esa raza que comenzó, junto con la Ug99, a doblegar los genes (Sr31, y Sr24) que durante muchos años habían otorgado resistencia a la mayoría de los genotipos de trigo del mundo (Jin et al., 2008; Campos, 2014). En Argentina, desde hace algunos años, varias zonas del país fueron invadidas gradualmente por la roya negra, primero en parcelas experimentales y ahora en lotes comerciales (Campos y López, 2008; Campos et al., 2015). De esta forma, lotes del norte de Santa Fe, Entre Ríos, y norte de Buenos Aires han mostrado síntomas de esta peligrosa enfermedad, que alertó a productores y asesores. Por ello y para nuestro país, el productor/asesor deberá informarse con los organismos oficiales como el INTA y el INASE, y con los semilleros sobre el comportamiento sanitario de los genotipos que desea sembrar. El monitoreo de los lotes y el eventual uso de fungicidas será clave en aquellos lotes donde se encuentre la enfermedad.

Roya amarilla

La roya amarilla del trigo causada por *P. striiformis* f. sp. *tritici* (PST), apareció por primera vez en Argentina alrededor de 1928-1930, generando importantes daños y pérdidas y obligó a sustituir a los cultivares de trigo de la época (Lindquist, 1982). La roya amarilla es también llamada lineal estriada o listada debido a la disposición de las esporas en forma de estrías o listas. Recibe además el nombre común de roya de la gluma (ex *Puccinia glumarum*) por infectar y fructificar en estos órganos. De las tres royas que atacan al trigo, la amarilla es la que requiere bajas temperaturas (12-18°C).

En nuestro país, la ocurrencia de la roya amarilla siempre fue esporádica. Por ello, nuestro país fue considerado siempre como zona “marginamente favorable”. Sin embargo con los cambios climáticos, la susceptibilidad de las variedades y la virulencia de nuevas razas, durante la campaña 2016/2017 con temperaturas anormalmente frescas, se registraron y cuantificaron epifitias que en varios casos requirieron intervención química.

Específicamente, los cultivares que se mostraron susceptibles con distintos niveles de severidad de roya amarilla fueron: DM Algarrobo, DM Fuste, Klein León, Klein Rayo, DM Ceibo, Klein Serpiente, BIOINTA 1008, Klein Lanza, Buck Claraz y Baguette 601 (Redes de Cultivares, en Campos et al., 2016)

La resistencia genética es la principal táctica para manejar esta enfermedad, pero en variedades susceptibles, la opción química constituye la única técnica disponible. Por todo ello la principal medida antes de la siembra será la de consultar a los semilleros e Institutos oficiales acerca de la susceptibilidad/resistencia de los cultivares a utilizar.

2) Sistema de labranza y rotación de cultivos para el manejo de manchas y pietín

La adopción del sistema de siembra directa (**SD**) ha aumentado considerablemente en el mundo y en Argentina en particular. Aunque presenta varias ventajas respecto a la preservación del recurso suelo, la supervivencia de algunos patógenos puede verse favorecida por la permanencia de los restos de residuos de cultivo sobre el suelo (Reis y Carmona, 2006). Por esta razón, la principal preocupación que enfrentan hoy los productores bajo **SD** es entender cómo implementar un manejo de las enfermedades compatibles con los principios y ventajas naturales de la **SD**.

La SD ha crecido extensamente, pero desafortunadamente con escasa rotación de cultivos e, incluso, cultivares. Bajo estas condiciones (principalmente bajo monocultivo), la **SD** puede generar excelentes condiciones para la multiplicación y supervivencia de patógenos, especialmente aquellos que pueden nutrirse de restos vegetales muertos tales como los agentes de manchas foliares y pudriciones radiculares (**Tabla 2**). Para este grupo de patógenos, llamados necrotróficos, el grado de remoción de los rastrojos del cultivo tiene un efecto directo en su capacidad de sobrevivir de una campaña a otra (**Tabla 3**).

Tabla 2. Importancia relativa de fuentes de inóculo en el desarrollo del ciclo biológico de los principales hongos causantes de enfermedades en trigo. (Carmona, 2005).

Inóculo primario (fuentes)	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Drechslera tritici-repentis</i>	<i>Zymoseptoria tritici</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	Royas	<i>Ustilago y Tilletia</i>	Pietín
1. Semillas	xxx	xx	?	X	-	xxx	-
2. Restos culturales (rastrajo)	xxx	xxx	xxx	xxx	-	-	XXX
3. Conidios en reposo en suelo	xx	-	-	-	-	-	-
4. Hospedantes secundarios	x	x	?	xxx	?	-	XX
5. Otros hospedantes cultivados	xx	x	?	xxx	?	-	X
6. Plantas voluntarias (guachas) y trigos sembrados más temprano	xx	x	xx	xx	xxx	-	xx

(-) No ocurre. (x) Poca importancia. (xx) Importante. (xxx) Mucha importancia. (?) Poca información disponible

Tabla 3. Preferencia en métodos de control de enfermedades de trigo y cebada. (Modificado de Kolhi y Reis, 1994).

Enfermedad	Método de Control			
	Resistencia Genética	Tratamiento de semilla	Rotación de cultivos	Control Químico
Roya de la hoja	***	*?	---	**
Roya del tallo	***	---	---	**
Roya estriada	***	---	---	**
Oídio	***	**	---	*
Carbón volador	***	**	---	---
Carbón cubierto	***	**	---	---
Fusariosis	***	---	---	**
Mancha marrón	*	***	***	**
Mancha amarilla o borrosa	*	***	***	*
Mancha en red	*	***	***	*
Escaldadura	*	**	***	*
Salpicado necrótico por <i>Ramularia</i>	*	?	***	***
Septoriosis	**	**	***	**
Rayado bacteriano	*	***	**	---
Pud. radicular común por <i>B. sorokiniana</i> ¹	---	**	***	---
Pietín		---	---	***

¹= Conidio inactivo en el suelo, *** Método preferido, ** Segunda preferencia, * Tercera preferencia, --- Control improbable.

Desde el punto de vista fitopatológico, la **rotación de cultivos** consiste en la siembra de una misma especie vegetal en un mismo lote, en una misma estación de cultivo, donde los restos culturales del cultivo anterior (de la misma especie) fueron eliminados biológicamente. En esta situación, el rastrojo fue descompuesto por la acción de los microorganismos del suelo de tal manera que el inóculo fue eliminado o mantenido por abajo del umbral numérico de infección. Contrariamente, el **monocultivo** consiste en el cultivo de la misma especie vegetal, en el mismo lote, donde sus propios restos culturales están presentes (Carmona y Sautua, 2014b).

Cuando se entierran los rastrojos o se los deja descomponer (al practicar rotaciones) se está disminuyendo la capacidad de supervivencia de los patógenos, y por lo tanto habrá menor cantidad de inóculo y disminuirá la intensidad de estas enfermedades. Por el contrario, la acumulación y permanencia de restos culturales provenientes de un cultivo enfermo es también acumulación y permanencia de estos patógenos necrotrofos hasta tanto no se descompongan.

Para la región pampeana sur, con bajas temperaturas medias respecto a la región central del país, experiencias en manejo de cultivos muestran que la rotación de cultivos con los mismos cereales de invierno (avena, trigo y cebada) bajo siembra directa, con un intervalo de 1 o más inviernos, es eficiente en reducir la incidencia y severidad de las manchas foliares (Carmona et al., 2001; Carmona, 2003). Esto obedece a que dichas especies no comparten susceptibilidad a los mismos patógenos. De esta forma, el planteo del cultivo de trigo como antecesor de cebada, de avena como antecesor del trigo y de cebada para la avena mostraron resultados promisorios para el manejo de manchas. Sin embargo, en algunas manchas el manejo vía rotación de cultivo resulta poco eficiente. Así, por ejemplo, el agente causal del salpicado necrótico de la cebada, se disemina muy eficientemente por el viento lo que anula el efecto de la rotación. Algo similar podría ocurrir en trigo con *Z. tritici*, cuyo estado sexual (*Mycosphaerella graminicola*) puede también desplazarse varios km desde su fuente de inóculo (Hunter et al., 2002).

3) Tratamiento eficiente de semillas

Debe destacarse que a través de la semilla los patógenos son llevados a distancias considerables, como por ejemplo de un país a otro, durante el proceso de comercialización. De esa forma, por ejemplo, la mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) ha sido introducida en nuestro país (Carmona et al., 2006). La semilla también reintroduce el patógeno en los cultivos donde se practica la rotación de cultivos. A través del tratamiento de semillas con fungicidas se busca evitar la introducción de los patógenos que por ellas se transmitan. También la posibilidad de diseminación de nuevas razas de patógenos por la semilla infectada, justifica el tratamiento químico, especialmente para el intercambio internacional. La finalidad "agronómica" del control de patógenos asociados a la semilla es evitar la transmisión desde ésta última a la plántula y mantener la intensidad de enfermedad por debajo del UDE en estadios iniciales del cultivo (Reis et al., 1999). Se destaca que, no sólo debe tratarse la semilla contra carbores, sino, principalmente contra los patógenos causantes de manchas foliares. Un tratamiento de semillas con fungicida se considera eficiente cuando se logra la erradicación de los patógenos objeto de control. Cuanto más elevado sea el porcentaje de infección, menor será la eficiencia de control y, contrariamente, cuanto menor sea la incidencia mayor será la posibilidad de eliminar el inóculo. La eficiencia depende, además de la potencia del fungicida, de la dosis empleada y de la calidad de cobertura de la superficie de semilla.

Cabe destacar que, bajo condiciones de monocultivo, con rastrojo infestado por fructificaciones de hongos causantes de manchas, no se debería tratar la semilla específicamente para el control de los mismos, pues el inóculo abundante proveniente de esos rastrojos anularía el efecto del tratamiento en la semilla (Carmona et al., 1999).

Durante los últimos años se han desarrollado tratamientos de semilla alternativos, basados en la utili-

zación de agentes de control biológico, como por ejemplo microorganismos inductores de la resistencia de las plantas. Experiencias promisorias de control de patógenos de semilla de trigo y cebada se han llevado a cabo en Argentina, mediante el tratamiento de semillas con *Trichoderma harzianum* (Scandiani et al., 2015). Esta especie fue registrada en el SENASA como el primer biofungicida para semillas.

El tratamiento químico de la semilla de trigo es una medida que complementa a la rotación de cultivos en el manejo de enfermedades necrotróficas como la mancha amarilla.

4) Nutrición del cultivo

El estado nutricional es un factor del ambiente que influye en el hospedante y que también puede incidir significativamente en el proceso infectivo de los patógenos (Carmona y Sautua, 2011). De manera general, los nutrientes pueden afectar el desarrollo de la enfermedad a través de su impacto en la fisiología de la planta y/o mediante su efecto sobre los patógenos (Dordas, 2008). Es necesario destacar que la interacción nutriente-planta-enfermedad es compleja y no siempre presenta el mismo comportamiento. De esta manera, una determinada situación nutricional, o un nutriente en particular, puede influir en la disminución de la severidad de un determinado patógeno, pero puede, sin embargo, incrementar la intensidad de la enfermedad causada por otro patógeno, o no generar ningún cambio. A modo de ejemplo, los parásitos necrotróficos, como los causantes de manchas, colonizan de mejor manera los tejidos poco vigorosos, débiles o deficitarios de nutrientes. En estos casos, la fertilización principalmente con nitrógeno, puede cambiar el estado de la planta, y la intensidad de la enfermedad puede detenerse o disminuir su severidad. Este efecto es común observarlo en campos "nutricionalmente pobres" y afectados por la mancha amarilla del trigo (*D. tritici-repentis*), donde luego de la fertilización nitrogenada se observa una recuperación del estado del lote y una disminución de la intensidad de la enfermedad. Para los parásitos biotróficos (royas, oídios), la tendencia resulta ser inversa.

Los **parásitos necrotróficos** como los causantes de manchas, colonizan de mejor manera los tejidos poco vigorosos deficitarios de nutrientes. Para los **parásitos biotróficos** (royas, oídios), la tendencia resulta ser inversa.

Muchas son las enfermedades de los cultivos extensivos que han disminuido su intensidad ante la fertilización con potasio (**K**), como por ejemplo con el agregado de cloruro de potasio (**KCl**). A modo de ejemplo, en el cultivo de trigo se mencionan en la bibliografía entre otras: manchas foliares por *Z. tritici*, *D. tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana* en trigo (Fixen et al., 1986; Timm et al., 1986; Cook et al., 1993; Mann et al., 2004; Sharma et al., 2005; Mercado et al., 2007). Igualmente, persisten en este cultivo dudas acerca de los efectos del **KCl** en el manejo de enfermedades, donde se genera una discusión interesante acerca de si el efecto es por el cloro (**Cl**) o por **K** y/o su interacción con la susceptibilidad de los genotipos evaluados.

Otro elemento importante es el fósforo, se ha demostrado una reducción en las pérdidas producidas por podredumbres por *Pythium*, mediante fertilizaciones fosfatadas (Huber, 1980; Huber y Graham, 1999). Para el caso de los microelementos, en el cultivo de trigo, la aplicación de boro (**B**), manganeso (**Mn**) y zinc (**Zn**) redujo significativamente la severidad de la mancha amarilla del trigo cuando fueron aplicados en encañazón (Simoglou y Dordas, 2006). Un caso interesante de la relación estatus nutricional-intensidad de ataque se observa en el pietín. Un déficit de nutrientes, aporte de **N** como nitrato, falta de **P** y de **Mn**, predisponen más a las plantas al ataque de esta pudrición radicular (Cook y Veseth, 1991) Finalmente, es necesario recordar que la fertilización constituye un factor influyente y colabora con el manejo sanitario, pero no es una herramienta de control si se la utiliza en forma aislada.

5) Sistemas de predicción de enfermedades

El desarrollo del proceso infeccioso de las enfermedades fúngicas de las plantas y su epidemiología depende, entre otros factores, de las condiciones climáticas favorables (Carmona et al., 2012). Predecir es estimar el futuro del cultivo y los eventuales daños causado por alguna enfermedad. La Fusariosis de la espiga de trigo es la enfermedad de más difícil control en todo el mundo. La técnica de aplicación, la oportunidad ambiental para la misma, la dificultad para mojar con fungicidas las anteras sueltas y presas, la asincronía de la floración y la incertidumbre para la predicción de las condiciones predisponentes son algunas de las causas que explicarían la baja eficiencia de control. Por este motivo, para la *Fusariosis*, conocer las condiciones ambientales es de fundamental importancia ya que el ambiente es el protagonista directo más relacionado con la severidad de la enfermedad. Para estimar los valores de la enfermedad existen modelos que han sido desarrollados en Argentina por Moschini y Fortugno (1996), Moschini y Carmona (1998), Moschini et al. (2001), y Moschini et al. (2004).

Una de las herramientas más prácticas, fáciles y útiles con que cuentan productores y asesores es la consulta de los mapas de riesgo de la Fusariosis en la región pampeana elaborada por el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar. Allí, con los datos de predicción de los modelos elaborados por Moschini y colaboradores, se diagraman mapas de riesgo de esta enfermedad. Para cada subregión triguera y por fecha de espigazón, los días lunes, miércoles y viernes se confeccionan mapas que detallan la distribución espacial del grado de riesgo estimado. Para varios sitios y fechas de espigazón se grafica la evolución del Índice de Fusarium (enfoque fundamental-empírico) de la campaña actual y de ciclos de cultivo caracterizados por ataques severos de la enfermedad y puede consultarse en la web. Los modelos existentes para esta enfermedad han contribuido significativamente en la decisión de su control químico.

Los mapas de riesgo de la Fusariosis en la región pampeana elaborados por el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar se pueden consultar en: (http://climayagua.inta.gob.ar/mapas_del_grado_de_riesgo_de_la_fet)

6) Monitoreo

Debe quedar claro que a través del monitoreo se determina el verdadero “status” de un determinado patógeno en el campo. Con esta técnica se lleva a cabo el diagnóstico, se detectan cambios de comportamiento varietal (quiebres de la resistencia), se cuantifica el nivel ataque (*Incidencia y Severidad*), y se determina el nivel de intensidad de enfermedad presente en el lote para su comparación con el umbral de decisión. Por lo expuesto, el monitoreo debe ser considerado obligatorio e imprescindible dentro del MIE (Carmona y Reis, 2001; Carmona et al., 2012, 2014a, 2014c).

El monitoreo debe ser considerado obligatorio e imprescindible dentro del MIE. El monitoreo deberá consistir en dos visitas semanales para seguimiento de las royas o detección de salpicado necrótico por *Ramularia* de la cebada, y de una vez por semana para las manchas clásicas

La determinación de la **incidencia (I)**, estimada como el porcentaje de hojas enfermas respecto al total de hojas evaluadas, debe realizarse separando las hojas verdes y expandidas portadoras de síntomas de aquellas sanas. La I es considerada como una variable objetiva de fácil y rápida determinación. Se considerará hoja infectada con roya a aquella que presente al menos una pústula esporulante y hoja infectada por manchas foliares a aquella que tuviera como mínimo una lesión mayor a 2 mm (Carmona et al., 2012; Carmona et al., 2014c). La metodología por lote consiste en muestrear al menos

50 macollos principales al azar en el cultivo siguiendo un recorrido en zigzag, separar las hojas sin síntomas (totalmente sanas) de las que presenten síntomas y calcular:

$$I(\%) = \text{Número he} / \text{Th} \times 100$$

donde: he = hojas enfermas; Th = total de hojas.

Si existe más de una enfermedad por hoja se deberá evaluar por separado cada una de ellas. Por ejemplo, si coexisten, roya y manchas, la misma muestra será evaluada dos veces. Es conveniente realizar el monitoreo aún en cultivares que mostraron resistencia en campañas anteriores, para detectar en forma anticipada la posibilidad de un quiebre de la misma.

7) Uso de fungicidas

El control químico o quimioterapia constituye una herramienta muy útil que debe formar parte de una estrategia definida de manejo integrado de las enfermedades (Reis y Carmona, 2013a). La aplicación eficiente de fungicidas ha demostrado en muchos cultivos, aumentos significativos de los rendimientos y de la calidad de la producción. Desde el punto de vista epidemiológico, el uso de fungicidas puede reducir el inóculo inicial (ej. tratamiento de semillas) y/o disminuir la tasa de infección (aplicación foliar). Esta técnica debe ser usada racionalmente para poder asegurar el retorno económico de la aplicación y evitar contaminaciones innecesarias. Es importante recordar que los fungicidas no deben aplicarse preventiva ni tardíamente, solamente y sí sólo cuando los valores de una determinada enfermedad alcancen el umbral de aplicación (Carmona et al., 2014c). Una excepción merece destacarse: en el caso de la *Fusariosis*, donde por sus características epidemiológicas, el tratamiento debería ser de carácter preventivo.

Otro aspecto fundamental de las buenas prácticas agrícolas es respetar las dosis de campo indicadas en los marbetes de los productos fitosanitarios, y usar mezclas de principios activos con diferente mecanismo bioquímico de acción. El uso de dosis bajas, medias dosis o monomoléculas o las dosis divididas de fungicidas frecuentes en la región pampeana, aumenta la probabilidad del surgimiento de razas que sean menos sensibles al control químico, tal como ya ocurrió con la roya naranja o de la hoja. Por ello, se aconseja utilizar mezclas de moléculas (por ej. estrobilurina más triazol o estrobilurina mas carboxamida y/o más triazol, respetar la dosis recomendada, y aplicar en momento correcto sin llegar tarde (umbrales).

Los fungicidas no deben aplicarse preventiva ni tardíamente, solamente cuando los valores de una determinada enfermedad alcancen el umbral de aplicación

Los denominados umbrales de daño económico (**UDE**) y de acción (**UDA**) no son más que el máximo nivel de enfermedad tolerable económicamente en los lotes. Estos umbrales son lo suficientemente bajos como para fortalecer y aprovechar las principales acciones de un fungicida: las acciones preventiva y curativa, y para frenar la elevada tasa de multiplicación del patógeno que se registra en los comienzos de una epidemia. El **UDA** es un valor de intensidad de la enfermedad donde el control debe ser tomado para evitar que se exceda el **UDE**. Por lo tanto, el **UDA** siempre es menor al **UDE**, y sólo se justificará la aplicación en el momento en que se alcance el **UDA**.

El período de protección de un fungicida (y por lo tanto la posibilidad de reinfección de un patógeno policíclico) depende del nivel de enfermedad al momento de la aplicación, tipo y dosis de la molécula química, tecnología de la aplicación, y variables climáticas al momento de la aplicación, entre otros factores.

Por lo tanto, definir el momento de aplicación de fungicidas no es una tarea sencilla y no debe hacerse guiado solo por un criterio. Por el contrario, la complejidad con que nos enfrentamos es muy diversa y debe ser analizada profundamente. La toma de decisión necesariamente nos obliga a considerar diversos aspectos de forma integral, ya que múltiples variables interactúan entre sí, desde la epidemiología con el hospedante, el fungicida no solo con el hongo sino también con las variables económicas y ambientales, etc. A la hora de aplicar un fungicida, es necesario analizar los atributos del patógeno (si es mono o policíclico, sus razas, la presión de inóculo, etc.); del hospedante (estadio del cultivo respecto al período crítico de generación de rendimiento, grado de susceptibilidad, rendimiento potencial); del fungicida (dosis, tipo de molécula), del ambiente (presencia de rocío, lluvias, temperatura, horas de mojado foliar, etc.); y el análisis económico de daños e inversión. En este contexto, los **UDE** y **UDA** actualizados, en conjunto con pronósticos climáticos, podrán ser una buena referencia para optimizar la decisión. Es recomendable utilizar como referencia los umbrales de daño desde encañazón hasta inicio de grano lechoso (Carmona y Reis, 2001; Carmona et al., 2012; Carmona et al., 2014c; Carmona y Sautua, 2015).

Umbrales sugeridos para la aplicación química en el cultivo de trigo

Para el cultivo de trigo y de acuerdo con los precios y costos actuales, se propone como umbrales orientadores los presentados en la **Tabla 4**.

Para analizar el comportamiento sanitario de los cultivares sembrados chequear las fuentes oficiales, por ej. <http://inta.gov.ar/documentos/panorama-y-comportamiento-sanitario-de-variedades-de-trigo-en-la-zona-norte-de-la-provincia-de-bs-as.-campana-2015>

Tabla 4. Propuesta de Umbrales de Daño Económico (UDE) y de acción (UDA) para la campaña 2016/2017 para diferentes rendimientos potenciales y costos de fungicidas (Carmona y Sautua, 2015).

Umbrales para trigo (% Incidencia)								
Precio Trigo (US\$/t): 170								
Costo Fungicida (US\$/ha)	20				30			
	Royas		Manchas Foliares		Royas		Manchas foliares	
Rinde Potencial (kg/ha)	UDE	UDA	UDE	UDA	UDE	UDA	UDE	UDA
2000	9.6	7.68	34.2	27.3	14.4	11.52	42.7	34.1
3000	6.4	5.12	28.5	22.8	9.6	7.68	34.2	27.3
4000	4.8	3.84	25.6	20.5	7.2	5.76	29.9	23.9
5000	3.8	3	23.9	19.1	5.8	4.61	27.3	21.8
6000	3.2	2.56	22.7	18.2	4.8	3.84	25.6	20.5

Nota: UDE y UDA expresados como % de incidencia foliar: $I (\%) = (he/Th) * 100$ (Donde: he = hojas enfermas; Th = total de hojas muestreadas). La ventana de aplicación se extiende desde inicio de encañazón (Z30) hasta inicio de grano lechoso (Z70).

En general, al momento de aplicar fungicidas prevalece la idea de priorizar sus efectos sobre la planta más que sobre el patógeno (Carmona et al., 2014c; Carmona y Sautua 2015). Existe una aceptación generalizada entre productores y asesores que el principal objetivo de un fungicida es

“proteger y curar” al trigo sin tener presente que dicha tarea se realiza mediante su acción sobre los patógenos. De esta forma, muchos fungicidas son aplicados en función del estadio fenológico o con la misión de que las hojas involucradas en la generación de rendimiento reciban el químico, aún sin considerar el nivel de enfermedad presente, asemejando a un “barniz” protector que debe durar numerosos días. Es tanta la insistencia en pensar primero en la planta (visión fitocéntrica), que muchos deciden aplicar fungicidas con la misión fundamental de proteger la hoja bandera y la inmediata inferior. En este único marco de análisis es altamente probable que, por ejemplo, al momento de aplicar el cultivo presente pústulas o manchas en las hojas inferiores (principales multiplicadores de la enfermedad en el lote) sobrepasando los **UDE** y **UDA**, lo cual genera daños y pérdidas irreversibles. Comprender la fisiología del hospedante es de importancia, pero no debe ser la única información que guíe la aplicación de fungicidas. Esta visión fitocéntrica puede llevar a un atraso de la aplicación, o a una ineficiencia de la acción química de control. Experiencias previas han demostrado que mientras los umbrales para la roya del trigo recomendaban aplicar con 5-10% de incidencia (por ej. cuando 5-10 hojas sobre 100 tenían roya), muchos productores prefirieron esperar la aparición de la hoja bandera para realizar la aplicación. Esto permitió que la población del patógeno creciera en las hojas inferiores en el tiempo y en el espacio. Bajo estas condiciones, la eficiencia y persistencia del fungicida disminuye drásticamente, pues el/los principio/s activo/s debe/n combatir a una superpoblación de patógenos en crecimiento que con las dosis habituales de uso no lo podrá/n hacer de manera efectiva y duradera. Aquí yacen muchas de las razones que explican las reinfecciones, o sensaciones de “fallas químicas de control” (Carmona y Sautua, 2015).

El control de patógenos no debe basarse en el estado fenológico del cultivo, sino en el **UDE** o **UDA**.

El fungicida es una herramienta para manejar poblaciones de hongos. Es preciso entonces que el productor otorgue importancia también a las hojas inferiores enfermas (más aún si se trata de variedades muy susceptibles). Ellas podrán aportar menos al rendimiento respecto de las del estrato superior, pero aportan el inóculo necesario para la multiplicación y a la diseminación de los patógenos. Es necesario frenar la elevada tasa de multiplicación del/los patógenos que se registra en los comienzos de una epidemia. Estos valores más bajos de incidencia o severidad son los más importantes y deben ser detectados mediante un correcto y frecuente monitoreo desde el estadio de encañazón (Z31) en adelante. Cuánto más pequeña sea la población del patógeno al momento de la aplicación, mayor será su control y la persistencia del fungicida utilizado. Cuando los fungicidas son aplicados oportunamente y a la dosis recomendada se produce una disminución del inóculo presente en el lote y esta es una manera de ejercer “protección indirecta” sobre hojas que aún no emergieron, ya que disminuye el inóculo en el lote.

Control de royas

Existen nuevas razas de la roya anaranjada o de la hoja de trigo. En Brasil se ha comprobado que estas nuevas razas (que están presentes también en Argentina y Uruguay) son significativamente más sensibles a las estrobilurinas que a los triazoles (Reis y Carmona, 2012). Por todo ello, ante la presencia de la roya naranja, es recomendable usar mezclas de triazoles más estrobilurinas, o las nuevas mezclas que incluyan también carboxamidas ya que se observa a campo mayor control y tiempo de protección en comparación a cuando se usan sólo triazoles. Estas últimas moléculas también controlan la roya de la hoja, pero con mucho menos eficiencia que las mezclas. Asimismo, las mezclas controlarían a las manchas foliares. En campañas anteriores, muchos productores optaron por utilizar triazoles solos y obtuvieron un menor control de roya naranja y un menor periodo de protección, lo que generó reinfecciones tempranas y necesidad de re-aplicar. Esta es otra de las razones que explicarían

“fallas químicas de control”. Las estrobilurinas y carboxamidas en mezclas con triazoles ejercen una excelente acción protectora evitando la entrada de patógenos a las plantas, razón por la cual deberían aplicarse las mezclas con base científica, es decir, a tiempo y según el UDA.

Control de Fusariosis

El manejo químico de la Fusariosis se diferencia de las enfermedades foliares, pues por sus características epidemiológicas, deberán seguirse los sistemas de predicción ya descritos y considerar que los fungicidas más utilizados y eficientes para controlar esta enfermedad son: metconazole, tebuconazole, prothioconazole y bencimidazoles (Reis y Carmona, 2013b). Debido a las características inherentes de este patógeno no es posible el control después de la aparición de los síntomas. Por eso, el control de esta enfermedad debe ser preventivo, aun cuando se utilicen fungicidas de acción sistémica.

Los órganos a proteger deben ser las anteras expuestas y las presas, pues son los órganos susceptibles a la infección. Consecuentemente, el período de predisposición del trigo se extiende desde la aparición de las primeras anteras hasta cerca de la madurez. Si se aplicara un fungicida, debería hacerse en plena floración, cuando el cultivo presente la mayor proporción de espigas con anteras expuestas (aproximadamente al 7mo u 8vo día desde el comienzo de la espigazón), de modo de proteger al mayor número de anteras y evitar las pérdidas más elevadas que ocurrirían si la infección comienza en el inicio de la floración (Reis y Carmona, 2013b). Pulverizaciones después de la floración sólo se justificarían económicamente si el nivel de anteras presas es considerable (el número de las anteras presas puede ser elevado dependiendo del ambiente y genotipo). Muchas veces las anteras presas pueden ser más importantes que las sueltas

Consideraciones finales

El **Manejo Integrado de Enfermedades** es un proceso continuo y dinámico que considera a las enfermedades dentro del agroecosistema. Manejo significa gobernar y conducir una población de patógenos dentro de una población de plantas, sin dañar el ecosistema. La combinación de prácticas culturales asociada al empleo de otras formas de control de enfermedades, como la quimioterapia, uso de la nutrición, modelos de predicción y la resistencia genética, es la piedra fundamental del MIE. Sin embargo, se debe tener en cuenta que cada situación sanitaria particular requerirá también un enfoque diferente donde se establecerá, para cada caso, la aplicación de algunas o todas de las medidas de control integradas. En relación al control con fungicidas, esta medida está necesariamente incluida dentro del MIE, siempre que la misma sea económica y ambientalmente sustentable. Para ello, los umbrales para la aplicación química en el cultivo de trigo junto con las técnicas de monitoreo fueron desarrollados para asistir la toma de decisión de técnicos y productores. Ellos son sólo un marco de referencia que agiliza y fortalece la certidumbre de la aplicación.

Bibliografía

Antonelli, E.F. 2000. La roya negra o del tallo (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*): una ilustre ausente de los campos de trigo en Argentina ¿Por cuánto tiempo más? Editado por Ing Agr E. F. Antonelli. 42 pp.

Campos, P. 2014. Royas del Trigo. Capítulo 4 V Pag. 223-244. En: Enfermedades del trigo. Avances científicos en la Argentina. Coordinadoras: Cristina A. Cordo y Marina N. Sisterna. 1ra Ed. La Plata EDULP. Octubre 2014. 416 p. ISBN 978-987-1985-35-7.

Campos, P. Formento, N Couretort, L. & Alberione, E. 2016 Aparición epifítica de roya amarilla del trigo en la región pampeana argentina. <http://inta.gov.ar/documentos/aparicion-epifitica-de-roya-amarilla-del-trigo-en-la-region-pampeana-argentina>, acceso octubre 2016.

Campos, P.E., y J.R. López. 2008. Caracterización de aislamientos de *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*, agente causal de roya del tallo de trigo y su virulencia sobre cultivares de trigo pan. VII Congreso Nacional de Trigo. Santa Rosa, La Pampa. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-4__roya_de_trigo.pdf

Campos, P., M. Martínez, y R. Moschini. 2015. <http://inta.gob.ar/documentos/roya-del-tallo-del-trigo.-analisis-de-la-campana-2014-1>. fecha de revisión 10/10/2015

Carmona, M. 2003. Rotación de cultivos. Una herramienta para el manejo de plagas, malezas y enfermedades. Rotación de cultivos La rotación de cultivos: el porqué de su escasa adopción, la relación con la Siembra Directa y sus efectos positivos para el agroecosistema y el manejo de enfermedades. XI Congreso de AAPRESID, Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa, pp 70-77.

Carmona, M. 2005. Manejo Integrado de las enfermedades del cultivo de trigo. Pp. 40 ISBN: 987-43-3784-2

Carmona, M. y J. Annone. 2005. Manual para la identificación de las enfermedades del trigo. INTA Pergamino y FAUBA. 20 pp.

Carmona, M., M. Ferrazini, D.E. Barreto. 2006. Tan spot of wheat caused by *Drechslera tritici repentis*: Detection transmission and control in wheat seed. Cereal Research Communications, 34 (2-3):1043-1049.

Carmona, M., y E.M. Reis. 2001. Sistema de puntuación para la evaluación del potencial de producción del cultivo de trigo. Su utilidad para la aplicación racional y económica de fungicidas. Ed. M. Carmona. 24 pp.

Carmona, M., E. Reis, y P. Cortese. 1999. Manchas foliares del trigo. Diagnóstico, Epidemiología y nuevos criterios para el manejo. 32 pp. ISBN 987-43-1253-X.

Carmona, M.; Reis, E. M. y Cortese P. 2000. Royas del Trigo. Diagnóstico, epidemiología y estrategias de control. 21 pp. ISBN 987-43-2641-7.

Carmona, M., y F. Sautua. 2011. Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. Actas Simposio Fertilidad 2011. Ed IPNI (International Plant Nutrition Institute) y Fertilizar 73- 82 pp. 18 y 19 de mayo, Rosario, Argentina.

Carmona, M., y F. Sautua. 2014a. Conceptos básicos del manejo integrado de enfermedades (MIE). En: Enfermedades del trigo: Avances científico en la Argentina. Cordo C., Sisterna M. (Eds.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), La Plata, Bs. As. pp. 345-348. ISBN 9789871985357.

Carmona, M., y F. Sautua. 2014b. Control de enfermedades por prácticas culturales. En: Enfermedades del trigo: Avances científico en la Argentina. Cordo C., Sisterna M. (Eds.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), La Plata, Bs. As. pp. 371-378. ISBN 9789871985357.

Carmona, M., y F. Sautua. 2015. Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. 85 pp. FAUBA-BASF.

Carmona, M., F. Sautua, y E.M. Reis. 2012. Sistemas de ayuda a la decisión de control químico en cultivos de trigo y cebada. 155-166 pp. En Cereales de invierno: la investigación científico-técnica desarrollada por el INBA, CONICET-FAUBA, el BIOLAB Azul, CIC-PBA-FIBA-FAUNCPBA, la Facultad de Agronomía-UBA y la Facultad de Agronomía-UNCPBA / compilado por Sebastián A. Stenglein, W. John Rogers, M., Carmona y R. Lavado. 2012. 1ª ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 238 p. ISBN 978-950-658-301-9.

Carmona, M., F. Sautua, y E.M. Reis. 2014c. Control de enfermedades fúngicas del trigo mediante fungicidas. En: Enfermedades del trigo: Avances científico en la Argentina. Cordo C., Sisterna M. (Eds.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), La Plata, Bs. As. pp. 349-370. ISBN 9789871985357.

Carmona, M., V. Sugía, A. Schmidt, y S.V. Delfino. 2001. Control potencial de manchas foliares de trigo, cebada y avena por la rotación de cultivos. Directa. Congreso Nacional de trigo y III Simposio Nacional de cereales de invierno, Villa Carlos Paz, Córdoba, 24 al 28 de setiembre de 2001. Publicado en Actas (cd)

CIMMYT. 2005. Sounding the Alarm on Global Stem Rust: An Assessment of Race Ug99 in Kenya and Ethiopia and the Potential for Impact in Neighboring Countries and Beyond. Mexico City, Mexico: CIMMYT.

Cook, J.W., P.S. Kettlewell, y D.W. Parry. 1993. Control of *Erysiphe graminis* and *Septoria tritici* on wheat with foliar-applied potassium chloride. Journal of the Science of Food and Agriculture, 63:126.

Cook, J. R: Veseth, R.J. 1991. Wheat Health Management. APS 152 pp. ISBN-10: 0890541116.

- Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28 (1):33-46.
- Fixen, P.E., G.W. Buchenau, R.H. Gelderman, T.E. Schumacher, J.R. Gerwing, F.A. Cholik, y B.G. Farber. 1986. Influence of soils and applied chloride on several wheat parameters. *Agronomy Journal*, 78:736-740.
- Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. In *Plant Disease, An Advanced Treatise, Volume 5, How Plants Defend Themselves*. En: Horsfall J.G., Cowling E.B. (Eds.), Academic Press, New York, pp. 381-406.
- Huber, D.M., y R.D. Graham. 1999. The role of nutrition in crop resistance and tolerance to disease. En: Rengel Z. (Ed.), *Mineral nutrition of crops fundamental mechanisms and implications*, Food Product Press, New York, pp. 205-226.
- Hunter, T., R.R. Coker, y D.J. Royle. 2002. The teleomorph stage, *Mycosphaerella graminicola*, in epidemics of septoria tritici blotch on winter wheat in the UK. *Plant Pathology*, 48 (1):51-57.
- Jin, Y., L.J. Szabo, Z.A. Pretorius, R.P. Singh, R. Ward, y T., Jr Fetch. 2008. Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease*, 92:923-926.
- Keane, P.J. 2012. Horizontal or Generalized Resistance to Pathogens in Plants. In: *Plant Pathology*. Cumagun, C.J.R. (Ed.). InTech, Croatia. ISBN 978-953-51-0489-6. pp. 327-362.
- Kolhi, M. M. & Reis, E.M. 1994. Estrategias en el control de enfermedades de trigo. *Actas de Conferencias del III Congreso Nacional de Siembra Directa*. pp. 174-192.
- Lamari, L., Strelkov, S.E., Yahyaoui, A., Orabi, J., Smith, R.B. 2003. The identification of two new races of *Pyrenophora tritici-repentis* from the host center of diversity confirms a one-to-one relationship in tan spot of wheat. *Phytopathology* 93:391-396.
- Leonard, K.J., y L.J. Szabo. 2005. Pathogen profile. Stem rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Mol. Plant Pathology*, 6:489-489.
- Lindquist, J. C. 1982. *Royas de la República Argentina y zonas limítrofes*. Colección científica del INTA. 574 p.
- Mann R.L., P.S. Kettlewell, y P. Jenkinson. 2004. Effect of foliar-applied potassium chloride on septoria leaf blotch of winter wheat *Plant Pathology*, 53:653-659.
- Mercado D., M. Vergnes, E. Renard, E. Duveiller, y H. Maraite. 2007. Effect of potash deficiency on host susceptibility to *Cochliobolus sativus* causing spot blotch on wheat. In: H.T. Buck et al. (Eds.), *Wheat production in stressed environments*, 273-279.
- Moreno, M.V., Stenglein, S.A., Balatti, P.A., Perelló, A.E. 2008. Pathogenic and molecular variability among isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*, causal agent of tan spot of wheat in Argentina. *Eur J Plant Pathol* 122:239-252.
- Moreno, M.V., Stenglein, S., Perelló, A.E. 2015. Distribution of races and Tox genes in *Pyrenophora tritici-repentis* isolates from wheat in Argentina. *Tropical Plant Pathology* 40(2):141-146.
- Moschini, R., y M. Carmona. 1998. Fusariosis en trigo. Nuevo enfoque para su control para el área de Balcarce. *Revista ALEA Informa*. Año 1 N° 8:16-20.
- Moschini, R.C., M.R. Carranza, y M.A. Carmona. 2004. Meteorological-based predictions of wheat head blight epidemic in the southern argentinean pampas region. *Cereal Research Communications*, 32 (1):45-52.
- Moschini, R., y C. Fortugno. 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. *European Journal of Plant Pathology*, 102:211-218.
- Moschini, R., R. Pioli, M. Carmona, y O. Sacchi. 2001. Empirical predictions of wheat head blight in the Northern Argentinean pampas region. *Crop Science*, 41:1541-1545.
- Newcomb, M., P.D. Olivera, M.N. Rouse, L.J. Szabo, J. Johnson, S. Gale, D.G. Luster, R. Wanyera, G. Macharia, S. Bhavani, D. Hodson, M. Patpour, M.S. Hovmøller, T.G., Jr. Fetch, y Y. Jin. 2016. Kenyan isolates of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* from 2008 to 2014: Virulence to SrTmp in the Ug99 race group and implications for breeding programs. *Phytopathology*, 106:729-736.
- Park, R. 2007. Stem rust of wheat in Australia. *Crop and Pasture Science*, 58:558-566.

- Pretorius, Z.A., R.P. Singh, W.W. Wagoire, y T.S. Payne. 2000. Detection of Virulence to Wheat Stem Rust Resistance Gene Sr31 in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda. *Plant Disease*, 84 (2):203.
- Reis, E.M., D. Barreto, y M. Carmona. 1999. Patología de semillas en cereales de invierno. Buenos Aires, Argentina: Carmona M., (ed.).
- Reis, E M y Carmona, M.A, 2006 Bases para el manejo integrado de enfermedades en sistemas de siembra directa. XIV Congreso AAPRESID. pp.11-26.
- Reis, E.M., y M.A. Carmona. 2012. Capítulo: Sensibilidad de razas de *Puccinia triticina* a fungicidas. II Simposio Nacional de Agricultura, FAGRO - GTI Agricultura y IPNI Cono Sur, pp. 89-94 ; Ed Universidad de la República, Montevideo, Uruguay- Hemisferio Sur. ISBN 978-9974-0-0781-9.
- Reis, E.M., y M.A. Carmona. 2013a. Classification of fungicides. In: Fungicides: Classification. Role in Disease Management and Toxicity Effects. pp 91-104. Editorial Nova Science Publishers, Inc. 400 Oser Avenue, Suite 1600 Hauppauge, NY 11788.
- Reis, E.M, y M.A. Carmona. 2013b. Integrated disease management of Fusarium Head Blight. En: Fusarium Head Bligh in Latin America. Teresa Aconada - and Dr Sofía Noemí Chulze, Editores. Capítulo 10, 159-173 pp, Editorial: Springer.
- Roelfs, AP. 1978. Estimated losses caused by rust in small grain cereals in the United States, 1918-76. Miscellaneous publication 1363.
- Scandiani, M.M., J. Zapiola, A. Faura, L. Gasoni, A. Luque, y G. Gonzalez Anta. 2015. Use of *Trichoderma harzianum* Th2 to control seedborne pathogens on barley and wheat. Conference Paper, APS Annual Meeting, At Pasadena, California, July 2015.
- Sharma, S., E. Duveiller, R. Basnet, C.B. Karki, y R.C. Sharma. 2005. Effect of potash fertilization on Helminthosporium leaf blight severity in wheat, and associated increases in grain yield and kernel weight. *Field Crops Research*, 93:142-150.
- Sibikeev, S.N., T.S. Markelova, E.A. Baukenova, y A.E. Druzhin. 2016. Likely threat of the spread of race UG99 of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on wheat in southeastern Russia. *Russian Agricultural Sciences*, 42 (2):145-148.
- Simoglou, K.B., y C. Dordas. 2006. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. *Crop Protection*, 25 (7):657-663.
- Simón, M.R. y Annonè, J.G. 2014. IV Control de enfermedades mediante resistencia genética. En: Enfermedades del trigo: Avances científicos en la Argentina. Cordo C. y Sisterna M (Eds.). 1a edición – La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp). 379-400 pp.
- Singh, P.K., Singh, R.P., Duveiller, E., Mergoum, M., Adhikari, T.B., Elias, E.M. 2010. Genetics of wheat-*Pyrenophora tritici-repentis* interactions. *Euphytica* 171:1-13.
- Terefe, T.G., B. Visser, y Z.A. Pretorius. 2016. Variation in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* detected on wheat and triticale in South Africa from 2009 to 2013. *Crop Protection*, 86:9-16.
- Timm, C.A., R.J. Goos, B.E. Johnson, F.J. Sobolik, y R.W. Stack. 1986. Effect of potassium fertilizers on malting barley infected with common root rot. *Agronomy Journal*, 78:197-200.
- Wolday, A., T. Fetch, D.P. Hodson, W. Cao, y S. Briere. 2011. First Report of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Races with Virulence to Wheat Stem Rust Resistance Genes Sr31 and Sr24 in Eritrea. *Plant Disease*, 95 (12):1591.