

**FACULTAD DE AGRONOMÍA - UDELAR
EEMAC - INIA - FAUBA**

Seminario Técnico Internacional

**Manejo de enfermedades en
cereales de invierno y cultivos de verano**

Crterios para el uso de fungicidas en Trigo, Cebada y Soja

*El conocimiento actualizado, como
pieza clave de estrategias de
control efectivas ...*



**632.952(063)
SEMOR**

**13 de Julio 2012
Paysandú - Uruguay**

Organización: GTI Agricultura - EEMAC

SEMINARIO TÉCNICO INTERNACIONAL

MANEJO DE ENFERMEDADES EN CEREALES DE INVIERNO Y CULTIVOS DE VERANO

***Criterios para el uso de fungicidas
en trigo, cebada y soja***

**Organiza: Facultad de Agronomía.
Grupo de Trabajo Interdisciplinario Agricultura**

Título: SEMINARIO TÉCNICO INTERNACIONAL.
Manejo de enfermedades en cereales de invierno y cultivos de verano
Criterios para el uso de fungicidas en trigo, cebada y soja

Editores: Carlos A. Pérez y Esteban Hoffman

Comisión Organizadora: Esteban Hoffman y Carlos A. Pérez

Secretaría: Nicolás Fassana

Diseño de tapa: Esteban Hoffman y Nicolás Fassana

Imagen de tapa: Esteban Hoffman

© 2012 Universidad de la República. Facultad de Agronomía

Reservados todos los derechos de la presente edición para todos los países. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente por ningún método gráfico, electrónico, mecánico o cualquier otro, incluyendo los sistemas de fotocopiado, fotoduplicación, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento de los editores.

ISBN:978-9974-0-0852-6

Depósito Legal: 359.067/12

Impreso en los Talleres Gráficos de

Editorial Hemisferio Sur

Buenos Aires 335. Tel: (00598) 2916 4515 - (00598) 2916 4520 (Fax)

Correos electrónicos: editorial@hemisferiosur.com.uy

libreriaperi@hemisferiosur.com.uy

www.hemisferiosur.com.uy

CONTENIDO

Pág.

Fungicidas: Características, clasificación y principales usos	1
<i>E. M. Reis; M. Carmona</i>	
Patología de semillas	5
<i>S. N. González Parodi</i>	
Bases fisiológicas del estrés causado por factores bióticos, en cereales de invierno	9
<i>E. Hoffman; L. Viega; H. A. Villar; C. A. Pérez</i>	
Impacto de la aplicación de fungicidas sobre el desarrollo de epidemias	17
<i>M. Carmona; E. M. Reis</i>	
Respuesta vegetal al control químico de roya en trigo	21
<i>C. A. Pérez; H. A. Villar; L. Viega; E. Hoffman</i>	
Criterios para el uso de fungicidas en trigo y cebada	29
<i>S. Pereyra</i>	
Criterios para la toma de decisión del control químico foliar en trigo y cebada	37
<i>M. Carmona; F. Sautua; E. M. Reis</i>	
Criterios para la toma de decisión de fungicidas en soja	41
<i>M. Carmona; F. Sautua; C. Mónaco; E. M. Reis</i>	
Tecnologías de aplicación de fungicidas en trigo	45
<i>J. Villalba</i>	
Técnicas de amostragem de lavouras e determinações patométricas	49
<i>E. M. Reis; M. Carmona; A. C. R. Bresolin</i>	

PRÓLOGO

A la agricultura se le exige ser un negocio competitivo, productivo, obtener productos con la calidad y en cantidad requerida por los consumidores y ser un proceso ambientalmente amigable (Comisión European Communities, 1999; UN-DSD, 2000).

En los últimos años se asigna una creciente importancia a los impactos que la actividad agrícola tiene sobre el ambiente y la conservación de los recursos naturales. Esto obliga a reconocer, seleccionar y adoptar buenas prácticas agrícolas (BPA). La sostenibilidad de los sistemas de producción se relaciona con las BPA, las que pueden definirse como «hacer las cosas bien, incorporando permanentemente la mejor tecnología disponible para el logro de los objetivos» y que por lo tanto, se modifican de manera permanente. Definidas así, se relacionan con el concepto de «proceso de mejora continua».

El crecimiento en superficie de la agricultura y en intensidad de uso del suelo de los últimos años se ha realizado con un modelo de producción muy simple, con escasa variabilidad en el menú de opciones de cultivos, lo que genera un ambiente propicio para la generación de problemas (como los sanitarios), cuya solución se «compra en la farmacia». La implementación de sistemas agrícolas diversos, diseñados para el control de riesgos, es una solución conocida, pero que tiene una baja implementación en la realidad productiva. Como consecuencia, entre el 2000 y el 2010, el uso de fungicidas pasó de 17 a 128 g ha⁻¹ (Pérez *et al.*, 2010; II Simposio Nacional de Agricultura). Asumir ésta tendencia como indicador de un problema, implica darle una alta importancia relativa a las BPA de cultivos.

En este Seminario, el foco está puesto en el análisis y discusión de la información disponible en los distintos componentes de las BPA de cada cultivo. Y esto incluye el conocimiento del cultivo, del patógeno, del fungicida, de las interacciones entre ellos y con el ambiente. Pero para que realmente se puedan considerar como BPA, implica tener un método para cuantificar la existencia del problema, la magnitud del problema y la pérdida esperada de rendimiento y/o calidad de lo producido.

Oswaldo Ernst

Grupo de Trabajo Interdisciplinario Agricultura
Julio 2012



Fungicidas: Características, clasificación y principales usos

E.M. Reis¹, M. Carmona²

Los fungicidas son sustancias químicas que, aplicados a las plantas, protegen de la penetración y/o posterior desarrollo de hongos patógenos en sus tejidos (Fungicida: del latín, fungus = hongo + caedo = matar; sustancia química que mata hongos).

La palabra fungicida puede sugerir que estos compuestos químicos matan todos los tipos de hongos con mayor o menor selectividad. Sin embargo, eso no es verdad, porque todavía no se dispone de un único fungicida que mate todos los hongos indistintamente de sus clasificaciones taxonómicas.

Una sustancia química para ser fungicida no necesita matar al hongo. Algunas controlan enfermedades inhibiendo el crecimiento miceliano o su esporulación. Estas son llamadas sustancias **fungistáticas y antiesporulantes**.

El concepto de fungicidas ha sido ampliado con el advenimiento de nuevas sustancias químicas que controlan enfermedades causadas por hongos pero que, sin embargo, no actúan siempre directamente sobre el agente causal. Sirven de ejemplos los principios activos que, aplicados a las plantas, activan un sistema de autodefensa tal como los derivados del ácido fosforoso (fosfitos) y el acibenzolar metílico. Estas sustancias principalmente actúan como activadores de mecanismos de defensa de las plantas.

Los fungicidas **pueden ser clasificados** de acuerdo a varios aspectos. Para facilitar la comprensión del tema se presenta, primeramente, un esquema reducido del tema (Reis *et al.*, 2010). De un modo general se trata sobre los fungicidas utilizados en los órganos aéreos de las plantas. Lógicamente que un determinado fungicida puede ser clasificado en uno o más de los diferentes aspectos abordados.

1. En relación a la movilidad y/o posicionamiento en la planta:
 - a) Tópicos o inmóviles
 - b) Mesostémicos
 - c) De profundidad, loco-sistémicos o translaminares
 - d) Sistémicos
2. En relación al momento de aplicación y las subfases del proceso de infección interferidas (ciclo de la patogenia):
 - a) Preventivos
 - b) Curativos
 - c) Erradicantes
3. En relación a la absorción de los fungicidas por las esporas:
 - a) De contacto
 - b) Protectores

¹ Profesor Titular, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo Fundo, Brasil.

² Profesor Titular, Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires FAUBA, Argentina



4. En relación al mecanismo, modo de acción o mecanismo bioquímico de acción.

Por ejemplo inhibidores de la síntesis del ergosterol, inhibidores de la succinato deshidrogenasa, inhibidores de la respiración mitocondrial.

5. En relación al grupo químico.

Por ejemplo estrobilurinas, triazoles, bencimidazoles, etcétera.

Dentro de esta clasificación, que aquí solo se la menciona, **merece destacarse la relacionada con las subfases de infección (número 2)**. De esta forma, los fungicidas también pueden ser clasificados como preventivos, curativos y erradicantes (Hewitt, 1998). Esto es, respecto a las subfases de infección en las que el fungicida actúa. La infección comprende las subfases de deposición, germinación y penetración de las esporas de los hongos y del inicio de la colonización del hospedante. Colonización es la invasión y extracción de nutrientes de los tejidos del hospedante.

En el caso de los fungicidas **preventivos** la acción es protectora o de prepenetración. El fungicida inhibe la germinación impidiendo la penetración del hongo en los tejidos del hospedante.

Los fungicidas **curativos** tienen una acción confinada a la pos-infección. En este caso, ya ha ocurrido la penetración y aún no son visibles los síntomas (presíntoma). Los efectos son semejantes a los producidos por los fungicidas protectores tópicos, o sea, no ocurren síntomas. La «curación» se refiere solamente a la muerte del hongo.

En el caso de los fungicidas **erradicantes** los efectos del producto químico

son en el estadio post-síntoma, como por ejemplo, la acción inhibitoria del crecimiento micelial de los oídios o la muerte de estructuras fúngicas que causan enfermedades comúnmente denominadas royas (pústulas). En estos casos, se observan las fructificaciones.

No ocurre la regeneración o la recuperación de células de los tejidos muertos. La muerte de células y tejidos del hospedante, en general, es irreversible.

Tanto los fungicidas tópicos como los sistémicos pueden presentar acción curativa y erradicante, sin embargo es más común en los sistémicos. La mayoría de los fungicidas triazoles presentan acción erradicante contra hongos de los géneros *Erysiphe*, *Puccinia* (en los órganos aéreos) y *Ustilago* (infectando el embrión de la semilla de los cereales de invierno); matan los patógenos, sin embargo los tejidos dañados, hojas principalmente, no se regeneran. Los fungicidas sistémicos pueden tener acción protectora, curativa y erradicante.

Para aquellas enfermedades de largos periodos de incubación y latencia, los fungicidas se ubican preferencialmente con efectos preventivos y curativo (ejemplo Enfermedades de fin de ciclo de la soja). Por el contrario enfermedades con cortos periodos, los fungicidas deben también tener acción erradicante (royas). Igualmente es conveniente recordar que la epidemias deberían ser tratadas en sus primeras fases de crecimiento y que un fungicida será más eficiente cuanto menos enfermedad se observe. En este sentido por ejemplo cuando se recomienda la aplicación en trigo para la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) con un umbral de acción del 5% (Carmona, 2011), quiere decir que el 90 % de las hojas no presenta síntomas ni pústula por lo que en esas hojas, el fungicida actuará preventiva y curati-



vamente, en el resto de las hojas (5%), el efecto será erradicante (existen pústulas). De aquí la importancia del umbral donde se combina la epidemiología con la eficiencia de los fungicidas.

Especificidad es la condición de un fungicida de ser tóxico a una especie en particular o a un grupo restringido de hongos. Hace referencia al número de especies o de géneros, es decir, el grupo de hongos sobre el cual el fungicida es tóxico.

Fungicida específico es aquel que actúa sobre un número reducido de especies. Por ejemplo, los fungicidas fosetil aluminio, cimoxanil, dimetomorfo, propamocarb, metalaxil y zoxamida que son específicos a los ex hongos (Reino Chromista o Stramenopila) de los géneros *Peronospora*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Phytophthora* e *Pythium* (todos del Orden Peronosporales).

Por otro lado, fungicida de amplio espectro es el que controla un gran número de especies o de géneros, como, por ejemplo, caldo bordelés, estrobilurinas, mancozeb, triazoles y bencimidazoles.

En algunos casos, es necesario el uso de más de un fungicida, es decir, una mezcla de fungicidas para ampliar el espectro de acción de modo de obtener un control conjunto de los hongos que parasitan una misma especie vegetal, en un mismo momento. Por lo tanto las mezclas aumentan el espectro de acción de fungicidas, pero además contribuyen a evitar el desarrollo de resistencia de hongos a fungicidas

Durante los últimos años se han desarrollado las mezclas de triazoles con estrobilurinas para ser aplicados en varios cultivos. Tanto en cereales como en soja han tenido una amplia aceptación demostrando un mayor espectro de acción y una combinación de mecanismos

de acción muy útil como estrategia **antiresistencia**.

PRINCIPALES USOS DE LOS FUNGICIDAS

La aplicación sobre órganos aéreos, de manera de proteger los tejidos fotosintéticos y frutos contra el ataque de los hongos, constituye el uso más común de los fungicidas. Sin embargo, también son empleados en la desinfestación de suelos, tratamientos de semillas, preservación de maderas y en la conservación de frutos post-cosecha.

En el control químico racional, de una determinada enfermedad de un cultivo, es necesario considerar los aspectos que se detallan a continuación:

- a) ¿En que casos será usado el fungicida?
 - Desinfestación del suelo;
 - Tratamiento de semillas;
 - Protección de órganos aéreos;
 - Tratamiento post-cosecha;
 - Tratamiento de invierno de frutales de hojas caducas.
- b) ¿Cuál/es es/son el/los patógeno/s más importante/s para su control en un cultivo? ¿Cuál/es es/son el/los fungicida/s más tóxico/s para dicho/s patógeno/s?
- c) Del fungicida:
 - ¿Cuál es el principio activo?
 - ¿Cuál es la concentración?
 - ¿Cuál es la formulación?



¿Cuál es el espectro de acción?

¿Puede ser utilizado aisladamente o en una mezcla?

Entre los fungicidas disponibles en el mercado, ¿cuál es la opción más económica?

¿Cuál es la dosis recomendada?

Compatibilidad con otros agroquímicos, tales como insecticidas, fertilizantes foliares y/o herbicidas y la fitotoxicidad consecuente

Toxicología y cuidados en el uso.

d) Programa de tratamiento (erradicantes y protectores):

¿Cuál es el criterio indicado para el inicio y para el intervalo entre tratamientos?

Pregunta clave: Existen umbrales, modelos de predicción o sistemas de puntuación ?

Si fuera así, es conveniente su seguimiento.

¿Cuál es el período o tiempo de protección y carencia del fungicida?

BIBLIOGRAFÍA

CARMONA, M. 2007. Fungicidas: características, Clasificación, especificidad. Resistencia de hongos y principales usos. Manual de las jornadas de Actualización elementos fundamentales para el buen uso de fitoterápicos, Dosis, Modo de acción y Deriva. EEAOC, INTA y Sociedad Rural de Tucumán, 2 al 4 de octubre de 2007. Tucumán. p. 20-22.

CARMONA, M. 2009. Desarrollo evolución y futuro de los fungicidas. Impactos en la agricultura. En: La Argentina 2050 La revolución tecnológica del agro. Hacia el desarrollo integral de nuestra sociedad. Capítulo 8, p. 362-416. Ed. CASAFE

HEWIT, H. G. 1998. Fungicides in crop protection. CAB International. Chapter 4. Fungicide Performance. p. 87-153.

REIS, E. M.; REIS, A.C.; CARMONA, M. 2010. Manual de fungicidas. Controle químico de doenças de plantas. (en portugués) ISBN 97885-7515-464-9 Ed: Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil, 226 pp.



Patología de semillas

S.N. González Parodi¹

INTRODUCCIÓN

El 90 % de las enfermedades que afectan los cultivos destinados a producción de alimentos en el mundo son causadas por patógenos transmitidos por semillas (Neergaard, 1977). En semillas de trigo se destacan *Drechslera tritici-repentis* (teleom. *Pyrenophora tritici-repentis*, agente causal de la mancha amarilla), *Fusarium graminearum* (teleom. *Gibberella zeae*) y *Bipolaris sorokiniana* (teleom. *Cochliobolus sativus*, agente causal de la mancha marrón), *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* agente causal del tizón bacteriano de la hoja y *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa*, agente causal de la estria bacteriana. En semillas de cebada predominan en nuestras condiciones *Drechslera teres* (teleom. *Pyrenophora teres*, agente causal de la mancha en red), *Bipolaris sorokiniana* (agente causal de la mancha borrosa), *Fusarium graminearum* y *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* agente causal del tizón bacteriano de la hoja.

En un relevamiento realizado durante tres años en el país de lotes de semilla de trigo y cebada, *D. teres* apareció con porcentajes promedios de infección de 2-12%, mientras que *B. sorokiniana* presentó una incidencia mayor, en el rango de 14-41%. En el caso de trigo donde el número de lotes analizados fue bajo, los porcentajes de infección de *D. tritici-repentis* variaron entre 0-54% (Stewart, 1995).

Dentro de los principales patógenos que causan enfermedades en el cultivo de soja y que pueden ser transmitidos por semillas se destacan *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp. *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia rolfisii*, *Macrophomina pasheolina*, *Cercospora kikuchii*, *Cercospora sojina*, *Colletotrichum truncatum*, y *Septoria glycines* (Perea y Ávila 1989). Existe escasa información respecto a la incidencia y severidad de estos y otros patógenos asociados al cultivo de soja en Uruguay y de su incidencia en lotes de semillas. En este sentido en las últimas zafas (2007-2010) los patógenos que se observaron con mayor frecuencia de aparición en lotes de semillas fueron *C. kikuchii* y *Pseudomonas* spp. (Cabrera, 2011) mientras la frecuencia de *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp. y *Phoma* sp. fue menor y con porcentajes de infección inferiores a 5% (González, 2011). Son necesarios estudios más profundos acerca de la problemática de enfermedades en el cultivo de soja en Uruguay. En este marco INIA La Estanzuela realizará a partir de la siguiente zafra y durante tres años consecutivos relevamientos anuales de chacras a escala nacional donde se plantea detectar varias enfermedades de la soja causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos (Stewart, com. pers.).

¹ Investigador Asistente, INIA La Estanzuela.



SIGNIFICADO DE LA ASOCIACIÓN DE PATÓGENOS CON LA SEMILLA

Las semillas infectadas proveen el medio principal de **sobrevivencia al patógeno** y el **inóculo inicial** para el nuevo cultivo. La sola presencia de un patógeno en la semilla, no asegura directamente la transmisión a las plántulas, depende del **nivel de infección en la semilla**, grado de resistencia del cultivo, condiciones del ambiente, particularmente, humedad y temperatura.

La transmisión de *B.sorokiniana* por medio de semilla de trigo a la plántula es muy eficiente ya que llega a ser de 88% (Reis y Forcelini, 1993; Stewart, 1995), para *D. tritici-repentis*, Carmona et al. (1998) indican eficiencias de transmisión a plántula de 31%. Finalmente para *D. teres*, la transmisión máxima a coleóptilo registradas en condiciones de invernáculo fue de 29% (Stewart, 1995). Existen escasos trabajos estudiando la transmisión de patógenos por medio de semillas de soja.

En ese sentido Henning (2005) menciona que *Cercospora kikuchii*, presenta tasas reducidas de transmisión a plántula y su importancia reside en la posibilidad de introducción del inóculo en nuevas áreas. Goulart (1997) menciona que la semilla de soja presenta un mecanismo de escape que la diferencia de otras semillas en el cual las plantas al emerger sueltan el tegumento infectado reduciendo el contacto del patógeno con la plántula.

DIAGNÓSTICO

La ocurrencia de enfermedades en los cultivos en forma temprana debidas a patógenos en las semillas se puede prevenir mediante la realización de test de diagnósticos en laboratorio. En Uruguay existe un número reducido de la-

boratorios que realizan este análisis. La lucha contra las enfermedades antes mencionadas requiere de un diagnóstico preciso, por ejemplo si un lote de trigo presenta una incidencia de 0.25% de *D. tritici-repentis* implica que debo detectar 1 semilla en 400 semillas analizadas, asumiendo una transmisión a plántulas de 31% y condiciones favorables para la expresión de la enfermedad, implicaría la introducción de 1937 focos primarios.

Por tal motivo uno de los objetivos que perseguimos los laboratorios que realizamos el análisis es **establecer y padronizar** los métodos y los procedimientos del análisis. En este marco los laboratorios que realizan el análisis de patología de semillas trabajan en la estandarización de métodos para detección de *B. sorokiniana* y *D. teres* en semillas de cebada. Esta actividad indudablemente será el motor para seguir integrando esfuerzos en el diagnóstico de patógenos como *D. tritici-repentis* y *P. syringae* pv *syringae* en semillas de trigo. Finalmente las recientes innovaciones en la detección de patógenos transmitidos por semillas (PCR en tiempo real y BIO-PCR) posibilitan la interpretación de los resultados de ensayos de sanidad de semillas (Munkvold, 2011).

CONTROL QUÍMICO

El objetivo del tratamiento de las semillas con fungicidas curasemillas es erradicar a los patógenos presentes en la semilla y evitar su transmisión hacia la plántula. Es una práctica de bajo costo y de gran impacto en el desarrollo de epidemias, y se orienta a complementar la rotación del cultivo con especies vegetales no susceptibles.



Carbendazim, tiram e iprodione es la mezcla más ampliamente utilizada para el tratamiento de semillas de trigo y cebada, debido a su excelente eficiencia de control para *Fusarium* spp. y *Drechslera* spp. y *Bipolaris* spp. (González, 2010).

Las innovaciones más recientes en el tratamiento químico de semillas de soja, han sido la incorporación de metiltiofanato y pyraclostrobin. El primero de ellos con resultados de excelentes eficiencias de control (>90%) para *Fusarium* spp., *Phomopsis* ssp., *Colletotrichum* sp. y *C. kikuchii* similares al tratamiento estándar (carbendazim/tiram/metalaxil) (González, 2011). Adicionalmente, pyraclostrobin como tratamiento curasemilla presenta efecto promotor en el crecimiento de plántulas de soja cuando la germinación y emergencia se producen bajo condiciones de estrés por baja temperatura (González, 2009).

EFFECTO DE LA CALIDAD DE APLICACIÓN EN LA EFICIENCIA DE CONTROL DE ENFERMEDADES

El cubrimiento inadecuado de las semillas por parte del curasemilla es fácilmente detectable en las primeras etapas del desarrollo de los cultivos determinando muchas veces en forma anticipada el uso de fungicidas. La eficiencia de control de enfermedades en semilla depende de factores inherentes al **principio activo** y de la **tecnología de aplicación** del mismo. Por consiguiente resulta importante la utilización de tecnologías de aplicación que logren una mejor cobertura en base a un menor tamaño de gota y mejor distribución del fungicida sobre la semilla. El agregado de polímeros no mejora la eficiencia de control de enfermedades cuando la tecnologías de aplicación del curasemilla es inadecuada (González, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- CABRERA, N.** 2011. Comportamiento sanitario de la semillas de soja *Gycine max*. In: [http://200.40.120.172/suplemento/agropecuario/comportamiento-sanitario-de-la-semilla-de-soja-glycine-max agrope 556529110330.html](http://200.40.120.172/suplemento/agropecuario/comportamiento-sanitario-de-la-semilla-de-soja-glycine-max_agrope_556529110330.html) Disponible 18 de junio de 2012
- CARMONA, M.; FERRAZZINI, M.; BARRETO, D.** 1998. Detection and transmission of *Pyrenophora tritici-repentis* in wheat seed in Argentina. p. 112. In: 25th ISTA Congress. Seed Symposium, Pretoria, Sudáfrica, 15-24 de abril de 1998
- GONZÁLEZ, S.** 2009. Determinación del efecto fisiológico de la molécula Pyraclostrobin sobre la germinación y el desarrollo inicial de plántulas de soja En: Laboratorio de Análisis de Semillas INIA La Estanzuela.
- GONZÁLEZ, S.** 2010. Patología de semillas de trigo y cebada p. 63-75. In Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Técnica N° 189. INIA Uruguay
- GONZÁLEZ, S.** 2011. Eficiencia del fungicida Metil-tiofanato para el control de enfermedades en semillas de soja y su efecto en la germinación. En: Laboratorio de Análisis de Semillas INIA La Estanzuela
- GOULART, A.** 1997. Fungos em sementes de soja: Detecção e Importância. Dourados: EMBRAPA-CPAO, Documentos, 11. 58p
- HENNING, A.** 2005. Patología y tratamiento de semillas, nociones generales. EMBRAPA-CNPSo, Documentos 263, 52p.
- MUNKVOLD, G.** 2011. Research innovations in the detection of seedborne pathogens and the elucidation of their epidemiology p.18 En: Libro de resúmenes 2º Congreso Argentino de Fitopatología, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, 1-3 de junio de 2011.
- NEERGAARD, P.** 1977. Seed Pathology. 2 v. London: Macmillan Press., 1187 p
- PEREA, C.; ÁVILA, S.** 1989. Principales problemas fitosanitarios de la soja en el Uruguay. Montevideo, MGAP. CIAAB. 53 p.
- REIS, E., FORCELINI, C.** 1993. Trasmissoão de *Bipolaris sorokiniana* de sementes para órgãos radiculares e aéreos do trigo. Fitopatologia Brasileira 18: 76 – 81
- STEWART, S.** 1995. Avances en la patología de semilla de cebada. In: VI Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. 6-7 de Setiembre, LATU, Mdeo., Uruguay. p. 107 -109.





Bases fisiológicas del estrés causado por factores bióticos, en cereales de invierno.

E. Hoffman¹; L. Viega²; H.A. Villar³; C.A. Pérez³

En Uruguay una de las principales limitantes al logro de altos rendimientos, tanto en trigo como en cebada, han sido las enfermedades y su incidencia tanto en el rendimiento final como en la calidad del grano. Numerosos esfuerzos se han realizado para la identificación, patogenicidad, mejoramiento genético y protección de los cultivos para dicho factor de estrés. Sin embargo y a pesar de disponerse de algunas herramientas tecnológicas apropiadas para el control, no hemos avanzado demasiado en el conocimiento a nivel de la fisiología del cultivo en cuanto a los verdaderos efectos del estrés biótico, sus consecuencias y en como enfrentarlos. En el año 2003 en la FAGRO-UDELAR, se iniciaron trabajos tendientes a mejorar el conocimiento acerca de las bases de respuesta diferencial de cultivares en particular las manchas foliares, más allá de las diferencias en cuanto a área foliar afectada. Los trabajos se centraron en estos años en mancha borrosa (MB), causada por *Cochliobolus sativus* (Ito & Kurib.) Drechsl. ex Dastur [anamorfo *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorok.) Shoem., sin. *Helminthosporium sativum* Pamm., King and Bakke], dada la mayor dificultad que la misma presenta para su manejo, por ser una enfermedad que ha ido creciendo en importancia asociada a los cambios tecnológicos recientemente incorporados en la producción y por la situación sanitaria de

resistencia de los cultivares sembrados en el país.

El comportamiento diferencial de los cultivos de invierno y sus cultivares en respuesta a las enfermedades de hoja, no siempre pueden ser explicados a través de la evolución sintomatológica. La respuesta al estrés provocada por patógenos de tipo hemi o necrotróficos además difieren para similares situaciones de incidencia y severidad, y la magnitud de la respuesta depende a su vez de distintos mecanismos de reacción frente a este tipo de estrés (Shtienberg, 1992). El estudio de las bases fisiológicas de la respuesta, permitirían separar y entender mejor las variaciones que no pueden ser explicadas solamente por la evolución de la sintomatología a nivel foliar.

El daño que provocan estos patógenos dependen de diferentes factores: i) las condiciones ambientales, ii) la virulencia del patógeno (Arabi and Jawhar, 2004), iii) la etapa de desarrollo de la planta, ya que próximo a antesis aumenta la susceptibilidad a la enfermedad (Nutter *et al.*, 1985), y iv) el grado de resistencia genética del cultivar (Durveiller *et al.*, 2005; Mercado Vergnes *et al.*, 2006; Sharma *et al.*, 2007). Es de esperar que aquellos cultivares resistentes, presenten menores niveles de severidad y pérdidas de rendimiento en grano (Sharma *et al.*, 2007), pero también se han reportado cultivares de trigo y ceba-

¹ Departamento de Producción Vegetal, EEMAC, FAGRO, UdelaR, Uruguay.

² Departamento de Biología Vegetal, EEMAC, FAGRO, UdelaR, Uruguay.

³ Departamento de Protección Vegetal, EEMAC, FAGRO, UdelaR, Uruguay.



da tolerantes a esta enfermedad, los cuales aún teniendo niveles de severidad significativos, muestran pérdidas de rendimiento relativamente bajas (Durveiller *et al.*, 2005). Por otra parte los incrementos en los niveles de rendimiento potencial de los cereales de invierno, asociados a la mejora genética y nuevas tecnologías, centran el problema en la concreción de los mismos.

El hecho que hayamos avanzado en elevar los niveles potenciales de rendimiento establece desde el punto de vista fisiológico un desafío basado en lograr disminuir los abortos durante la fase de preantesis y principios de llenado de grano. Por un lado es conocida la fuerte asociación entre el número de granos por metro cuadrado y el rendimiento final (Abbate *et al.*, 1995; Baethgen *et al.*, 1995). Por otro lado existe una fuerte asociación entre el número de granos finales por superficie y la tasa de crecimiento preantesis como lo evidencian trabajos nacionales y extranjeros (Slafer *et al.*, 1990; Hoffman *et al.*, 2002 y Viega *et al.*, 2005). Es también conocida la fuerte asociación entre dicho parámetro y las condiciones ambientales prevalentes preantesis (radiación y temperatura) sintetizadas por el coeficiente fototermal (Q)

(Fisher, 1985) a través del efecto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo. Todo lo cual significa lograr altas tasas de crecimiento en el período que se conoce como ventana crítica para el rendimiento. Con ciertas diferencias para trigo y cebada, dada la biología de ambas especies, dicho período coincide con el encañado, momento de fuerte competencia entre el crecimiento del tallo y la espiga en formación (Hoffman *et al.*, 2002 y Viega *et al.*, 2005). A su vez se establece un compromiso entre el incremento en el número de granos por superficie y el peso de los mismos, así como la calidad del grano. Un aumento en el número de granos lleva aparejado una disminución en el tamaño de los mismos, lo cual compromete a su vez y en particular en el caso de cebada, a la calidad maltera (Figura 1). Por lo cual el desafío hacia el futuro sigue estando en aumentar el número de granos.m² con la menor pérdida de peso de grano posible.

Desde el momento en que aparecen los síntomas de cualquier enfermedad foliar, una de las primeras consecuencias es la pérdida de área foliar verde lo cual provoca una disminución en la radiación solar interceptada (RI), parámetro fuertemente asociado al rendimiento (Gaunt,

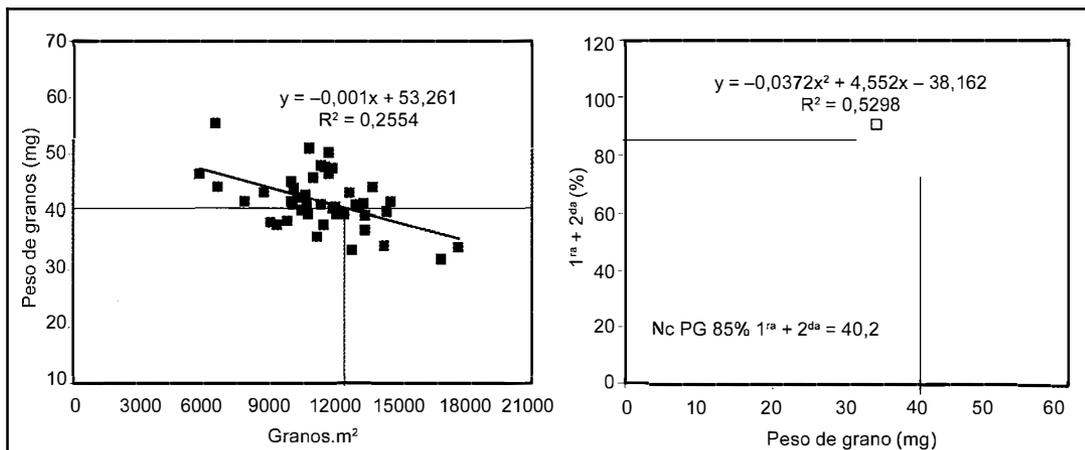


Figura 1. Relación entre el número de granos por superficie y el peso de grano (izquierda) y el peso de grano y la proporción de granos de 1era. y 2da. (derecha), en cebada. Adaptado de Hoffman *et al.* (2005).



1995). Waggoner y Berger (1987), argumentan que el rendimiento en grano será proporcional al área verde remanente, pudiéndose predecir el mismo con tan sólo hacer un seguimiento de la epidemia. En diversos ensayos se ha logrado una buena correlación entre parámetros que miden la intensidad de la enfermedad en el tiempo (AUDPC, Area Under Disease Progress Curve) (Simón *et al.*, 2002; Ochoa y Parlevliet, 2007) o la dis-

minución del área verde (Van Oijen, 1990) y el rendimiento en grano. Sin embargo no ocurre lo mismo en todos los patosistemas, ya a que al asociar directamente área enferma con rendimiento no se tienen en cuenta otras posibles implicancias fisiológicas (Duveiller *et al.*, 2005). Johnson (1987) afirma que para algunos patosistemas, no solo influye la pérdida de RI para predecir rendimiento, sino que además es necesario conside-

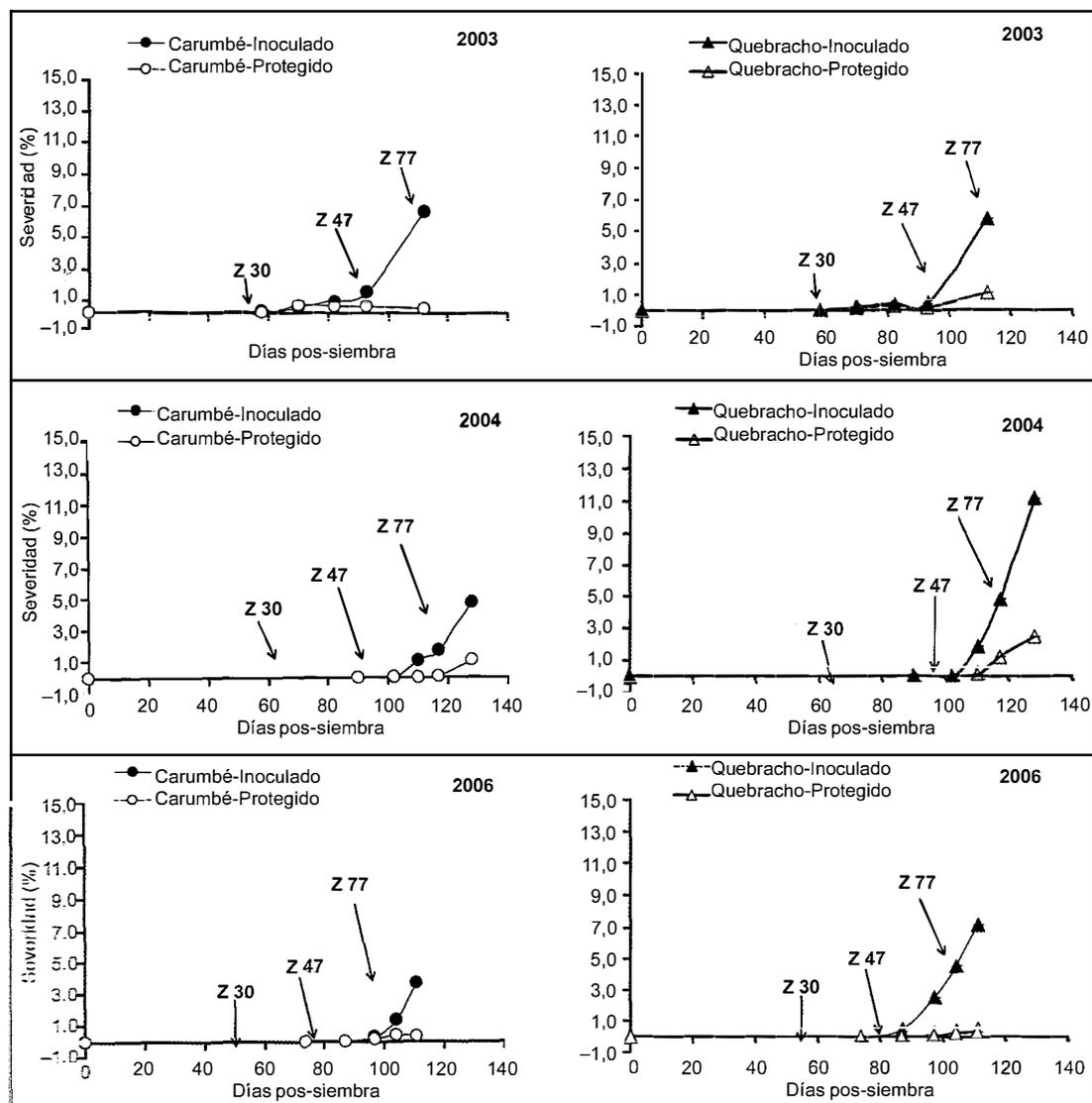


Figura 2. Evolución de la severidad de mancha borrosa (*Cochliobolus sativus*) para dos cultivares de cebada cervecera (Quebracho y Carumbé), inoculada y protegida con fungicidas, para el año 2003, 2004 y 2006. Barras verticales indican el desvío estándar (Hoffman *et al.*, 2009).



rar la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) en el tejido verde remanente.

En diversos patosistemas, la fotosíntesis neta en el tejido sano de una hoja enferma disminuyó en comparación con una hoja idéntica de una planta sana (Bastiaans, 1991; Bassanezi *et al.*, 2001; Lopes y Berger, 2001; Meyer *et al.*, 2001; Robert *et al.*, 2006). Shtienberg (1992) examinó los efectos de diez enfermedades foliares sobre las tasas fotosintética y transpiratoria del huésped y concluyó que el efecto de los patógenos sobre estos procesos fisiológicos se debe a la relación trófica que se desarrolla. Las relaciones de tipo biotróficas tendrían efectos que se limitarían al área de las lesiones, mientras que las relaciones hemibiotróficas, como las generadas por *C. sativus* (Kumar *et al.*, 2002), y necrotróficas ejercerían una mayor interferencia sobre la actividad fotosintética en el área que visiblemente no está afectada en una misma hoja (Bassanezi *et al.*, 2001; Robert *et al.*, 2006).

En un trabajo de 3 años desarrollado en la EEMAC durante el 2003, 2004 y 2006, comparando el comportamiento de dos cultivares de cebada (Quebracho caracterizado como susceptible y Carumbé como tolerante), en respuesta

a la inoculación con *C. sativus* y protección con fungicidas desde inicios de encañazón (Zadoks 30 – Zadoks 32), **para en ninguno de los tres años** los niveles de severidad fueron superiores al 10% (Figura 2), aunque los tratamientos inoculados mostraron niveles superiores de infección y los protegidos casi nulos.

Para dos de los tres años, la reducción relativa del rendimiento en grano (inoculado en relación al protegido) en la variedad susceptible (Quebracho) fue importante y significativa a pesar que los niveles de severidad alcanzados por esta variedad no fueron diferentes a los alcanzados por la variedad tolerante (Carumbé). La reducción en la tasa fotosintética de hojas superiores (sin síntomas de MB) determinadas en el entorno de anthesis, fue la variable asociada con la disminución de rendimiento en grano (Figura 3). Estos resultados sugieren que más allá del efecto de la enfermedad en la reducción de área foliar verde, existieron efectos sobre la actividad fotosintética lo que se puede traducir como una disminución en la eficiencia de uso de la radiación (EUR), que explica de mejor forma los descensos en rendimiento ocasionados por la enfermedad.

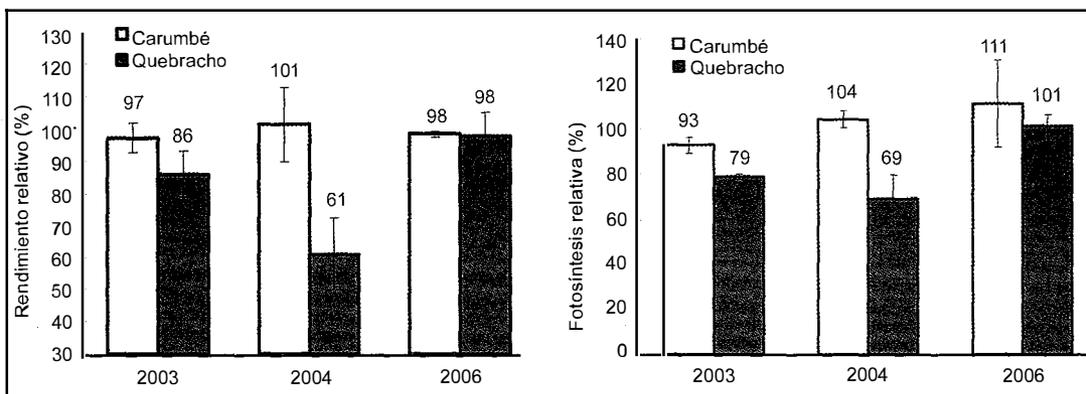


Figura 3. Reducción relativa del rendimiento en grano del tratamiento inoculado en relación al protegido para Carumbé y Quebracho en los tres años evaluados (izquierda) y Reducción relativa de la tasa fotosintética del tratamiento inoculado en relación al protegido, para cada año y cultivar (derecha). (Hoffman *et al.*, 2009).



En el año 2006, no existieron diferencias en rendimiento, lo que muestra la fuerte interacción del estrés provocado por MB con la condición ambiental particular del año. Desde el punto de vista hídrico el año 2006 recibió un aporte de agua caracterizado como normal, no existiendo desde ese punto de vista restricciones importantes al rendimiento. En este sentido, existe información relacionada con la interacción entre estrés biótico y abiótico en particular el asociado a las condiciones de disponibilidad hídrica durante el período crítico, que en este caso podría explicar la situación del año 2006 (Figura 4).

Las diferencias entre ambos cultivares estuvieron fuertemente asociada a las condiciones hídrica del ambiente la cual impacto en la media ambiental. La situación de estrés hídrico contrastante del 2003 y 2004, en relación al 2006, claramente condicionó la respuesta en rendimiento observada para el cultivar susceptible a MB, aún frente a niveles muy bajos de área foliar afectada, en relación al cultivar caracterizado como tolerante (Figura 4).

En el año 2005 en condiciones controladas en la EEMAC, se estudio la respuesta de un conjunto de parámetros de actividad metabólica en hojas asintomáticas, en tres cultivares de cebada de comportamiento contrastante a MB, en respuesta al uso de fungicidas.

A inicios del llenado de grano, la temperatura interna de las hojas en relación a la temperatura externa, varió considerablemente según el cultivar y la condiciones de estrés impuesto por los tratamientos sanitarios (Figura 5). El cultivar tolerante (Carumbé) mantuvo un régimen térmico en hoja elevado y superior a la temperatura ambiente, sin ningún efecto de los tratamientos, mientras que el cultivar susceptible (Quebracho), se mostró muy sensible a la inoculación con MB, elevando la temperatura interna de las hojas muy por encima de la ambiental, alejándose de su régimen térmico en el tratamiento con fungicida. Esta información evidencia diferencias varietales no cuantificadas en Uruguay en cuanto al régimen de confort térmico entre cultivares, en ausencia de estrés, las cuales podrían ser un factor clave

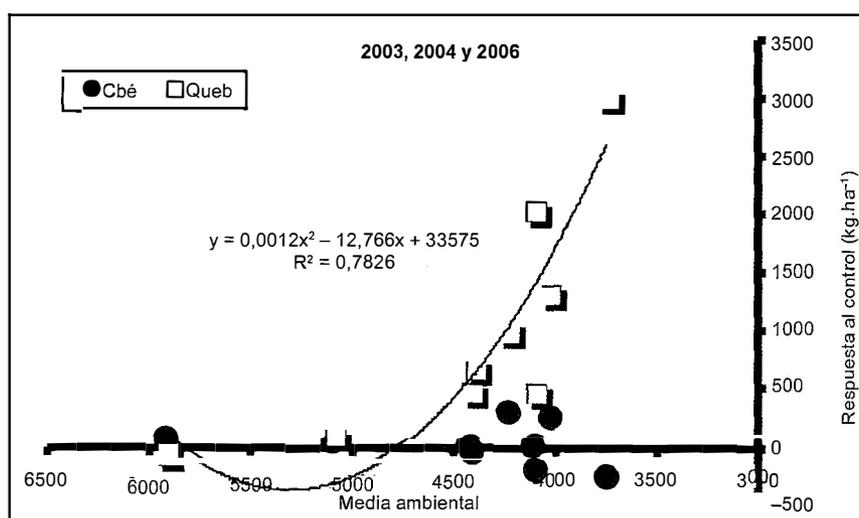


Figura 4. Respuesta al uso de fungicida para Carumbé y Quebracho, en función de la media ambiental, para los tres años de estudio (2003, 2004 y 2006). (Hoffman *et al.*, 2009).

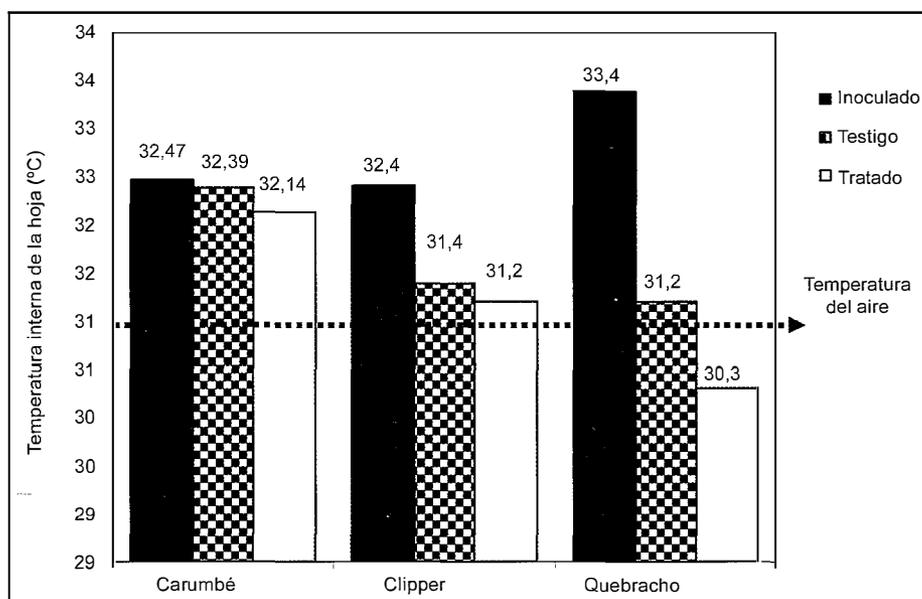


Figura 5. Temperatura interna de HB-1, para tres cultivares contrastante en cuanto a su comportamiento a MB, inoculada con *C. sativus*, sin inocular-sin fungicida y protegida con fungicidas en el año 2005. Hoffman y Viega (com. pers.).

para entender diferencias en respuesta no asociadas a parámetros epidemiológicos clásicos como incidencia y severidad.

De la información presentada se deduce que las dificultades planteadas al principio de este trabajo en cuanto a la falta de asociación entre los valores de severidad expresados en campo y las respuestas de los cultivos a la aplicación de fungicidas, está fuertemente asociada a la variedad, su grado de tolerancia a la enfermedad y en particular a como es afectado el metabolismo general de la planta. Nuestros trabajos aportan información consistente en el sentido que las variedades susceptibles a MB presentan modificaciones a nivel foliar, en zonas alejadas del sitio de infección, que terminan expresando una menor capacidad fotosintética durante el período crítico de concreción del rendimiento. Estos cambios deberían ser explicados por una reacción generalizada de la planta a la infección

debido a la existencia de señales que modifican al menos el comportamiento estomático, térmico a nivel foliar y eventualmente otros procesos en hojas sin síntomas. La continuidad de estos trabajos permitirá explicar en mejor grado la existencia de dichas señales.

Condiciones de estrés provocadas por factores abióticos pueden inducir condiciones no predisponentes para el desarrollo de la enfermedad pero puede disminuir la capacidad para tolerar otro tipo de estreses, en este caso variedades susceptibles a enfermedades foliares. Estos resultados han implicado la necesidad de caracterizar a las nuevas variedades en profundidad por su respuesta a MB independientemente del nivel de severidad que ellas presenten. En tal sentido el programa de caracterización de variedades de trigo y cebada de la EEMAC está generando dicha información, la cual complementaría a la generada en INIA, en el marco del programa nacional de evaluación de culti-



vares y podría ser el inicio de las posibilidades reales de incorporar al manejo el concepto de tolerancia.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBATE, P. E.; ANDRADE, F. H.; CULOT, J. P.** 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 124: 351-360.
- ARABI, M. I. E.; JAWHAR, M.** 2004. Identification of *Cochliobolus sativus* (spot blotch) isolates expressing differential virulence on barley genotypes in Syria. *J. Phytopath.* 152:461- 464.
- BAETHGEN, W. E.; CHRISTIANSON, C. B.; LAMOTHE, A. G.** 1995. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crops Research*, 43:87-99.
- BASTIAANS, L.** 1991. Virtual and visual lesion size as a measure to describe reductions in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. *Phytopathol.* 81:611- 615.
- BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; BERGER, R.D.** 2001. Accounting for photosynthetic efficiency of bean leaves with rust, angular leaf spot and anthracnose to assess crop damage. *Plant Pathol.* 50:443-452.
- DUVEILLER, E.; KANDEL, Y. R.; SHARMA, R. C.; SHRESTHA, S. M.** 2005. Epidemiology of foliar blights (spot blotch and tan spot) of wheat in the plains bordering the Himalayas. *Phytopath.* 95:248-256.
- FISHER, R. A.** 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.*, 105: 447- 453.
- GAUNT, R. E.** 1995. The relationship between plant disease severity and yield. *Ann. Rev. Phytopathol.* 33:119-144.
- HOFFMAN, E.; BORGHI, E.; CASTRO, A.; OLIVO, N.; GONZALES, S.; VIEGA, L.** 2002. Definición y concreción del potencial de rendimiento de cebada cervecera en ambientes sin limitantes hídricas y de nitrógeno en primavera. En. Reunión Latinoamericana de Fisiología Vegetal. - Congreso Uruguayo de Fisiología Vegetal. Punta del Este. Uruguay. 2002.
- HOFFMAN, E.; VIEGA, L.; DUCAMP, F.; MAZZILI, S.** 2005. Concreción del rendimiento a nivel de chacra de cebada cervecera en Uruguay. La importancia del peso del grano.. *Notas Técnicas (Facultad de Agronomía)*, v. 51 p.
- HOFFMAN, E.; VIEGA, L.; GLISON, N.; CADENAZZI, M.; PEREYRA, S.; PÉREZ, C.** 2009. Comportamiento diferencial de dos cultivares de cebada en respuesta a la infección por *Cochliobolus sativus* (mancha borrosa) y su relación con la tasa fotosintética a inicios de llenado de grano. *S/P*.
- JOHNSON, K. B.** 1987. Defoliation, disease, and growth: a replay. *Phytopathol.* 77:1495-1497.
- KUMAR, J.; SCHÄFER, P.; HÜCKELHOVEN, R.; LANCEN, G.; BALTRUSCHAT, H.; STEIN, E.; NAGARAJAN, S.; KOGEL, K. H.** 2002. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Mol. Plant Pathol.* 3:185-195.
- LOPES, D. B.; BERGER, R. D.** 2001. The effects of rust and anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. *Phytopathol.* 91:212-220.
- MERCADO VERGNES, D.; RENARD, M. E.; DUVEILLER, E.; MARAITE, H.** 2006. Effect of growth stage on host sensitivity to helminthosporol toxin and susceptibility to *Cochliobolus sativus* causing spot blotch on wheat. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 68:14-21.
- MEYER, S.; SACCARDY-ADJI, K.; RIZZA, F.; GENTY, B.** 2001. Inhibition of photosynthesis by *Colletotrichum lindemuthianum* in bean leaves determined by chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Cell Environ.* 24:947-955.
- NUTTER JR., F. W.; PEDERSON, V. D.; FOSTER, A. E.** 1985. Effect of inoculations with *Cochliobolus sativus* at specific growth stages on grain yield and quality of malting barley. *Crop Sci.* 25:933-938.
- OCHOA, J.; PARLEVLIT, J. E.** 2007. Effect of partial resistance to barley leaf rust, *Puccinia hordei*, on the yield of three barley cultivars. *Euphytica* 153:309-312.
- ROBERT, C.; BANCAL, M. O.; LANNOU, C.; NEY, B.** 2006. Quantification of the effects of *Septoria tritici* blotch on wheat leaf gas exchange with respect to lesion age, leaf number, and leaf nitrogen status. *J. Exp. Bot.* 57:225-234.



- SHARMA, R. C.; DUVEILLER, E.; ORTIZ-FERRARA, G.** 2007. Progress and challenge towards reducing wheat spot blotch threat in the Eastern Gangetic Plains of South Asia: is climate change already taking its toll? *Field Crops Res.* 103:109-118.
- SHTIENBERG, D.** 1992. Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. *Phytopathol.* 82:760-765.
- SIMON, M. R.; PERELLÓ, A. E.; CORDO, C. A.; STRUIK, P. C.** 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Sci.* 42:1974-1981.
- SLAFER, G. A.; ANDRADE, F. H.; SATORRE, E. H.** 1990. Genetic-improvement effects on pre-anthesis physiological attributes related to wheat grain yield. *Field Crops Res.*, 23:255-260.
- VAN OIJEN, M.** 1990. Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. *Neth. J. Plant Path.* 96:55-63.
- VIEGA, L.; HOFFMAN, E.; GONZÁLEZ, S.; OLIVO, N.** 2005. Potencial de producción de cebada cervecera en Uruguay. Definición del número de granos por espiga. Facultad de Agronomía, Uruguay. *Notas Técnicas N° 52.* 20 p.
- WAGGONER, P. E.; BERGER, R. D.** 1987. Defoliation, disease and growth. *Phytopathol.* 77:393-398.



Impacto de la aplicación de fungicidas sobre el desarrollo de epidemias

M. Carmona¹, E.M. Reis²

Generalmente a la hora de aplicar fungicidas prevalece la idea de priorizar sus efectos sobre el hospedante más que sobre el patógeno. Existe una aceptación general entre los productores y asesores que el principal objetivo de un fungicida es «proteger y curar al hospedante 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 sin considerar el nivel de enfermedad presente.

A modo de ejemplo muchos deciden aplicar fungicidas en trigo con la misión fundamental de proteger la hoja bandera y la inmediata inferior o con la misma idea para el cultivo de soja, aplican en el estadio R3 porque en este estadio comienza el período crítico de generación de rendimiento. En este único marco de análisis es altamente probable que por ejemplo en el cultivo de trigo al momento de aplicar se caracterice por elevados valores de incidencia y severidad en las hojas inferiores de los patógenos más frecuentes del cultivo (mancha amarilla, mancha borrosa y roya de la hoja) que están sobrepasando los umbrales de recomendación con daños irreversibles. Por otro lado en el cultivo de soja la aplicación por estadio (R3) puede significar en un fracaso si es que las enfermedades de fin de ciclo o la roya asiática no aparecen en los próximos 15-22 días, tiempo en que define en promedio la persistencia de un producto.

Esta claro que comprender el crecimiento y fenología del hospedante es de importancia pero no debe ser la única información que guíe la aplicación de fungicidas. Esta visión fito-céntrica puede llevar a un atraso de la aplicación o a una ineficiencia de la acción química. Debe comprenderse que la acción principal de un fungicida es interactuar con su principal objetivo por el cual fue creado: el hongo. Dentro de la sanidad vegetal, el uso de herbicidas o insecticidas puede resultar diferente al de los fungicidas. Caracterizar y hasta cuantificar insectos o malezas frecuentemente es una tarea posible mientras que contar esporas para caracterizar la población patógena en el campo, resulta imposible en forma práctica.

De esta forma en fitopatología y muy especialmente en enfermedades donde es difícil predecirlas, resulta necesario aceptar un nivel de daño (manchas o fructificaciones) para tener certeza de la presencia de la población del patógeno en el campo. Estos niveles de enfermedad son los denominados umbrales de daño económico que no es más que el máximo nivel de enfermedad tolerable económicamente que nos ofrece la certeza y el testimonio de la presencia de la epidemia. Estos umbrales que confirman la primera etapa de las epidemias son los suficientemente bajos como para fortalecer las principales acciones de un fungicida: las acciones preventivas y curativas y para frenar la alta tasa de multiplicación del patógeno que se registra en los comienzos de una epidemia. Estos valores

¹Profesor Titular, Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires FAUBA,

² Profesor Titular, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo fundo, Brasil.



más bajos de incidencia o severidad son los más importantes y deben ser detectados mediante un correcto y frecuente monitoreo. Para aquellas enfermedades donde se hace difícil establecer un umbral visual, las recomendaciones deberían estar basadas en sistemas de predicción o de puntuación y su relación con el ambiente.

CONCEPTOS BÁSICOS

En epidemiología se estudia el incremento de la enfermedad la cual es el resultado de una interacción sumamente específica entre la planta, el patógeno y el medio ambiente.

El sistema interactuante de estos tres elementos que resulta en la aparición de la enfermedad es lo que se llama patosistema, el que debe ser adecuadamente manejado para lograr el control de aquella.

Una epidemia es un patosistema limitado en el tiempo y en el espacio y estudiado a nivel poblacional. Según Kranz (1974) «es el estudio de las poblaciones de patógenos en las poblaciones del hospedante y de la enfermedad resultante de esa interacción, bajo la influencia del ambiente y de la interferencia del hombre».

De acuerdo con Berger (1977) existen tres estrategias «epidemiológicas» para minimizar o manejar una enfermedad 1) eliminar o reducir el inóculo inicial; 2) disminuir la tasa de desarrollo de la epidemia y 3) actuar sobre el período y tiempo de exposición del hospedante. Desde este punto de vista, para las dos primeras estrategias, los fungicidas cumplen una misión fundamental que es preciso analizar detenidamente para entender con mayor claridad el criterio epidemiológico del control químico.

Epidemias monocíclicas

Las enfermedades **monocíclicas** son causadas por patógenos que cumplen un solo ciclo de infección en el ciclo de cultivo y tienen una tasa de crecimiento muy baja debido a su forma de liberación de inóculo. El incremento de la enfermedad por unidad de tiempo se denomina **tasa epidemiológica** y para estas enfermedades no es determinante ya que se trata de epidemias lentas. Estas enfermedades aumentan lenta y uniformemente pero carecen de capacidad explosiva. Su característica más importante es la cantidad de inóculo inicial y al tener poca multiplicación de inóculo basan su estrategia en una larga supervivencia.

Una enfermedad monocíclica no contribuye con infecciones secundarias durante la estación de cultivo, soporta un único incremento a partir del inóculo inicial, dicho de otra forma plantas enfermas no servirán de fuente de inóculo para generar nuevas plantas enfermas en el mismo ciclo de cultivo. Muchas enfermedades causadas por hongos y otros microorganismos habitantes del suelo patógenos de plantas generan enfermedades que pueden ser consideradas como monocíclicas. La enfermedad monocíclica dependerá del inóculo existente o inicial.

Epidemias policíclicas

Un patógeno es **policíclico** cuando producen más de una generación por estación de cultivo. Existen numerosos ciclos de infección por ciclo de cultivo. Aquí plantas u hojas enfermas se constituyen en importantes fuentes de inóculo para nuevas hojas o plantas dentro del mismo ciclo de cultivo. El número de ciclos patogénicos dependerá del tiempo requerido para completar cada uno de ellos. El período de latencia (tiempo



desde la penetración hasta la aparición de las fructificaciones) es muy importante ya que controla el número de infecciones repetidas que pueden ocurrir durante el ciclo del cultivo. Por esta razón los patógenos policíclicos que atacan repetidamente durante el ciclo de cultivo, si tienen un corto ciclo de reproducción (latencia) serán capaces de generar epidemias más explosivas. Enfermedades como las royas, manchas y oídios son típicamente policíclicas. En estas enfermedades las infecciones secundarias y la **tasa epidemiológica** son determinantes.

RELACIÓN ENTRE FUNGICIDAS Y EPIDEMIOLOGÍA

Los fungicidas pueden ser utilizados para disminuir el inóculo inicial y/o la tasa epidemiológica. Cuando se realizan los tratamientos químicos en semillas para cultivos extensivos el fungicida tendrá como objetivo fundamental evitar el pasaje del patógenos a los órganos aéreos y/o radicales, proteger de la acción de hongos de suelo, y en menor medida, disminuir las primeras infecciones de patógenos no llevados por al semillas, pero si por el viento (royas y oídios). De esta forma el fungicida actuará principalmente sobre el inóculo inicial este tipo de práctica en semilla es muy útil especialmente en patógenos **monocíclicos** como los causantes de los carbones en cereales de invierno o en aquellos **policíclicos** necrotróficos

de baja diseminación anemófila cuya fuente de inóculo sea exclusivamente la semilla (ausencia de rastrojo en campos vírgenes o bajo rotación de cultivos). En estos casos lo esencial es lograr la erradicación o eliminación del inóculo de la semilla (inóculo inicial) era evitar la introducción del patógeno.

Sin embargo el uso más frecuente de los fungicidas es su aplicación en órganos aéreos en enfermedades **policíclicas**. Muchos fungicidas se aplican en cultivos extensivos para controlar los patógenos foliares causantes de manchas, royas y oídios, donde las epidemias resultantes resultan de alta tasa epidemiológica. Por ello el impacto de los fungicidas en este tipo de uso, es la de bajar la tasa epidemiológica es decir frenar el crecimiento del patógeno y de la enfermedad. Dependiendo del momento, dosis, tecnología y ambiente de aplicación, tipo de molécula, agresividad del patógeno esta disminución podrá ser más o menos significativa variando por lo tanto el éxito obtenido.

BIBLIOGRAFIA

- BERGER, R. D.** 1977. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control Annual Review Phytopathology 15: 165-183.
- KRANZ, J.** 1974. Comparasion of epidemics Annual Review Phytopathology 12 355-374.





Respuesta vegetal al control químico de roya en trigo

C.A. Pérez¹, H.A. Villar¹, L. Viega², E. Hoffman³

La roya de la hoja se ha constituido en una de las principales enfermedades foliares de la producción de trigo en Uruguay (Germán *et al.*, 2009; Germán *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2011). Si bien hay consenso respecto a que la resistencia genética es la principal herramienta para minimizar la interferencia de la roya de la hoja sobre el rendimiento, es cada vez más frecuente que los técnicos se vean enfrentados a la disyuntiva de elegir un cultivar de alto potencial pero susceptible a esta enfermedad. En este sentido, la estructura de siembra del 2010 mostró que el 69% del área sembrada correspondió a cultivares caracterizados con altos niveles de infección a roya de la hoja (Anónimo, 2011; Germán y Castro, 2011).

No sólo la estructura de cultivares ha permitido un aumento significativo de la importancia de la roya de la hoja sobre la producción de trigo, sino que además han habido cambios en la estructura de la fecha de siembra. La tendencia a adelantar la siembra del cultivo de trigo a principios de mayo (Hoffman y Castro, 2012) resulta en una exposición del cultivo a condiciones mayores de temperaturas en etapas iniciales del ciclo, favoreciendo la ocurrencia de infecciones tempranas (Germán y Castro, 2011). Estas infecciones, si bien pueden no alcanzar elevados niveles de severidad, su importancia radica en que aseguran la presencia de inóculo local para los

veranillos del invierno y para la primavera, permitiendo que la epidemia tenga un desarrollo explosivo mediante ciclos secundarios cuando se eleva la temperatura.

El aumento en la temperatura no sólo favorece el proceso de infección, sino que además disminuye el período de latencia, o sea, el período que transcurre desde la infección hasta que se comienza a generar inóculo secundario producto de dicha infección, resultando en un aumento explosivo en la presión de inóculo (Stubbs *et al.*, 1986). En síntesis, exponer el cultivo a condiciones de mayores temperaturas permite un aumento en la tasa de desarrollo de la epidemia.

En este marco, las siembras tempranas y/o uso de cultivares altamente susceptibles no sólo puede comprometer directamente al rendimiento de cada cultivar, sino que además, indirectamente compromete el desempeño del resto de los cultivares que se ven expuestos a una mayor presión de inóculo. Germán y Castro (2011) demostraron que varias razas virulentas a varios de los cultivares más susceptibles, presentan además virulencia a otros cultivares que generalmente muestran menor susceptibilidad, pero ante altas presiones de inóculo podrían cambiar su comportamiento. Básicamente esto es lo que ha ocurrido con todos aquellos cultivares que año a año han mostrado

¹Unidad de Fitopatología, Departamento de Protección Vegetal, EEMAC, FAGRO, UdelaR, Uruguay

²Departamento de Biología Vegetal, FAGRO, UdelaR, Uruguay.

³Departamento de Producción Vegetal, EEMAC, FAGRO, UdelaR, Uruguay.



mayores niveles de infección, pasando de niveles bajo de infección a intermedios e incluso altos en el corto plazo.

Una vez instalado el cultivo, la única medida de manejo disponible para el manejo de epidemias de roya es la utilización de fungicidas foliares. En este sentido, los fungicidas han mostrado una excelente eficiencia de control cuando son aplicados oportunamente (Pereyra y Germán, 2012). Sin embargo, es fundamental comprender que el momento óptimo de aplicación está fuertemente determinado por la resistencia del cultivar. La información nacional indica que la utilización de cultivares altamente susceptibles condiciona el éxito en el manejo de epidemias de roya mediante el control químico. Si bien el momento óptimo de aplicación se define mediante un monitoreo de la enfermedad, Pérez *et al.* (2011a) en un experimento realizado en la EEMAC determinaron que el nivel de infección en Baguette 9 pasó de 1,5% (no alcanzando el nivel crítico (Díaz de Ackerman, 1996), a 13,4% de severidad en sólo una semana (lecturas realizadas en Z40 y Z49, respectivamente). Esta explosión en la epidemia afectó significativamente la eficiencia de control de los fungicidas (Figura 1), los cuales no fueron capaces de minimizar el impacto de la roya sobre el número de hojas vivas, y su capacidad fotosintética, afectándose por consiguiente el llenado de grano, componente fundamental en un cultivar de las

características de Baguette 9 (Hoffman *et al.*, 2010).

Bajo estas condiciones, se podría concluir que el control de la roya de la hoja se basa en la aplicación de fungicidas ante la aparición de las primeras pústulas, sin embargo los resultados obtenidos con Atlax (cultivar menos susceptible que Baguette 9) indican que no necesariamente es así. Este cultivar permitió un seguimiento de la enferme-

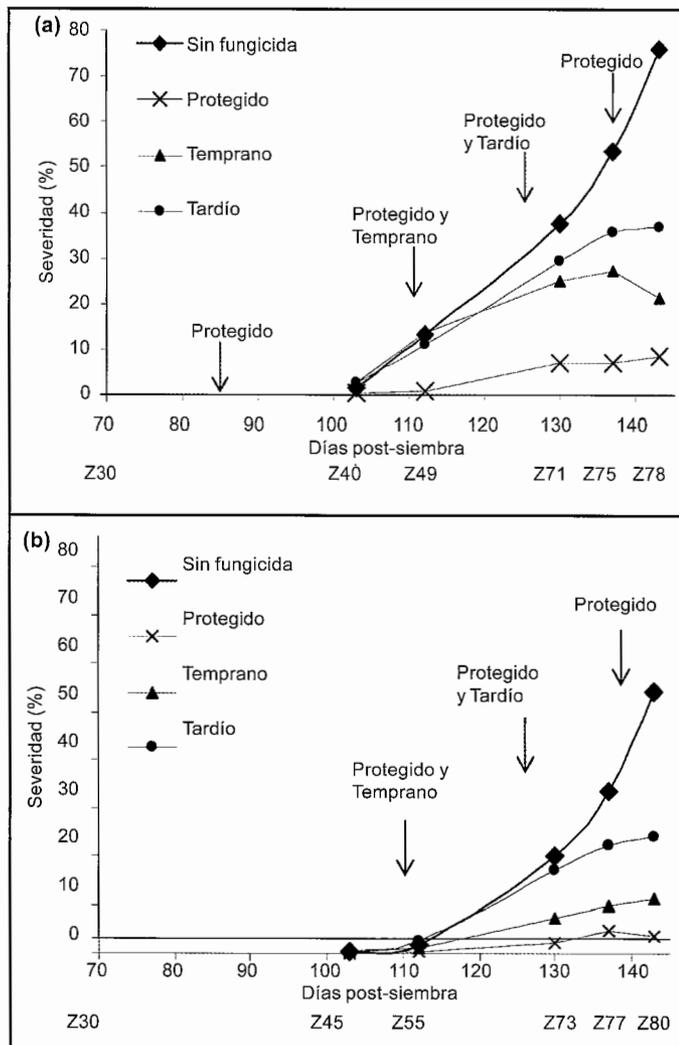


Figura 1. Evolución de la severidad de roya de la hoja en: a) Baguette 9, b) Atlax; según momento de aplicación de fungicidas. Las flechas indican los momentos de aplicación del fungicida según tratamiento. Debajo del eje de las abscisas se indica el estado fenológico del cultivo en cada momento (Pérez *et al.*, 2011b).

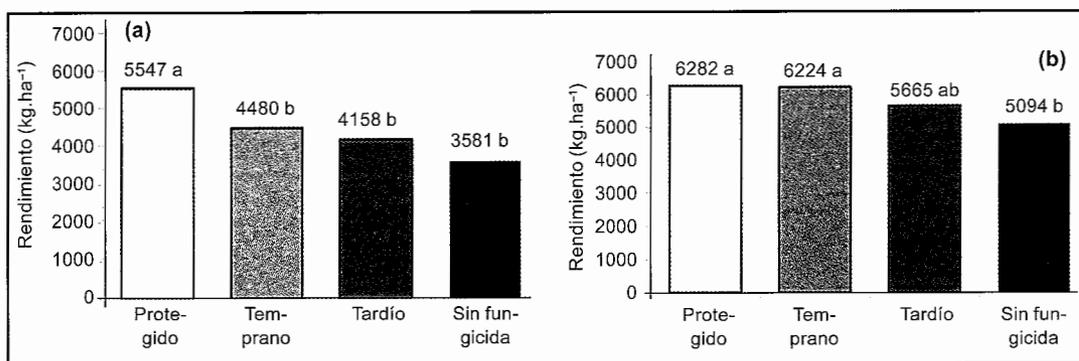


Figura 2. Rendimiento en grano según momento de aplicación del fungicida para: a) Baguette 9, y b) Atlax. Medias seguidas de por distinta letra difieren significativamente dentro de cada año y cultivar (LSD, $P=0,05$) (Pérez *et al.*, 2011b).

dad, habiéndose detectado trazas de la enfermedad a los 103 dps (Z 40), y 1,2% de severidad a los 112 dps (Z 49) (Figura 1). De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, la estrategia de aplicación ante la aparición de primeras pústulas sólo se justifica en cultivares de conocida susceptibilidad, altamente riesgosos, donde las epidemias pueden tener un crecimiento explosivo en muy corto tiempo. Para las condiciones del experimento, la tasa de cambio de la severidad de la roya de la hoja, fue de 1,7 y 0,13% severidad.día⁻¹, para Baguette 9 y Atlax, respectivamente.

Estas diferencias en el desarrollo de las epidemias según la estrategia para cada tipo de cultivar se ve claramente reflejada en el rendimiento obtenido, donde el «llegar tarde» con el fungicida en un cultivar altamente susceptible implica no poder disminuir la interferencia de la roya sobre el rendimiento, mientras que en un cultivar con menor grado de susceptibilidad la ventana de respuesta al fungicida es notoriamente mayor (Figura 2).

El impacto de las epidemias de roya de la hoja sobre el rendimiento de trigo está fundamentalmente explicado por un claro efecto sobre la eficiencia del uso del agua, la duración del área foliar

(DAF) y la actividad fotosintética de las hojas vivas remanentes (Bassanezi *et al.*, 2002; Viega *et al.*, 2009). El número de hojas vivas de un cultivo de trigo durante el llenado de grano está estrechamente relacionado al porcentaje de severidad de roya de la hoja, claramente, el estrés causado por la roya durante el llenado resulta en la muerte prematura de las hojas y por consiguiente en la reducción del DAF (Figura 3) (Pérez *et al.*, 2011b). En este sentido en un cultivar altamente susceptible la roya puede reducir un 55% el número de hojas vivas a Z75 (1,6 vs. 3,6 para el testigo y el protegido, respectivamente). La aplicación estratégica de fungicidas tiene un fuerte impacto sobre esta interacción entre el patógeno y el cultivo (Figura 4).

A su vez, la roya puede afectar la actividad fotosintética de las hojas remanentes, como consecuencia de la reducción en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada (número de hojas) y la absorbida (estimada mediante el índice de verde) (Carretero *et al.*, 2009). La estrategia de aplicación de fungicidas afecta significativamente la actividad fotosintética estimada mediante el índice de verde desarrollado por Witt *et al.* (2005). Según Pérez *et al.* (2011b) la aplicación de

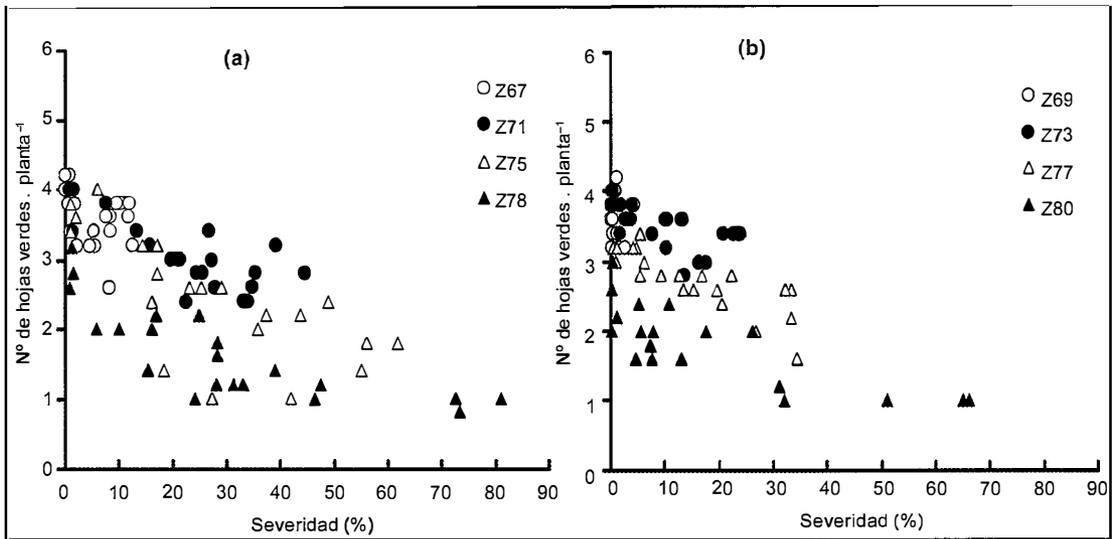


Figura 3. Número de hojas vivas por planta en función de la severidad de la enfermedad según estado fenológico del cultivo (escala Zadoks) en: a) Baguette 9 y b) Atlax (Pérez *et al.*, 2011b).

fungicidas temprano en el desarrollo de las epidemias permitieron reducir significativamente el impacto de la roya sobre la actividad fotosintética respecto al testigo sin aplicación. Mientras que aplicaciones tardías con niveles de infección superiores, no tuvieron un efecto significativo sobre el índice de verde, evidenciando una vez más la importancia del manejo oportuno de las epidemias (Cuadro 1).

Claramente la estrategia para lograr altos rendimientos es mantener un alto

DAF y permitir un completo llenado de los granos, lo cual fue logrado mediante aplicaciones tempranas de fungicidas. Definir una intervención a destiempo (aplicación tardía) no permitió reducir significativamente los niveles de infección por roya, ni mantener un adecuado número de hojas vivas para llenar el grano, y por consiguiente dicha intervención no pudo reducir significativamente el impacto de la enfermedad sobre el rendimiento. (Carretero *et al.*, 2009; Formento y de Souza, 2007; Robert *et al.*, 2004).

Cuadro 1. Índice de verde (IV) según momento de aplicación del fungicida. Valores promedio de ambos cultivares según estrato del follaje y momento de aplicación al estado de Z71 y Z77 en el año 2010 (Pérez *et al.*, 2011b)

Tratamiento	Lectura a Z71			Lectura a Z77		
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
	———Valor IV———			———Valor IV———		
Protegido	1,98 a	3,47 a	4,41 a	0,00	1,46 a	3,32 a
Temprana	1,67 ab	3,48 a	4,37 a	0,00	0,64 b	2,98 ab
Tardía	1,08 bc	2,68 b	4,09 a	0,00	0,03 c	2,46 b
Sin fungicida	0,88 c	2,03 b	4,08 a	0,00	0,00 c	0,60 c

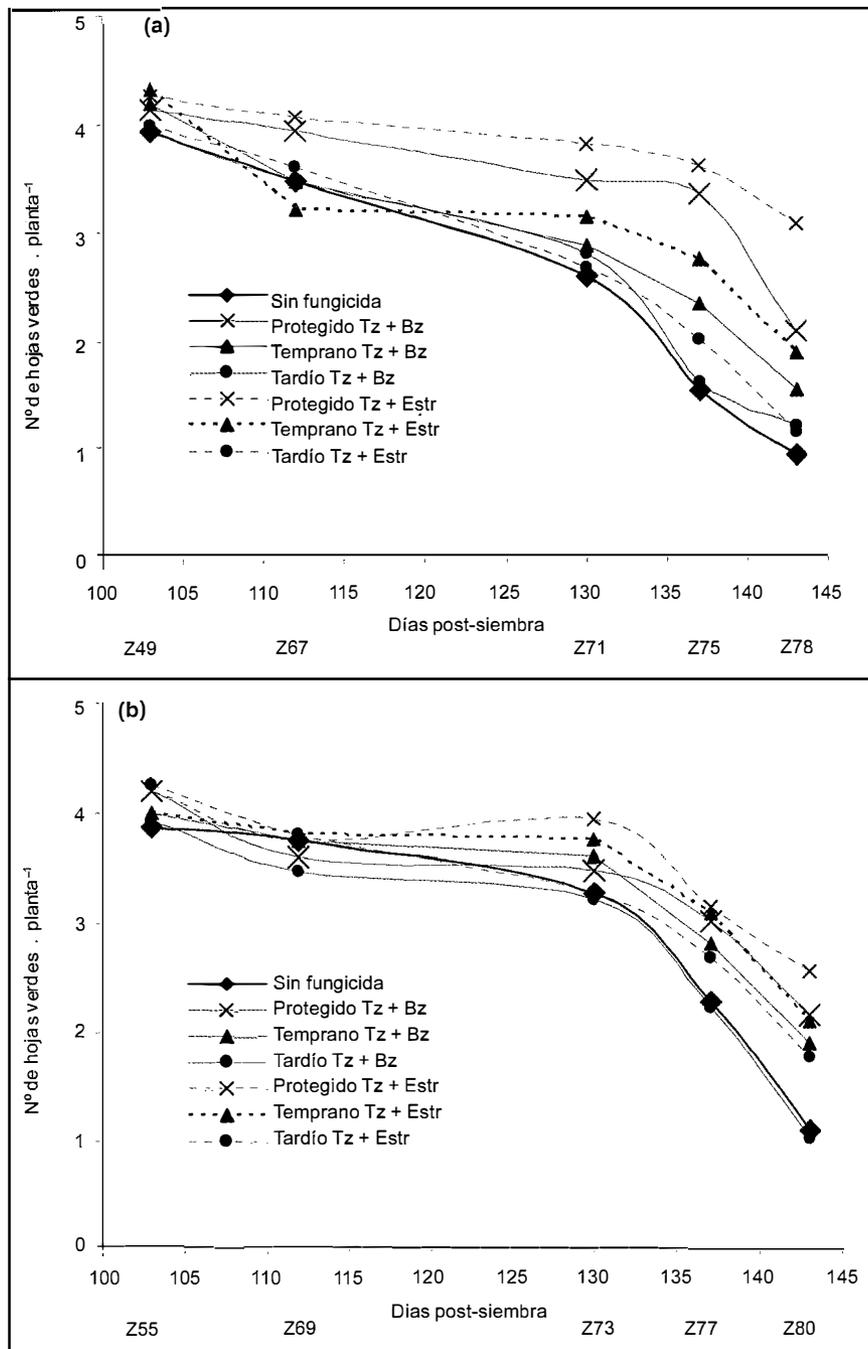


Figura 4. Evolución del número de hojas vivas en función de los días post-siembra y el estado fenológico del cultivo (escala Zadoks), según fungicida y momento de aplicación para: a) Baguette 9, y b) Atlax. Tz=epoxiconazol, Bz=carbendazim, Estr=pyraclostrobin (Pérez *et al.*, 2011b).

Pero no sólo el momento de aplicación del fungicida afecta de forma diferencial el impacto de la roya sobre la fisiología del cultivo, sino que el fungicida a utilizar puede también afectarlo de

manera diferencial. Esto fue demostrado por Pérez *et al.* (2011b) donde la aplicación de un fungicida mezcla de triazol + estrobilurina resultó en un mayor DAF (Figura 3), y un mayor índice



Cuadro 2. Índice de verde (IV) según fungicida. Valores promedio de ambos cultivares y distintos momentos de aplicación según estrato del follaje y fungicida al estado de a Z71 y Z77.

Tratamiento	Lectura a Z71			Lectura a Z77		
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
	——Valor IV——			——Valor IV——		
Opera	1,83 a	3,48 a	4,34 a	0,00	1,03 a	3,06 a
Swing	1,32 b	2,93 b	4,24 a	0,00	0,38 b	2,78 a
Sin fungicida	0,88 b	2,03 c	4,08 a	0,00	0,00 b	0,60 b

de verde (IV), sugiriendo una mayor actividad fotosintética de las hojas remanentes cuando se lo comparó con un fungicida mezcla de triazol + benzimidazol (Cuadro 2). Este efecto diferencial en la fisiología del cultivo resultó en diferencias significativas en la concreción del rendimiento (Figura 5).

En un cultivar altamente susceptible como Baguette 9, una única aplicación de un triazol + estrobilurina (epoxiconazol + pyraclostrobin) realizada temprano en el desarrollo de la epidemia, permitió evitar la pérdida de 1087 kg/ha (30% más de rendimiento que el testigo sin fungicida) y obtener un rendimiento similar al tratamiento protegido con aplicaciones periódicas. Mientras que una única aplicación de un triazol + benzimidazol (epoxiconazol + carbendazim), no logró evitar el impacto de la enfermedad sobre el rendimiento (Figura 5). Similares resultados fueron observados sobre un cultivar de susceptibilidad intermedia como Atlax, donde sólo la aplicación temprana de la mezcla de triazol + estrobilurina permitió reducir significativamente el impacto de la enfermedad, que en este cultivar causó pérdidas equivalentes a 1246 kg/ha (en este caso un 23% más de rendimiento que el testigo sin fungicida).

Estos resultados evidencian una interacción significativa en la resistencia

del cultivar*tipo de fungicida*momento de aplicación. En este sentido, los cultivares deben ser manejados considerando su grado de susceptibilidad, y por lo tanto no existe un único nivel crítico para definir el momento de intervención. Las epidemias de roya de la hoja en Baguette 9 tuvieron tasas de desarrollo explosivas, pasando de 1,5% al 13,4% de severidad en tan sólo 7 días. Por lo tanto en cultivares altamente susceptibles el seguimiento del cultivo debe ser más minucioso y la herramienta química debería utilizarse ante la aparición de los primeros síntomas. En cambio en cultivares con menor susceptibilidad a roya (como Atlax en el 2010, con susceptibilidad a la roya pero con menores tasas de desarrollo de la enfermedad en relación a Baguette 9), permiten un seguimiento de la evolución de la infección y un mejor ajuste al uso de niveles críticos de infección. En aquellos casos en que los niveles de infección superaron el nivel crítico de infección, los resultados indican que el uso de fungicidas mezclas triazol + estrobilurina muestran mejores performance que las mezclas triazol + benzimidazol (Pereyra y Germán, 2012; Pérez *et al.*, 2011b).

Estudios de este tipo permiten un mejor entendimiento de las distintas interacciones presentes al momento de definir una aplicación de fungicidas, evi-

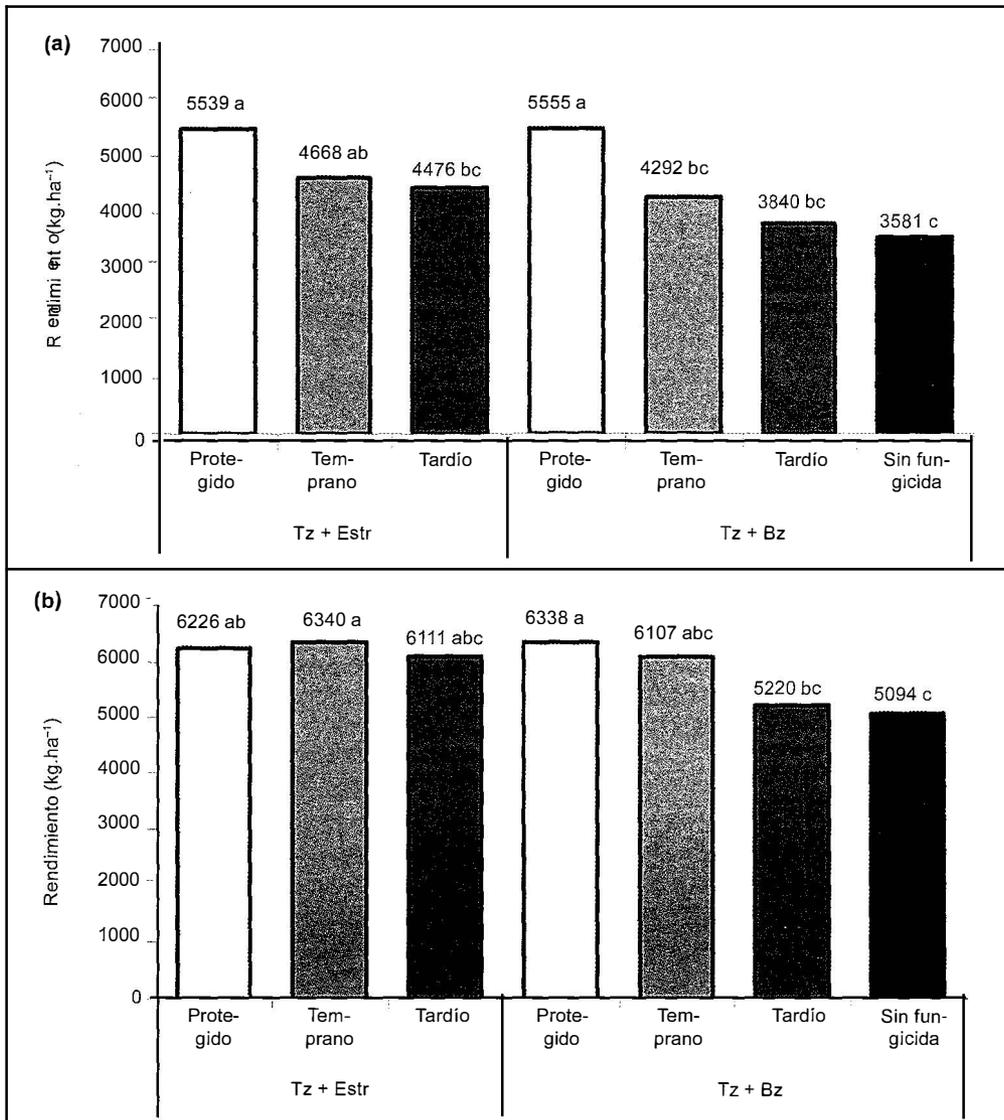


Figura 5. Rendimiento según momento de aplicación y fungicida para a) Baguette 9, y b) Atlax. Medias seguidas por distinta letra difieren significativamente dentro de cada año y cultivar (Tukey, $P=0.05$). Tz=epoxiconazol, Bz=carbendazim, Estr=pyraclostrobin (Pérez *et al.*, 2011b).

denciando claros efectos no sólo sobre las epidemias sino también una mejor comprensión de los impactos sobre los aspectos fisiológicos involucrados.

BIBLIOGRAFÍA

ANÓNIMO. 2011. Encuesta Agrícola 2011. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). Serie Encuestas N° 301. 30 p.

BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; BERGER, R.D. 2002. Gas exchange and emission of chlorophyll fluorescence during the monocycle of rust, angular leaf spot and anthracnose on bean leaves as a function of their trophic characteristics. *J. Phytopathology* 150:37-47.

CARRETERO, R.; SERRAGO, R. A.; BANCAL, M. O.; PERELLO, A. E.; MIRALLES, D.J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar disease in relation to their vertical position into the



- canopy in wheat. *Field Crops Res.* 116: 184-195.
- DÍAZ DE ACKERMAN, M.** 1996. Control químico de enfermedades en trigo. Boletín de divulgación N° 62. INIA, La Estanzuela. 24 p.
- FORMENTO, A.N.; DE SOUZA, J.** 2007. Efecto de la severidad de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) sobre los componentes del rendimiento de trigo. In : Estación Experimental Agropecuaria del Paraná. Actualización técnica Cultivos de Invierno. Serie extensión 42
- GERMÁN, S.; CASTRO, M.** 2011. Cambios Relevantes en la Población del Agente Causal de Roya de la Hoja de Trigo (*Puccinia triticina*). Serie de Actividades de Difusión 646:1-10.
- GERMÁN, S.; CHAVES, M.; CAMPOS, P.; VIEDMA, L.; MADARIAGA, R.** 2009. Are rust pathogens under control in the Southern Cone of South America? In: McIntosh, R.A. 2009. History and status of the wheat rusts. In R.A. McIntosh (ed.), Borlaug Global Rust Initiative 2009 Technical Workshop Proceedings. 17-20 March 2009. Cd. Obregon, Mexico: BGRI. Pp 65-73.
- GERMÁN, S.; DÍAZ, M.; PEREYRA, S.** 2010. Royas y oídio de trigo y cebada. In. Curso de actualización manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Actividades de Difusión 618. 25p.
- HOFFMAN, E.; FAJARDO, M.; BAETEN, A.; CADENAZZI, M.** 2010. Caracterización de cultivares de trigo Segundo ciclo Nogal, Atlax, Centauro, Baguette 19 y Baguette 9. Primer ciclo de: Biointa3004, INIA 2354, INIA Chimango, Cristalino y Meteoro. En 12ra Jornada sobre calidad de trigo. Mesa Nacional del Trigo. Durazno. 33 p.
- HOFFMAN, E.; CASTRO, A.** 2012. Cambios en la fecha de siembra de los cultivos de invierno en Uruguay: ¿cuan temprano podemos sembrar?. In Cangüé N° 32. En prensa
- PEREYRA, S.; GERMÁN, S.** 2012. Manejo de enfermedades en trigo y cebada en un contexto de márgenes reducidos. INIA. Serie de Actividades de Difusión 677:15-26.
- PÉREZ, C.A.; HOFFMAN, E.; VIEGA, L.; VILLAR, H.A.; ERNST, O.** 2011a. Manejo de enfermedades en sistemas agrícolas: mitos y realidades. II Simposio Nacional de Agricultura. 28-29 de setiembre del 2011. Paysandú
- PÉREZ, C.A.; VILLAR, H.A.; VIEGA, L.; CARABALLO, P.; MOREL, W.; ELLIOT, A.; BAETEN, A.; BENTANCUR, O.; HOFFMAN, E.** 2011b. Respuesta vegetal al control químico de la roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina*) en base a fungicidas con y sin estrobilurina. Premio Top-Ciencia. BASF. 12 de agosto, 2011. San Pablo, Brasil.
- ROBERT, C.; BANCAL, M. O.; NEY, B.; LANNOU, C.** 2005. Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust with respect to leaf development and leaf nitrogen status. *New Phytologist* 165: 227-241.
- STUBBS, R. W.; PRESCOTT, J. M.; SAARI, E. E.; DUBIN, H. J.** 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México. 46 p.
- VIEGA, L.; HOFFMAN, E.; GLISON, N.; PÉREZ, C.** 2009. Bases fisiológicas del comportamiento diferencial de cultivares de cebada frente al estrés causado por manchas foliares. Primer Simposio Nacional de Agricultura de Secano. Paysandú. 75-90 p.
- WITT, C.; PASUQUIN, J.M.; MUTTASE, R.; BURESH, R.J.** 2005. New leaf colour chart for effective nitrogen management in rice. *Better crops* 89:36-39.



Criterios para el uso de fungicidas en trigo y cebada

S. Pereyra¹

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades representan una de las principales limitantes para la producción de trigo y cebada en Uruguay. Éstas alteran las funciones fisiológicas que son necesarias para cumplir con los requerimientos de mantenimiento y desarrollo de las plantas. Así son afectados tanto el rendimiento como la calidad física e industrial del grano. Las enfermedades representan además una de las principales causas de retiro de cultivares de producción.

En el marco de los sistemas actuales de producción es estratégico disponer de planes específicos para el manejo de las enfermedades, que sean efectivos en el control y en relación al costo, sean de fácil aplicación, con bajo o nulo impacto negativo para el ambiente y aseguren la calidad e inocuidad demandada por los mercados y consumidores. Debido a que las enfermedades resultan de la interacción de procesos biológicos del cultivo y el patógeno con el ambiente, el manejo efectivo es posible mediante el uso combinado de prácticas que consideren a todos estos factores. Estos deben tener en cuenta la elección de la chacra y cultivar a sembrar, la sanidad de la semilla a utilizar, la fecha de siembra, y eventualmente la aplicación de fungicidas. Por lo tanto, la decisión de la aplicación de fungicidas estará ligada a situaciones en que alguna(s) de las demás medida(s) de control es (son) deficiente(s).

El objetivo de esta presentación es brindar información que auxilie en una decisión racional y económica para aplicar fungicidas en los cultivos de trigo y cebada en las condiciones de producción de Uruguay.

EL ROL DE LOS FUNGICIDAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Un programa de manejo integrado incluye el uso de todas las medidas de control disponibles intentando racionalizar la utilización de fungicidas. En la implementación del manejo integrado de las enfermedades de estos cultivos se deben integrar medidas como la rotación con cultivos no susceptibles, la elección de cultivares resistentes, el uso de semilla sana o curada apropiadamente para los patógenos presentes, la eliminación de plantas voluntarias que actúan como puente en la sobrevivencia de los patógenos, en especial de los causales de royas y oídios, la nutrición balanceada del cultivo y eventualmente, el uso de fungicidas.

El fungicida es, dentro del manejo de enfermedades, uno de los factores con mayor incidencia en la ecuación económica del cultivo. Por ello, evaluar si debe realizarse una aplicación de fungicida o no y la determinación del momento óptimo para realizarla en caso que sea necesaria, así como la elección correcta del producto y dosis son funda-

¹ Investigador Principal, INIA La Estanzuela.



mentales para el manejo sanitario del cultivo. Debe además estar unido al compromiso de llevar un monitoreo cercano de cada chacra con el fin de evaluar la necesidad de realizar la aplicación de fungicida.

¿QUÉ ASPECTOS HAY QUE CONSIDERAR EN EL MANEJO INTEGRADO DE FUNGICIDAS?

Determinar en forma práctica y útil la aplicación de fungicidas en trigo y cebada y en especial en situaciones de márgenes económicos estrechos, requiere tener en cuenta una serie de puntos:

1. Reconocimiento apropiado de la enfermedad

La identificación correcta de la enfermedad presente en un cultivo es muy importante. Si el cultivo presenta manchas foliares, en una primera instancia hay que diferenciar si son causadas por hongos, bacterias o si son de carácter abiótico. En el caso de bacteriosis (tanto causadas por *Pseudomonas syringae* como *Xanthomonas translucens*) o lesiones de carácter abiótico, los fungicidas no controlarán el problema. Específicamente en cebada, los síntomas iniciales de mancha en red tipo red, mancha en red tipo spot, Ramularia, manchas de origen abiótico, mancha borrosa y reacciones necróticas de oídio se confunden fácilmente y pueden requerir una inspección más detallada.

Los fungicidas pueden controlar enfermedades causadas por hongos, aunque los ingredientes activos y dosis a usar pueden llegar a ser diferentes en cada caso.

2. Conocer el comportamiento sanitario del cultivar

La respuesta al control químico es función entre otros factores del comportamiento sanitario del cultivar (Cuadros 1 y 2). Normalmente, los materiales categorizados como resistentes (B) o moderadamente resistentes (BI) no requieren aplicación de fungicidas para esa enfermedad en particular y no presentarán respuesta en rendimiento a la aplicación. Por otra parte en cultivares altamente susceptibles, la mayor respuesta se obtiene mediante la aplicación de fungicidas con mayor eficiencia de control y residualidad (mezclas de triazol y estrobilurina) al momento de aparición de primeros síntomas. No se recomienda en tal caso la aplicación de triazoles, y menos en forma tardía. Se presentará información de la respuesta de cultivares de trigo con comportamiento contrastante a roya de la hoja a distintas estrategias de control químico.

Es importante enfatizar el seguimiento de las enfermedades en cultivares con comportamientos sanitarios comprometidos (nivel de susceptibilidad A, I-A o I) desde etapas tempranas del cultivo (macollaje) para identificar el mejor plan de control químico. Por otra parte, cultivares que poseen resistencia de planta adulta (RPA) a roya de la hoja pueden presentar un nivel relativamente alto de enfermedad en etapas tempranas, pero al poseer un desarrollo lento de la enfermedad en etapas posteriores puede flexibilizarse el nivel crítico de infección para decidir el control químico (Pereyra *et al.*, 2011).


Cuadro 1. Comportamiento sanitario de los cultivares de trigo registrados para producción a abril 2012 (Castro *et al.*, 2012).

CULTIVARES	ENFERMEDADES					
	CICLO LARGO	MH	MA	FUS	RH	OIDIO
BIOINTA 3000	IA	A	IA	IA	BI	IA
BUCK CHARRUA	BI	IA	B	A	BI	B
KLEIN CAPRICORNIO	A	BI	B	I	A	BI
KLEIN GAVIOTA	I	A	BI	IA	I	B
LE 2210 (INIA TIJERETA)	IA	I	IA	IA	BI	B
LE 2245 (INIA GORRION)	I	I	BI	IA	I	I
LE 2313 (INIA GARZA)	I	I	I	I	IA	B
LE 2346 (GENESIS 2346)	IB	IA	IA	B	BI	B
LE 2358 (GENESIS 2358)	I	IA	BI	I	I	I
LE 2359 (GENESIS 2359)	B	BI	IA	I	B	BI
LE 2366	IB	IA	IB	B	BI	B
BIOINTA 3005	I	I	IA	I	I	B
KLEIN GUERRERO	I	I	BI	I	BI	B
KLEIN PANTERA	BI	I	I	AI	BI	B
KLEIN YARARA	IA	I	IA	IA	B	BI
NT 901	IA	IB	I	IA	B	I
CICLO INTERMEDIO						
ACA 901	IA	I	I	I	BI	I
BAGUETTE 17	I	IA	IA	A	B	A
BAGUETTE 18	BI	IA	I	A	B	A
BAGUETTE 19	IB	I	BI	AI	I	A
BAGUETTE 9	I	I	A	A	B	A
BAGUETTE PREMIUM 11	IB	BI	I	AI	BI	A
BAGUETTE PREMIUM 13	IB	I	IA	A	BI	A
BIOINTA 1006	A	I	IA	B	A	AI
BIOINTA 2004	B	I	BI	B	B	BI
INIA MIRLO	BI	I	A	A	IB	B
KLEIN CHAJA	AI	A	AI	I	BI	BI
KLEIN FLECHA	IB	I	I	I	BI	BI
KLEIN TAURO (TCS)	AI	I	I	BI	BI	I
LE 2331 INIA DON ALBERTO	I-IA	IA	A	BI	BI	I
LE 2332 INIA MADRUGADOR	IA	A	I	I	A	I
LE 2333 INIA CARPINTERO	I	I	I	AI	I	BI
LE 2354 (GENESIS 2354)	B	I	IA	BI	I	BI
LE 2357	BI	I	BI	I	IA	A
LE 2369	I	I	I	I	IA	B
NOGAL	B	BI	A	I	B	BI
AREX	B	I	IA	A	B	IA
BIOINTA 1005	AI	AI	A	B	BI	B
EXP ACA 201	I	I	I	I	BI	B
FD 07135	B	I	I	BI	BI	A
KLEIN LEON	I	IA	I	I	B	BI
KLEIN NUTRIA	IB	I	IB	BI	BI	B
KLEIN TIGRE	AI	I	I	IA	B	B
LE 2375	BI	B	BI	BI	BI	I
NT905	BI	I	I	AI	BI	A
ZARATINA 2061	IB	IA	IA	BI	BI	B

MH: Mancha de la hoja o septoriosis, causada por *Septoria tritici*; MA: Mancha amarilla o parda causada por *Drechslera tritici-repentis*; FUS: Fusariosis de la espiga, causada por *Fusarium* spp.; RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia triticina*; OIDIO: Oídio causado por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*; RT: Roya del tallo, causada por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*; **A**: susceptibilidad alta; **I**: susceptibilidad intermedia; **B**: susceptibilidad baja



Cuadro 2. Comportamiento sanitario de los cultivares de cebada registrados para producción a abril 2012 (modificado de Castro *et al.*, 2012).

CULTIVARES	ENFERMEDADES							
	ESC	MRTR	MRTS	MB	FUS	RH	OIDIO	RT
ACKERMAN LAISA	I	IA	A	I	IA	B	B	BI
ACKERMAN MADI	A	A	A	I	IA	B	BI	IA
MUSA 19 (AMBEV 19)	IA	IA	AI	I	IA	IB	B	I
AMBEV 293	IB	B	IA	BI	AI	A	A	B
MUSA 31 (AMBEV 31)	A	B	IA	I	IB	B	A	B
AMBEV 79	A	I	IA	IB	IA	BI	A	B
BARKE	IA	A	IB	AI	I	BI	BI	IA
CLE 202 (INIA CEIBO)	BI	B	IB	IA	IA	A	A	I
CLE 233 (INIA ARRAYAN)	B	B	IB	I	I	IA	IA	I
CONCHITA	BI	BI	I	IA	A	BI	B	I
DANUTA	IB	IA	IA	IA	I	B	B	I
AMBEV 23 (MP1010)	IB	BI	IA	IA	BI	BI	I	I
MUSA 936	A	B	A	IA	IA	IA	IA	B
NORTEÑA CARUMBE	IA	BI	IA	I	A	I	A	B
NORTEÑA DAYMAN	IA	I	A	I	IA	A	AI	B
PERUN (T)	A	A	I	BI	A	A	I	BI
AMBEV 84	IB	IB	IA	BI	IA	B	B	BI
CLE 263	B	B	IA	AI	IB	A	IA	I
CLE 267	B	B	I	A	I	AI	I	B
KWS ALICIANA	IA	I	AI	(I)	AI	BI	B	I
MOSA/08/195	BI	I	AI	(BI)	AI	BI	B	I
MOSA/08/201	BI	BI	A	AI	IA	BI	B	I
MOSA/08/215	IB	B	IA	AI	IA	IB	B	IA
MOSA/08/218	IB	I	AI	A	IA	BI	B	s/d
YUKATA	IB	B	IA	AI	I	BI	B	IA

ESC: Escaldadura causada por *Rhynchosporium secalis*; MRTR: Mancha en red tipo red causada por *Drechslera teres* f. *teres*; MRTS: Mancha en red tipo spot causada por *Drechslera teres* f. *maculata*; MB: Mancha borrosa causada por *Bipolaris sorokiniana*; FUS: Fusariosis de la espiga, causada por *Fusarium* spp. (principalmente *F. graminearum* y *F. poae*); RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia hordei*; OIDIO: Oídio causado por *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*; RT: Roya del tallo, causada por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*; () Información parcial; A: susceptibilidad alta; I: susceptibilidad intermedia; B: susceptibilidad baja

3. Cuantificar la(s) enfermedad(es) presente(s) en la chacra

Para un adecuado manejo de las enfermedades es deseable que se realicen monitoreos semanales desde inicios del macollaje para determinar el estado sanitario de los cultivos. En éstos deben evaluarse los niveles de infección de la chacra, ya sea en términos de incidencia y/o severidad para el caso de las enfermedades foliares. Los monitoreos deben ser realizados según se detallará en la presentación «Técnicas

de muestreo de chacras» del Dr. E. M. Reis.

Tradicionalmente se ha recomendado la utilización de niveles críticos [nivel de incidencia o severidad de la enfermedad a partir del cual la pérdida en rendimiento justifica el costo de la aplicación (Ecuación 1)] calculados en base a las funciones de pérdidas para el control de las enfermedades foliares de trigo y cebada (Díaz de Ackermann, 1996; Pereyra, 1996; Pereyra, 2005; Pereyra *et al.*, 2005; Pereyra y Díaz de



Ackermann, 2007; Díaz de Ackermann; 2011a).

$$\text{Ecuación 1} \quad NC = \frac{(CP + CA) 100}{P * \text{coef.} * Re}$$

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

Para la zafra 2012 los costos promedios de fungicidas (*CP*) estarán en el rango *U\$S 11-27/ha* (desde triazoles a mezclas triazol-estrobilurina) y los costos de aplicación (*CA*) en el orden *U\$S 7,5-8,5/ha* terrestre y *U\$S 13-14,7/ha* aérea (Fuentes: CALMER, CADEL). Los precios estimados de trigo para la presente zafra se encuentran en el entorno de *U\$S 230* y de cebada *U\$S 220* (Fuente: OPYPA, abril 2012).

En la situación actual de precios, los valores críticos resultantes se encuentran muy cercanos a inicios de infección (royas, oidio y mancha borrosa: 3-5% severidad o 40-60% de incidencia; otras manchas foliares: 5-6% de severidad o 50-60% de incidencia).

Con aplicaciones posteriores a estos niveles la eficiencia de control y la residualidad de los fungicidas disminuyen. Los niveles críticos se ofrecen sólo como una guía y deben ser considerados en el contexto de los demás factores mencionados y como una herramienta más disponible para decidir la aplicación.

Por su parte, el control de la fusariosis de la espiga debe ser preventivo si los pronósticos prevén condiciones predisponentes o mediante consultas al

sistema de predicción DONcast (<http://www.inia.org.uy/online/site/15785211.php>). El momento fenológico óptimo para el control químico de esta enfermedad es inicios de floración en trigo y espigazón en cebada.

4. Seleccionar fungicida y dosis adecuados

La eficiencia de control de los diferentes productos disponibles (en las dosis recomendadas) en el mercado dependen de la enfermedad a controlar. Anualmente se actualiza la eficiencia de control de distintos fungicidas con información generada desde hace varios años para las distintas enfermedades de trigo y cebada (Cuadros 3 y 4). En general las mezclas de triazol y estrobilurina tienen mayor eficiencia de control general para todas las enfermedades foliares y son las recomendadas para el tratamiento de cultivares altamente susceptibles, aún en el caso de roya de la hoja.

La tecnología de aplicación debe seguir las recomendaciones de la presentación «Tecnología de aplicación de fungicidas en trigo» de la Dra. J. Villalba.

CONSIDERACIONES FINALES

En un contexto donde los márgenes económicos están ajustados es importante eficientizar el uso de las medidas disponibles para el control de las enfermedades. Especial énfasis debe darse a la utilización de medidas proactivas (pre-siembra), al seguimiento de cultivos sobre rastrojo infectado y/o con comportamiento susceptible a moderadamente susceptible. En estos casos es importante considerar la aplicación de fungicidas a niveles de infección tan bajos como aparición de síntomas y con

**Cuadro 3.** Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados por al menos dos zafras con alta infección de enfermedades en trigo en INIA La Estanzuela (1984-2011).

Ingrediente activo (nombre comercial evaluado)	Dosis l/ha	MH ¹	MA ¹	RH ¹	FUS ¹	OIDIO
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	0,75-1	A/I ^{2,3}	I	I	I	A
Difenoconazol + propiconazol (<i>Taspa</i>)	0,20-0,25	I	I ³	I	-	I
Metconazol (<i>Caramba</i>)	1	-	I	IB	A	A
Propiconazol (<i>Tilt</i>)	0,5-1	A/I ³	-	A	-	A
Tebuconazol (<i>Folicur</i>)	0,45	I	I	I	A	A
Tebuconazol (<i>Orius 250 EW</i>)	0,75	-	-	I	-	-
Tebuconazol (<i>Silvacur 25 EW</i>)	0,70	-	IA	-	-	-
Flusilazol + carbendazim (<i>Fusión</i>)	0,8-1	A	A	I	-	-
Propiconazol + ciproconazol (<i>Artea</i>)	0,4	I	IA	IA	-	-
Azoxistrobin (<i>Amistar</i>)	0,4-0,5	I	A	-	-	B
Azoxistrobin + A.M. (<i>Amistar + Nimbus</i>)	0,3	I	I	A	-	-
Azoxistrobin+ ciproconazol +A.M. (<i>AmistarXtra+Nimbus</i>)	0,35	I	I	A	-	-
Trifloxistrobin + ciproconazol (<i>Sphere</i>)	0,60-0,75	I	I	I	-	A
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Opera</i>)	1	A	A	A	A ⁴	A
Trifloxistrobin + propiconazol (<i>Stratego</i>)	0,50-0,75	I	B/I ³	A	-	I
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegro</i>)	1	A	A	A	-	A
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	0,8	A	IA	AI	I	-
Azoxistrobin + tebuconazol (<i>Ventum Plus</i>)	0,4-0,5	I	IA	A	-	-
Kresoxim-metil + tebuconazol (<i>Conzerto</i>)	1	-	-	IA	-	-
Azoxistrobin + ciproconazol (<i>StigmarXtra</i>)	0,3	I	I	A	-	-

¹ MH: Mancha de la hoja o septoriosis, causada por *Septoria tritici*; MA: Mancha amarilla o parda causada por *Drechslera tritici - repentis*; FUS: Fusariosis de la espiga, causada por *Fusarium* spp.; RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia triticina*; OIDIO: Oídio causado por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*; ² Eficiencias de control: A: ALTA; I: INTERMEDIA; B: BAJA; ³ Depende de la dosis; ⁴ niveles de DON similares a testigo sin fungicida

productos y dosis que aseguren la mayor eficiencia de control y residualidad.

BIBLIOGRAFÍA CITADA Y/O SUGERIDA

CASTRO, M.; PEREYRA, S.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D. 2012 Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigos, cebadas y colza de los 3 últimos años período 2008-2009-2010. Resultados Experimentales N° 12. INASE INIA Uruguay, abril de 2012.

DÍAZ DE ACKERMANN M. 1996. Control químico de enfermedades en trigo. Boletín de Divulgación N° 62, INIA La Estanzuela. 24p.

DÍAZ DE ACKERMANN, M. 2011a. Septoriosis de la hoja del trigo. Pp.75-93. IN: Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Técnica N°189. INIA Uruguay. Hemisferio Sur.

DÍAZ DE ACKERMANN, M. 2011b. Mancha parda o amarilla del trigo. Pp.94-110. IN: Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Técnica N°189. INIA Uruguay. Hemisferio Sur.

DÍAZ DE ACKERMANN, M.; PEREYRA, S. 2011. Fusariosis de la espiga de trigo y cebada. Pp.111-128. IN: Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Serie Técnica N°189. INIA Uruguay. Hemisferio Sur.

GERMÁN, S.; DÍAZ DE ACKERMANN, M.; PEREYRA, S. 2011. Royas y oidio de trigo y cebada. Pp.139-163. IN: Manejo de enfer-



Cuadro 4. Eficiencia de control de distintos fungicidas evaluados por al menos dos zafras con alta infección de enfermedades en cebada en INIA La Estanzuela (1998-2011).

Ingrediente activo (nombre comercial evaluado)	Dosis (cc/ha)	MRTR ¹	MRTS ¹	ESC ¹	MB ¹	FUS	RH	OID
Carbendazim + epoxiconazol (<i>Swing</i>)	1	I ²	-	I	I	-	IA	IA
Difenoconazol + propiconazol (<i>Taspa</i>)	0,25	I	-	I	-	-	-	-
Metconazol (<i>Caramba</i>)	1	I	-	I	-	AI	-	-
Propiconazol (<i>Tilt</i>)	0,5	I	-	I	-	-	IA	-
Tebuconazol (<i>Folicur</i>)	0,45	I	-	I	-	IA	IA	-
Tebuconazol (<i>Silvacur 25EW</i>)	0,75	I	I	I	BI	IA	IA	IA
Tebuconazol (<i>Orius</i>)	0,75	I	I	-	-	IA	IA	AI
Tebuconazol (<i>Bucaner 25EW</i>)	0,75	IB	-	-	IB	-	IA	IA
Propiconazol + ciproconazol (<i>Artea</i>)	0,4	I-A	-	-	I	-	A	A
Azoxistrobin (<i>Amistar</i>)	0,4	B ⁴ /A	-	B	-	B	-	-
Azoxistrobin + A.M. (<i>Amistar + Nimbus</i>)	0,3	I	-	-	IA	-	A	-
Azoxistrobin+ ciproconazol +A.M. (<i>AmistarXtra+Nimbus</i>)	0,35	A	-	-	A	-	A	AI
Trifloxistrobin + ciproconazol (<i>Sphere</i>)	0,6	A	-	I-A	A	-	-	-
Piraclostrobin + epoxiconazol (<i>Opera</i>)	1	A	A	A	A	I	A	A
Trifloxistrobin + propiconazol (<i>Stratego</i>)	0,75	I-A	-	A	-	-	-	-
Kresoxim-metil + epoxiconazol (<i>Allegra</i>)	1	A	IA	-	IA	I	A	A
Trifloxistrobin + tebuconazol (<i>Nativo</i>)	0,8	A	A	-	A	-	A	A
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>Conzerto</i>)	1	IA	I	-	IA	-	A	A
Azoxistrobin+tebuconazol (<i>Ventum Plus</i>)	0,4-0,5	A-I	-	-	IA	-	AI	AI
Kresoxim-metil+tebuconazol (<i>Orchestra</i>)	1-1,25	-	-	-	-	-	AI	A
Azoxistrobin + ciproconazol (<i>StigmarXtra</i>)	0,3	I	I	-	-	-	A	A

¹ MRTR: mancha en red común, MB: mancha borrosa, ESC: escaldadura, MRTS: mancha en red tipo spot; FUS: fusariosis de la espiga; RH: roya de la hoja; OID: oídio.

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

³: Información de un año.

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

medades en trigo y cebada. Serie Técnica N°189. INIA Uruguay. Hemisferio Sur.

PEREYRA S. 1996. Estrategias para el control químico de enfermedades en cebada. Boletín de Divulgación N°57. INIA Uruguay. 20p.

PEREYRA S. 2005. Uso de fungicidas en cebada. Pp. 5-9. IN: Jornada Técnica de Cultivos de invierno. Serie Actividades de Difusión N°404. INIA Uruguay..

PEREYRA, S.; STEWART, S.; DÍAZ DE ACKERMANN, M. 2005. Manual para la identificación de enfermedades en cereales de invierno. 2ª ed. Boletín de Divulgación N°61. INIA Uruguay.

PEREYRA, S.; DÍAZ DE ACKERMANN, M. 2007. Uso de fungicidas para el control de roya de la hoja de la hoja en cebada y trigo.

p. 15-24. IN: Jornada Técnica de Cultivos de invierno. Serie Actividades de Difusión N°484. INIA Uruguay.

PEREYRA S.; GERMÁN S.; DÍAZ, M. 2011. Del patógeno al cultivo: sus interacciones y alternativas de manejo en la producción de trigo y cebada. Pp.89-109. IN: II Simposio Nacional de Agricultura. E. Hoffmann, A. Ribeiro, O. Ernst, F. O. García eds. Universidad de la República. Hemisferio Sur.

PÉREZ, C.; HOFFMAN, E.; VIEGA, L.; VILLAR, A.; ERNST, O. 2011. Manejo de enfermedades en sistemas agrícolas: demitificando algunas realidades. Pp. 119-131. IN: II Simposio Nacional de Agricultura, E. Hoffman, A. Ribeiro, O. Ernst, F. O. García eds. Universidad de la República. Hemisferio Sur.





Criterios para la toma de decisión del control químico foliar en trigo y cebada

M. Carmona¹, F. Sautua², E.M. Reis³

Las enfermedades constituyen actualmente una de las principales limitantes en la potencialidad de los rindes de los cultivos de trigo y cebada. Este hecho se ha agravado en los últimos diez años, debido a que el escenario productivo de este cultivo en la Región del Mercosur, ha registrado significativos cambios: difusión de numerosos genotipos susceptibles, el crecimiento del área bajo siembra directa sin rotación, el uso de semillas infectadas, y la aplicación de riego, resultan preocupantes, ya que han contribuido al aumento de la presión de inóculo de los patógenos causantes de las enfermedades.

Entre las enfermedades con mayor impacto sobre la productividad se destaca el grupo de las enfermedades foliares (septoria, mancha amarilla, royas, mancha en red, mancha borrosa), registrándose alta incidencia de las mismas en todas las regiones cerealeras del Mercosur.

Las pérdidas varían fundamentalmente según el año y susceptibilidad de los genotipos. Las manchas foliares son más severas y aparecen más frecuentemente en lotes bajo monocultivo y siembra directa. Respecto a la roya naranja del trigo, su gran plasticidad en cuanto a requerimientos térmicos y la frecuente siembra de cultivares susceptibles le ha permitido un crecimiento

continuo en la Región. Estas razones hacen que la roya de la hoja sea considerada, una de las más importantes enfermedades objeto de control. Los daños de rendimiento de granos causados por la roya dependen del estadio de desarrollo en que ocurre la enfermedad y principalmente, de la severidad, la cual es a su vez función de: la susceptibilidad del cultivar, de la virulencia de la raza y de las condiciones ambientales. De manera general se puede afirmar que la gravedad de la roya es tal que obliga a los productores a abandonar cultivares y a los mejoradores a generar otros en forma constante.

UMBRALES DE DECISIÓN EN TRIGO

Los umbrales para la aplicación de fungicidas en el cultivo de trigo 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. Sus datos fueron obtenidos de ensayos realizados a campo (Buenos Aires y Santa Fe) donde se obtuvieron diferentes gradientes de enfermedad de roya naranja y manchas foliares que fueron asociados con los rendimientos para obtener las funciones de daño (Carmona *et al.*, 1999; Carmona *et al.*, 2000; Carmona *et al.*, 2005; Sugia, 2009).

¹ Profesor Titular, Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires FAUBA.

² Docente-Investigador, Cátedra de Fitopatología, FAUBA.

³ Profesor Titular, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo Fundo, Brasil.



Desde el punto de vista práctico, el concepto de Umbral de Daño Económico (**UDE**) se expresa como el valor de enfermedad en el cual la pérdida ocasionada equivale al costo de aplicación del fungicida. Además, para formular la recomendación práctica al productor es necesario calcular el Umbral de Acción (**UDA**), es decir el valor de enfermedad en el cual deberán efectuarse las aplicaciones para evitar que se alcance el **UDE**. Considerando que para la eficiencia del control químico no se debe permitir que la incidencia y/o severidad exceda el **UDE** (relación de indiferencia), la aplicación debe ser realizada un poco antes, debido a que tanto la implementación del control así como la acción del fungicida, demandan tiempo. Como el **UDA** siempre es menor al **UDE**, se propone preliminarmente, un **UDA** de 5 puntos inferiores al **UDE**.

En este caso, la aplicación de un producto fitosanitario encuentra justificación debido a que sus beneficios futuros superarán ampliamente sus costos actuales. Si las pérdidas causadas por la enfermedad fueran menores que el costo de aplicación, el control químico ya no sería justificable. Si por el contrario, no se realiza la aplicación al llegar al umbral, las pérdidas podrían resultar irreversibles.

Cuando ocurren conjuntamente en un cultivo dos o más enfermedades (ejemplo: royas y manchas foliares), la primera que alcance el **UDA** determinará el momento para la primera aplicación. Una posterior aplicación podrá ser hecha siempre que alguna de las enfermedades alcance otra vez el **UDA**.

No se recomienda sumar los **UDA** de dos o más enfermedades. Generalmente siempre existe la predominancia de una de las dos enfermedades que finalmente guiará la decisión. Los cultivares

clasificados como resistentes (R) a roya de la hoja no responden económicamente al control químico.

Es conveniente recordar que estos umbrales no son fijos y que deben ser actualizados permanentemente en función del valor económico y susceptibilidad del hospedante, valor del fungicida, rendimiento potencial, presión de inóculo, etcétera. Finalmente, es necesario destacar que los umbrales siempre están comprendidos dentro del período crítico de generación de rendimiento del hospedante, permitiendo la integración entre el fungicida, la vida del hospedante y los criterios epidemiológicos de control

UMBRALES DE DECISIÓN EN CEBADA

Los umbrales para el manejo de manchas foliares en cebada fueron obtenidos siguiendo los mismos conceptos y lineamientos aplicados para el cultivo de trigo (Carmona *et al.*, 2011). La determinación se realizó principalmente para la mancha en red y escaldadura de la cebada por ser estas las enfermedades de mayor prevalencia e intensidad en Argentina. En oportunidades en que apareció la mancha borrosa de la cebada, el umbral de la mancha en red sirvió de orientación para la aplicación.

SISTEMA INFORMÁTICO DE DECISIÓN

Con el objetivo de facilitar y agilizar la decisión de la aplicación de fungicidas se han elaborado programas informáticos simples que ofrecen la posibilidad de calcular el umbral de acción y la probabilidad de retorno económico. El objetivo es garantizar la sustentabilidad económica y ecológica de la producción



de trigo y cebada teniendo presente como preocupación principal, que el uso de tratamiento químico debe asegurar el retorno económico al productor.

Para trigo el sistema cuantifica la contribución relativa de algunos de los factores de producción existentes o aplicados en el cultivo de modo de poder estimar el potencial productivo. Una vez definidos, si el lote en cuestión generará un potencial productivo medio a alto, se detallan los nuevos criterios para cuantificar las enfermedades más comunes en Argentina basados en los Umbrales de Acción (UDA).

El programa informático para cebada consiste en una propuesta de recomendación para el uso de fungicidas para controlar las principales manchas foliares. De esta manera, la programación informática del sistema para cebada permitirá, incorporando los datos de precio de cebada, del fungicida y del rendimiento potencial del cultivo, la obtención del Umbral de acción (momento de control químico mas oportuno en base a la incidencia foliar de la enfermedad consultada).

Ambos programas se encuentran disponibles libre y gratuitamente por convenio FAUBA-Bayer; en: www.baydir.com.ar aplicación rentable

BIBLIOGRAFÍA

- CARMONA M.; REIS E. M.; CORTESE P.** 1999. Mancha Amarilla y Septorios de la Hoja. Diagnóstico, Epidemiología y Nuevos Criterios para el Manejo. 1ª Ed. Carmona M., Buenos Aires, Argentina.
- CARMONA M.; REIS E. M.; CORTESE P.** 2000. Royas del Trigo. Diagnóstico, epidemiología y estrategias de control. 1ra Ed. Carmona M., Buenos Aires, Argentina.
- CARMONA, M.** 2005. Manejo Integrado de las enfermedades del cultivo de trigo. Pp. 40 ISBN: 987-43-3784-2.
- CARMONA, M.; BARRETO, D.; ROMERO A.** 2011 Enfermedades del cultivo de cebada. Importancia, síntomas y manejo. En: Libro «CEBADA CERVECERA: Bases funcionales para un mejor manejo del cultivo» (Editores: D.J. Miralles, R. L. Benech-Arnold y L.G. Abeledo).» pp 133-169, 2011. ISBN 978-987-9260-84-5.
- REIS, E. M.; CARMONA, M.; CASA, R.** 2009. Critério: sistema de pontuação para avaliar o rendimento de lavouras de trigo. In: Erlei Melo Reis. (Org.). Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2009, v. 1, p. 91-102.. ISBN 978-85-89725-05-7.
- SUGIA, V.** 2009. Daños y pérdidas causadas por la roya del trigo determinación de umbrales de daño económico y de acción. Tesis MSc. en Protección Vegetal UNLP, Argentina.





Criterios para la toma de decisión de fungicidas en soja

M. Carmona¹, F. Sautua², C. Mónaco³, E.M. Reis⁴

CRITERIOS ACTUALES DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS PARA LAS ENFERMEDADES DE FIN DE CICLO (EFC)

De manera general, a la hora de aplicar fungicidas, prevalece la idea de priorizar sus efectos sobre el hospedante, más que sobre el patógeno. A modo de ejemplo, en soja la aplicación por estadio fenológico (**R3 o R5**), es uno de los criterios usados. Pero puede ser un fracaso, si es que los agentes causales de las EFC no infectan en los próximos 15-20 días (o no ocurriesen suficientes lluvias para su desarrollo), tiempo en que define en promedio el período de protección química de un producto. Este criterio, es exclusivamente fitocéntrico y se basa en tomar en cuenta la duración del período crítico de generación de rendimiento (principalmente el momento de definición del número de granos/ha), del cultivo de soja. Desafortunadamente sólo toma en cuenta un vértice del triángulo de la enfermedad: el hospedante, dejando de lado el ambiente y al patógeno (**EFC**). Esta claro que comprender el crecimiento y fenología del hospedante es de importancia, pero no debe ser la única información que guíe la aplicación de fungicidas. Debe comprenderse, que la acción principal de un fungicida es interactuar con los patógenos.

Otros de los criterios utilizados en Argentina, tiene como referencia a la mancha marrón (*S. glycines*), que indica aplicar si la mitad del tercio inferior presenta síntomas. Este criterio comienza a involucrar al patógeno, en este caso al causante de mancha marrón, pero solo incluye a uno de todo el grupo de **EFC**, es decir a *Septoria*. Deja sin considerar, al resto de los patógenos (*Phomopsis*, *Colletotrichum*, *Cercospora*, *Alternaria*, *Corynespora*, etc.). Este criterio, se basa en el hecho de que *Septoria* es el patógeno, que más anticipadamente aparece dentro del grupo hongos causantes de las **EFC**. No existen además ensayos específicos que ajusten y correlacionen este criterio de porcentaje de la altura de la planta, con los síntomas de este patógeno, en respuesta al fungicida. Este último criterio, toma en cuenta la fenología del hospedante (**R3-R5**), y uno de los patógenos, pero no considera al vértice ambiental.

SISTEMA DE DECISIÓN PARA EL MANEJO QUÍMICO DE LAS EFC EN SOJA

El sistema de guía para la decisión de aplicación de fungicidas para el manejo de las EFC desarrollado por la FAUBA tiene en consideración los tres

¹Profesor Titular, Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires FAUBA.

² Docente-Investigador, Cátedra de Fitopatología, FAUBA

³ Docente-Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

⁴ Profesor Titular, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo Fundo, Brasil.



vértices del triángulo de la enfermedad. Este criterio toma en cuenta al hospedante (es válido desde **R3** a **R5.5**, ajustando el ciclo del cultivar y rendimiento esperado), al patógeno (síntomas previos, período de latencia, años de monocultivo) y al ambiente (principalmente cantidad y tipo de lluvias). Es importante registrar correctamente los estados fenológicos, diagnóstico fúngico (no bacteriano) y las lluvias ocurridas en forma diaria.

El sistema incluye un programa de computación, donde el usuario debe contestar rápidamente las preguntas relativas a cada factor presentado. De acuerdo a la respuesta de cada factor se obtiene un determinado puntaje individual para cada ítem. La suma de todos los ítems, dará un puntaje final que orientará la decisión a tomar (Carmona, y Reis, 2009). Si fuera superior a 35 puntos, es altamente probable el retorno económico de la aplicación, e inferior a 20 puntos es poco probable. Entre 23 a 35 puntos, es necesario discutir con el técnico asesor, la conveniencia económica y técnica de la aplicación (cuanto más cerca de 33 mayor es la probabilidad). En este último caso se deben analizar los pronósticos de lluvia.

FUNDAMENTOS DE CADA INDICADOR QUE INTEGRA EL SISTEMA

A. Precipitación pluvial ocurrida entre R3-R5.5: el sistema considera las lluvias entre R3-R5.5, como aquellas que mejor se relacionan estadísticamente con la respuesta al rendimiento. Se relacionan con la frecuencia y duración del mojado foliar, así como también, con la germinación y diseminación de esporas. Está basada en la cantidad de precipitaciones que se acumulan desde

R3 en adelante. Las precipitaciones, serían las que más ayudarían a definir la respuesta a la aplicación de fungicida, explicando el incremento de la intensidad de todas las **EFC** (Carmona *et al.*, 2011)

B. Precipitación pluvial ocurrida: si el 75 % de la misma correspondió a lluvias de 7 mm o más: Se fundamenta en que las lluvias que superan el umbral de 7 mm (excluyen lloviznas y lluvias ligeras). Podrían asegurar una energía mínima para producir dispersión horizontal y vertical de esporas, muy requerida por los picnidios de *S. glycines*, *Phomopsis*, y también, para asegurar el mojado para la infección de conidios de *Cercospora* (Carmona *et al.*, 2010).

C. Rotación de cultivos (historia agronómica del lote): Rotación con especies no hospedantes de patógenos de soja. Bajo rotación habrá menos fuente de inóculo.

D. Sistema de labranza (siembra directa o labranza convencional): Las **EFC** son en causadas en su mayoría por agentes necrotróficos que sobreviven en rastrojo, de allí su valoración.

E. Presencia de EFC en el cultivo de soja del año anterior (rastrajo): Es conveniente conocer los antecedentes sanitarios del lote, es decir, si es que proviene de soja e ira nuevamente a soja. Es una forma indirecta de estimar la fuente de inóculo, proveniente del rastrojo anterior. Se espera que si existieron síntomas el año anterior, sus agentes causales estén sobreviviendo en los rastrojos presentes en el mismo lote.

F. Calidad sanitaria de la semilla: Se considera los patógenos asociados a



la semilla y transmitidos a la plántula; en áreas bajo rotación de cultivos. Si no se hace tratamiento de semilla, la probabilidad de introducir o aumentar los patógenos causantes de **EFC** es mayor.

G. Ciclo del cultivar: Cuanto más largo sea el ciclo, mayor su probabilidad para enfermarse.

H. Producción destinada a semilla (destino de la producción): Si el lote es destinado a semilla, su manejo debe jerarquizarse con miras al control químico. Esta práctica, merece decisiones técnicas que tiendan a mejorar la calidad sanitaria de la semilla a cosechar.

I. Potencial productivo del lote: Tomar como base la productividad media del lote, en años sin adversidades climáticas u otros factores anormales.

J. Presencia actual de síntomas en el lote: Es necesario reconocer durante el monitoreo, algunos síntomas característicos de las enfermedades causadas por estos patógenos.

experimental fue de un DBCA con al menos 3-4 repeticiones.

CONCLUSIONES

- 1) El sistema de puntuación, resultó eficiente para orientar las aplicaciones químicas para el control de las EFC, asegurando el manejo de las mismas y el retorno económico.
- 2) Se validó eficientemente en regiones diferentes de aquellas donde se originó el sistema, con excepción de Salta y Tucumán, donde se requiere aún más investigaciones. En el resto de las regiones validadas, el sistema mostró una alta eficiencia para el uso de fungicidas
- 3) Cada vez hay más evidencia de que el estado fenológico aislado, no debe ser el que oriente la aplicación, sino la combinación del mismo con las condiciones ambientales.
- 4) Los presentes ensayos, demuestran que existe un estado fenológico óptimo (pero no rígido), asociado principalmente a las precipitaciones, para realizar las aplicaciones de fungicidas.
- 5) Dentro del período crítico R3 – R5.5, es de vital importancia esperar que ocurran precipitaciones favorables al desarrollo de las EFC, lo cual sumado al resto de los factores que influyen en el desarrollo de las EFC (antecesor, SD ciclo, etc.), darán la clave para la decisión de la aplicación.
- 6) a) Cuando el sistema de puntuación arroja en R3 o R4 entre 23 y 35 puntos, es necesario analizar el pronóstico de lluvias y si el mismo indica precipitaciones en los 15 días sucesivos a R3, la decisión podría ser la de proceder a la aplicación. Cuanto más temprana sea la aplicación, en

VALIDACIÓN DEL SISTEMA

Se efectuaron más de 20 ensayos de validación en distintas localidades de la Pradera Pampeana, en campos conducidos bajo monocultivo de soja, en siembra directa, cultivados con una variedad de amplia difusión y susceptible a las **EFC**, durante las campañas 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011. Se realizaron aplicaciones foliares de fungicidas en los estados reproductivos **R3 y R5**, con aplicaciones simples (Fehr y Caviness, 1977), y según dictó el sistema elaborado. El diseño



presencia de lluvias, mejor será la respuesta; b) Sin embargo, se puede seguir el sistema esperando que las lluvias ocurran, de esta manera se logrará seguridad de retorno económico.

- 7) El sistema de puntuación resultó una herramienta útil, para orientar la aplicación con criterio técnico y económico. Esta disponible en convenio FAUBA-Bayer en www.baydir.com.ar aplicación rentable

BIBLIOGRAFÍA

CARMONA, M. 2011. Damages caused by frog-eye leaf spot and late season disease in soybean in Argentina and control criteria. *Tropical Plant Pathology* vol. 36 1356-1358-

CARMONA, M.; SAUTUA, F; PERELMAN, S.; REIS, E.; GALLY, M. 2011. Relationship between Late Soybean Diseases Complex and rain in determining grain yield

responses to fungicide applications *Journal of Phytopathology* 159: 687–693,

CARMONA, M. ; F. SAUTUA; REIS. E. M. 2011. Capítulo: Criterios para el manejo químico de las enfermedades de fin de ciclo (EFC) en el cultivo de soja. Presentación de un sistema de decisión II SIMPOSIO NACIONAL DE AGRICULTURA, FAGRO - GTI Agricultura y IPNI Cono Sur, pp 70-88 ; 29 y 30 de setiembre de 2011 Paysandu, Uruguay Ed Universidad de la República, Montevideo, Uruguay – Hemisferio Sur ISBN 978-9974-0-0781-9

CARMONA, M.; MOSCHINI, R.; CAZENAVE, G.; SAUTUA, F. 2010 Relación entre la precipitación registrada en estados reproductivos de la soja y la severidad de *Septoria glycines* y *Cercospora kikuchii*, *Tropical Plant Pathology*, vol. 35, 2, 71-78.

CARMONA, M.; REIS, E.M. 2009. Critério: sistema de pontuação para aplicação de fungicidas para as doenças de final de ciclo na cultura da soja. In: Erlei Melo Reis. (Ed.). Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo. Aldeia Norte Editora. Passo Fundo. pp.54-65.



Tecnologías de aplicación de fungicidas en trigo

J. Villalba¹

INTRODUCCIÓN

La expansión agrícola de los últimos años en Uruguay, fue naturalmente acompañada con el aumento en el uso de productos fitosanitarios; esto es corroborado con los datos de importaciones de agroquímicos del año 2011. El incremento fue de cuatro veces, comparado a la cantidad de sustancias activas importadas en el año 2005, en particular el aumento de la importación de fungicidas fue de 2,5 veces en el mismo período (MGAP, 2012). La intensificación de las aplicaciones de fitosanitarios ha llevado a un aumento de la preocupación social y económica por el uso de ellos, determinando la necesidad de conocer aspectos de las tecnologías de aplicaciones que aseguren la eficiencia en las aplicaciones.

El éxito de una aplicación y la efectividad del control están asociados a varios factores, entre ellos: momento correcto de la aplicación, condiciones ambientales favorables, selección de boquillas, ajuste de la tasa de aplicación, y también de la colocación y distribución del pulverizado en el objetivo donde se ubica la enfermedad.

El grupo de tecnología de aplicaciones de Facultad de Agronomía ha impulsado en los últimos años varias investigaciones sobre la temática de tecnologías de aplicación para el control de enfermedades en cultivos de invierno. Estas se llevaron a cabo a partir del financiamiento obtenido por el proyecto

FPTA «Optimización de la tecnología de aplicación terrestre y aérea en cultivos extensivos. Eficacia y reducción de la contaminación ambiental» y de trabajos de tesis de grado y posgrado. Estos trabajos se han abordado a través de estudios de deposición sobre los cultivos, cuantificándose por técnicas de colorimetría (uso de trazador Azul Brillante) o de fluorometría (uso de fluorescente Blankophor BA 267%®). En el entendido que es una problemática que necesita un abordaje sistémico y multidisciplinario se ha relacionado esos parámetros físicos de la aplicación a la eficiencia biológica lograda y a la preservación del ambiente.

RESULTADOS EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES DE HOJA EN TRIGO

La eficacia del control del fitosanitario en cultivos densos como es un trigo en las etapas de macollaje-floración, adicional a la escasa translocación de los fungicidas determina la dependencia de una correcta distribución del pulverizado donde se ubica la enfermedad.

La cobertura que se alcanza en una pulverización es el compromiso que surge de la tasa de aplicación y el tamaño de gota utilizado. La selección del tamaño de gota acorde a las condiciones climáticas imperantes durante el momento de la aplicación determina en forma importante, la efectividad de la aplicación (Texeira, 2010). Para Leiva (1995) las gotas grandes tienen la ven-

¹ Facultad de Agronomía. Uruguay.



taja de descender rápidamente y quedar menos expuestas a la deriva por viento y a la evaporación. Presentando como principal desventaja, una menor cobertura y la falta de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal.

Por otra parte, se promociona el uso de adyuvantes con el fin de levantar esas restricciones. El uso de adyuvantes determina cambios en el tamaño de gotas y en las propiedades físicas del caldo y así pueden determinar cambios en la cobertura y en la acción fitosanitaria. Estos factores han sido evaluados en la deposición del pulverizado en las hojas de trigo, la distribución y la relación con la eficiencia biológica del fungicida pyraclostrobin al 13,3% + epoxiconazole al 5%, (marca comercial Opera®, a dosis de 1 L.ha⁻¹) en el control de Mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*).

En una combinación de los factores volumen de aplicación, tamaño de gota y uso de adyuvante solamente se obtuvo beneficios del uso del adyuvante en la deposición sobre las hojas de trigo en el volumen mayor (158 L.ha⁻¹). Los elevados volúmenes de aplicación necesitaron del efecto adherente que ocasiona el adyuvante para asegurar la deposición del caldo sobre las hojas del cultivo (Cuadro 1).

El volumen no determinó deposiciones diferenciales para los tamaños de

gota Extremadamente Gruesa y Fina (P> 0,1853).

Al momento de realizar los tratamientos el porcentaje de severidad en planta era de 6,6%. Las distintas combinaciones de volumen de aplicación, tamaño de gota y uso de adyuvante no establecieron diferencias en el control de la enfermedad a los 15 días de aplicación del fungicida. A los 30 días se evidenció el efecto del control de la enfermedad, independientemente de la tecnología utilizada para la aplicación del fungicida. El testigo sin fungicida presentaba un nivel de severidad de 40%. Estos resultados son concordantes con los de deposición ya que para los dos volúmenes de aplicaciones según el tamaño de gota y uso o no de adyuvante la deposición no había presentado diferencias significativas.

En otra evaluación, Olivet (com. pers.) tampoco corroboró efectos en la cantidad depositada ni en la eficiencia de control biológico de *Drechslera tritici-repentis* en trigo por efecto del tamaño de gota usada, Fina, Media y Extremadamente gruesa, generados a partir de las aplicaciones con las boquillas XR, TT y AI.

El fungicida aplicado en este caso fue azoxystrobyn + ciproconazol (nombre comercial: AMISTAR XTRA). Resultado de la aplicación del fungicida se obtuvo un rendimiento superior en 650 kg/ha comparado al testigo sin fungicida.

Cuadro 1. Deposición µg.cm⁻² de trazador en las hojas de trigo.

Volumen de aplicación (L. ha ⁻¹)	Adyuvante (Speedwet 30cc/100 L)	Deposiciones (µg caldo. cm ⁻²)
88	Sin	0,7782 a
158	Con	0,5658 ab
88	Con	0,5101 ab
158	Sin	0,3909 b

Medias seguidas por letras distintas difieren al 5% según el test de Tukey.



Actualmente, el aumento de las aplicaciones con equipos autopropulsados que operan a mayor velocidad, determinando un menor volumen de aplicación en la hectárea y la búsqueda de mayor rendimiento operacional ha llevado a aplicaciones con tasas de aplicaciones muy bajas. La evaluación de los volúmenes de 32,4; 60,7 y 102 L.ha⁻¹ combinado con tamaños de gota muy gruesa y fina no determinaron diferencias en la deposición en las hojas de trigo (Charbonnier *et al.*, 2010).

Las condiciones meteorológicas al momento de la aplicación eran de 50% de humedad relativa, 24 °C de temperatura y el viento oscilaba entre 0-4 km/h.

El nivel de severidad al momento de la aplicación era de 10% de Mancha Amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) y de 16% de Roya de hoja. El fungicida aplicado fue Carbendazim 15% + Tetraconazole 12,5% (marca comercial Eminent Pro, 0.5 L.ha⁻¹).

El menor control de ambas enfermedades se presentó para las aplicaciones del volumen de 32 L.ha⁻¹ y gota fina. Los mejores resultados de control se obtuvieron con aplicaciones de 60 L.ha⁻¹, sin diferencias por el tipo de gota usada. Destacando que las gotas muy gruesas son de gran potencial por el amplio rango de condiciones meteorológicas de aplicación y menor contaminación por menores derivas.

Los mismos tratamientos fueron evaluados en el año 2011, 3 volúmenes de aplicación (32, 61 y 100 L.ha⁻¹) combinados con 2 tamaño de gota (Fina y Muy gruesa)

La severidad de Mancha amarilla promedio al momento de la aplicación era de 16%, siendo de 2,3% en la hoja bandera (Hoja 1), 4% en la hoja 2, 15% en la hoja 3 y 37% en la hoja 4. Los volúmenes de aplicación, los tamaños de gota y la interacción de los factores no determinaron deposiciones diferentes en el trigo. Aun sin diferencias estadísticas, la deposición correspondiente al volumen de 100 L/ha fue superior a los restantes volúmenes evaluados, los menores volúmenes determinaron disminuciones de más de 30% en la deposición sobre las hojas de trigo.

No se detectaron diferencias en el control de la enfermedad por efecto del volumen o tamaño de gota evaluado para la aplicación del fungicida kresoxim-metil + tebuconazol, de nombre comercial Conzerto (1L/ha) + corrector siliconado marca Grow (dosis de 0,5 L/ha). Solamente fue significativa la aplicación del fungicida evaluada la severidad en la hoja bandera a los 16 dpa (P<0,0251), presentando una severidad de 9,9%, mientras que la severidad en la hoja bandera del testigo era de 18,9% (Cuadro 2).

Contrastante con los resultados en deposición, el tratamiento de 100 L/ha y

Cuadro 2. Medias de severidad para las 3 fechas y por hoja analizada.

Días post-tratamiento	Tratamiento	H1	H2	H3
9	Testigo	9,7 a*	18,3 a	52,8 a
	Resto tratamientos	4,6 a	12,9 a	37,2 a
16	Testigo	18,9 a	41,5 a	79,7 a
	Resto tratamientos	9,9 b	29,0 a	64,6 a

*Letras corresponden a análisis para cada fecha y para cada hoja (Test de Tukey al 5%).



gota gruesa presentó mayor severidad en todas las hojas y para ambas fechas de evaluación. Cabe suponer que la elección de la boquilla para obtener gotas gruesas y 100 l/ha, al recaer en una AI11004 pudo producir escasa cobertura por su gran tamaño de gota y determinar así, menor control de la enfermedad.

RESULTADOS EN EL CONTROL DE FUSARIOSIS DE TRIGO

En el entendido que para asegurar el éxito en el control de Fusariosis es necesario lograr una buena cobertura de las anteras se plantearon combinaciones de boquillas y tamaño de gotas que aseguraran el mojado de la espiga.

El tratamiento que propició la mayor deposición sobre la espiga fue la aplicación con la boquilla de doble abanico plano, TJ60 8002, la deposición de esta boquilla fue 73% superior a la de la boquilla XR 11002, ambas de gotas finas. Esta debió ser ocasionada, entonces, por el doble perfil de pulverización de la boquilla TJ60 8002.

También ha evidenciado mejoras en la cobertura de las espigas de trigo por el cambio de angulación de las boquillas respecto a la barra de desplazamiento (Olivet com. pers.). Boquillas AI inclinadas a 45° hacia la dirección de marcha con respecto a la vertical determinaron la mayor deposición sobre las espigas. En otro experimento, el efecto del ángulo de colocación fue más evidente con las boquillas de gotas extremadamente gruesas (AI) que con las gotas finas (XR). A pesar de que no hubo grandes diferencias entre tratamientos, la boquilla AI y la boquilla de doble abanico colocadas en forma vertical produjeron la menor deposición. La menor deposición de la boquilla de doble abanico puede estar explicando por la ausencia de viento y su efecto redistribuidor durante la aplicación.

CONSIDERACIONES FINALES

La agricultura actual enfrenta los desafíos de asegurar una protección de cultivos rentable pero segura para el ambiente. En el área de tecnología de aplicaciones son varios los factores que afectan la eficiencia biológica de los fitosanitarios y que determinan el éxito de una aplicación. El principal factor en el control de enfermedades de hoja en trigo es realizar el control en el momento oportuno. Las tecnologías inciden con un peso menor, siempre que sean atendidas las condiciones meteorológicas en el momento de la aplicación. Tasas de aplicación de 60 litros y gotas gruesas se han presentado como las más promisorias para el control de enfermedades de hoja.

En caso de aplicación para el control de Fusariosis, la llegada a las espigas de trigo, fueron superiores con las tecnologías de boquillas de doble abanico y/o angulación de las boquillas.

BIBLIOGRAFÍA

- CHARBONNIER, G.; NADAL, N.; LAFLUF, P.** 2011. Efecto del tipo de boquilla y el volumen en las aplicaciones para control de enfermedades en trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. 52 p.
- LEIVA, P.D.** 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. carp. produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, Serie: Generalidades, Tomo XIV (Información N° 139, Setiembre, Ed: Puig, R), 6 p.
- TEXEIRA, M. M.** 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. In: Red «PULSO». Tecnología de aplicación de agroquímicos. CYTED. INTA Alto Valle. 1ª Edición. pp. 67-76.
- MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA.** Anuario Estadístico Agropecuario 2011. Disponible en www.mgap.gub.uy/Anuario2011/DIEA-Anuario-2011-web.pdf. Consultado en mayo 2012.



Técnicas de amostragem de lavouras e determinações patométricas

E.M. Reis¹, M. Carmona², A.C.R. Bresolin³

«A ciência sem números é nula ou não tem valor» (Behe, 2007).

«A habilidade do pesquisador é saber transformar os fenômenos biológicos em números» (Modif. Lord Kelvin, 1891).

INTRODUÇÃO

A quantificação de doenças é de fundamental importância quando se necessita tomar a decisão quanto à aplicação de fungicidas para o controle de moléstias, por exemplo do oídio e da ferrugem. Embora o controle químico de doenças da soja passou a ser prática rotineira à partir da safra 1998/99, considerando o oídio, as indicações técnicas (Reunião, 2002) ainda trazem poucas informações pertinentes a sua aplicação prática.

A ocorrência da ferrugem da soja, obrigou e desafiou os profissionais envolvidos com a assistência técnica a mudarem a percepção seletiva, a metodologia de observação ou o tratamento em relação as lavouras, o conceito de diagnose de doenças e de monitoramento de lavouras.

A ocorrência ameaçadora da ferrugem determinou mudanças no comportamento quanto as lavouras de soja. Obriga a mudar o comportamento e a percepção seletiva dos técnicos envolvidos com a cultura da soja. O que é

percepção seletiva? Consiste em se prestar atenção àqueles detalhes ou estímulos que só são importantes por sentir-se ameaçado, ou porque se os necessita. Se deveria aplicar a percepção seletiva visual para dirigir nossa atenção na procura das saliências ou pústulas, distintas da ferrugem da soja das demais doenças.

Portanto, a capacitação e a diagnose correta «in situ» constituem ferramentas imprescindíveis para se definir, acionar e acompanhar com fundamentos científicos, a aplicação de fungicidas

Por isso, o presente capítulo procura abordar com mais detalhe esse assunto de modo que profissionais envolvidos com a assistência técnica possam quantificar as doenças dentro de padrões científicos. Informações mais detalhadas sobre fitopatometria foram publicados por Reis (1994) e Reis Carmona (2001).

Os conceitos de alguns termos empregados foram tomados de Campbelli y Madden (1990) e de Nutter *et al.* (1993).

¹ Professor Titular, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo fundo, Brasil.

² Profesor Titular, Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires FAUBA.

³ Profesor, Fitopatología Facultad de Agronomía, Universidade de Passo fundo, Brasil.



QUANTIFICAÇÃO, MEDIDA DA DOENÇA OU FITOPATOMETRIA

Em qualquer trabalho de fitopatologia as moléstias devem ser quantificadas e essa técnica é denominada de patometria. A medida da doença é feita com base na incidência ou na severidade. Incidência é a proporção de indivíduos ou de órgãos atacados pela doença manifestando sintomas e ou sinais. A severidade é a percentagem ou proporção da área de um órgão, folhas/folículos por exemplo, atacada pela doença (Nutter *et al.*, 1993). A unidade tanto da incidência como da severidade é a percentagem. Por exemplo, a intensidade pode ser quantificada também em função do número de lesões da ferrugem.cm⁻² ou pelo uso de escalas diagramáticas.

O termo intensidade de uma doença pode ser tomado como sinônimo de quantidade de doença.

O emprego de expressões como índice de doenças, índice de infecção, percentagem de infecção, início de doença, começo da doença etc., devem ser evitados em fitopatometria porque a ciência dispõe de método científico para detectar qualquer quantidade de doença. O pesquisador está capacitado para transformar os fenômenos biológicos em números (Após aplica-se os procedimentos estatísticos).

As doenças, principalmente as dos órgãos aéreos, não ocorrem uniformemente numa lavoura ou região. Diversos fatores, denominados de situações diferenciais de lavoura condicionam a ocorrência e o desenvolvimento das doenças. São consideradas situações diferenciais os seguintes casos:

Monocultura e rotação de culturas. De um modo geral, as podridões radiculares e as doenças de final de

ciclo (DFCs) são mais freqüentes em lavouras conduzidas em monocultura;

Plantio direto e plantio convencional.

As doenças causadas por parasitas necrotróficos, ou parasitas facultativos (DFCs), que apresentam em seu ciclo de vida a fase saprofítica desenvolvida nos restos culturais, são mais freqüentes e severas sob monocultura e plantio direto.

Época de semeadura. As semeaduras feitas no início da época recomendada, em geral, dependendo do clima, são menos atacadas por doenças do que aquelas semeadas no final da época recomendada. O inóculo disponível é maior para as lavouras semeadas no tarde.

Cultivar. Dependendo da reação do cultivar, a doença dominante será diferente da ocorrente numa lavoura ou região. Por exemplo, os cultivares de soja diferem em reação à mancha-olhede-rã, a mancha-alvo ao míldio, ao oídio e ao cancro-da-haste.

Decêndio de semeadura. Considera-se dentro de uma situação semelhante a lavoura ou talhão semeado dentro de um período de 10 dias, denominado de decêndio.

Portanto quando se proceder à vistoria e coleta de amostras de plantas, para a quantificação de doenças considere as situações diferenciais acima caracterizadas, que afetam a prevalência de uma doença, o seu início e a sua quantidade e semeadas dentro de um mesmo decêndio.

Amostra da população. Na quantificação de doenças da soja é necessário se tomar uma amostra representativa da população a ser avaliada. Amostra é o agregado da qual as unidades da amostra, para a avaliação das doenças, são escolhi-



das. Unidade de amostra é a menor unidade na qual uma avaliação é feita, por exemplo, os trifólios ou os folíolos. No caso da patometria de doenças foliares da soja utilizam-se folíolos.

Freqüência da amostragem. As vistorias de cada situação diferencial, devem ser feitas antes da floração a intervalos de 7 dias e após a floração, ao considerar-se o progresso rápido da ferrugem, a intervalos de 3 dias.

Início e término das vistorias. Sugere-se que as vistorias tenham início no estágio V3, V4 e estendam-se até o estágio R6, quando todos os componentes do rendimento estão definidos.

Modelo de vistoria da lavoura na amostragem. Percorra cada lado da lavoura e retire 5 plantas em cada lado como ilustrado na Figura 1.

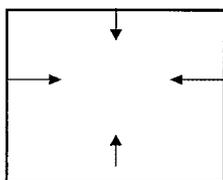


Figura 1. Roteiro para percorrida de lavoura

Acondicionamento da amostra. Proteja as plantas amostradas da dessecação em um saco plástico (Por exemplo, os usados para lixo), envoltas em jornal ou pano umedecido com água, devidamente identificadas, transportando-as para o local de avaliação. No caso do processamento de grande número de amostras, as mesmas devem ser armazenadas por alguns dias em câmaras ou refrigeradores como temperatura de 5 °C e com umidade relativa do ar elevada.

Manuseio da amostra. No local de avaliação, confortável e bem iluminado destaque todos os folíolos centrais ou as folhas dos colmos de trigo. Elimine os folíolos/folhas mortas ou senescentes por causa não parasitária conhecida.

Não quantifique as doenças com folhas molhadas.

Soja

Tamanho da amostra

Colete a cada 15-20 passos uma planta, totalizando 20 por situação diferencial de lavoura, em cada vistoria. Com uma tesoura de poda corte a base do talo para eliminar o sistema radicular, o terço superior da planta (contendo folhas novas) e elimine as ramificações deixando apenas a haste principal (modificado de Ogle *et al.*, 1979).

Avaliações patométricas

Oídio: A intensidade do oídio pode ser quantificada através da severidade e da incidência (Reis *et al.*, 2004). A severidade é subjetiva e demanda muito tempo em sua quantificação. Para a quantificação da severidade se pode valer da escala para quantificação intensidade da doença baseada na Figura 2.

Sugere-se trabalhar com a incidência que é objetiva e demanda pouco tempo. Proceda a avaliação individual da incidência do oídio, em cultivar suscetível, em cada folíolo central. Em geral o oídio manifesta-se com mais freqüência nas bordas da lavoura ou em áreas da lavoura com baixa densidade populacional de plantas. Tais áreas devem ser evitadas na amostragem.

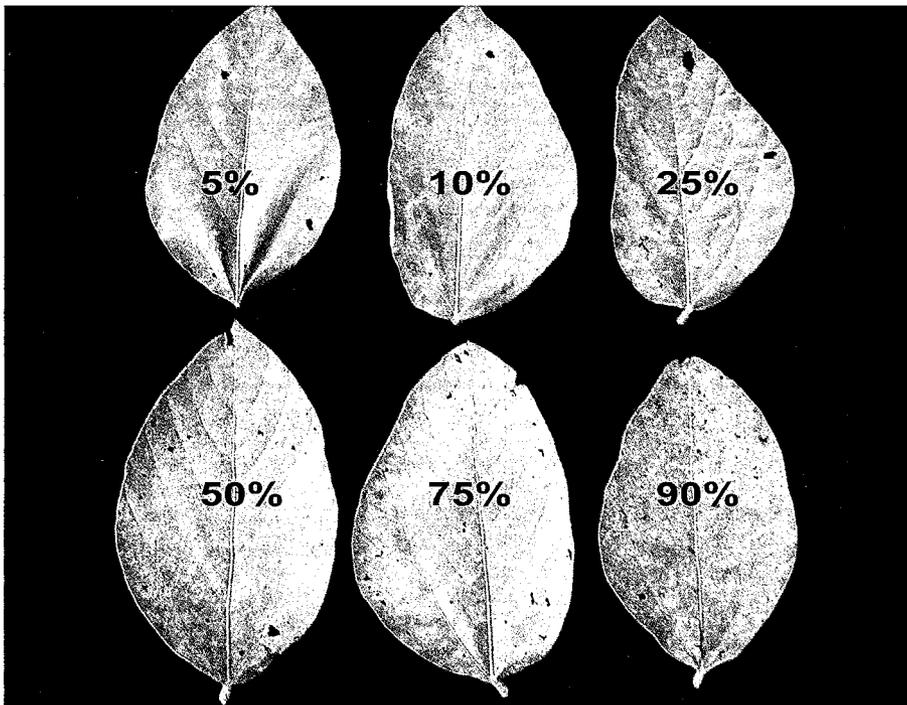


Figura 2. Escala diagramática para a quantificação da severidade do oídio em folíolos de soja.

Ferrugem:

Primeiro, proceda a diagnose correta da doença utilizando-se de uma lupa com magnificação mínima de 20 x. A avaliação da intensidade da ferrugem pode ser feita com base na severidade. Se necessário, nas primeiras ava-



Figura 3. Urédias esporulantes da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) sobre folíolo de soja.

liações coloque os folíolos dentro de um saco plástico e o mantenha por 12 a 24 horas, em câmara úmida para promover a formação e abertura das urédias para diagnose segura.

Reis *et al.* (Dados não publicados) estabeleceram a relação entre a severidade da ferrugem e o número de lesões/cm² (Figura 3). Dessa forma é facilitado o trabalho de quantificar-se a severidade da ferrugem, bastando para tal determinar-se a densidade de lesões/cm²/folíolo central.

Doenças de hastes e vagens

As moléstias da soja, de origem fúngica, atacam todos os órgãos da planta como raízes (podridões radiculares), hastes e vagens e folhas. As mais comuns que atacam a haste são denominadas de antracnose, seca da haste e da vagem e mofo branco, cau-



sadas respectivamente por *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncata*, *Phomopsis sojae*, *P. sojae* f.sp. *meridionalis* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Hartman *et al.*, 1999.).

De um modo geral, têm sido divulgadas metodologias para a quantificação de doenças foliares (Azevedo, 1997; Ogle *et al.*, 1979).

A intensidade das doenças de haste e vagem pode ser quantificada pela incidência e pela severidade. Incidência é a proporção de órgãos atacados por uma doença; considerando-se apenas se o órgão tem ou não tem a doença, não se levando em conta a quantidade de doença no órgão. Simplesmente estabelece-se o percentual de hastes ou vagens, por exemplo, com doença sobre o total de órgãos avaliadas.

Em relação as doenças de final de ciclo, é mais prático avaliá-las pela incidência em hastes e vagens do que pela severidade foliar.

Quantificação da incidência

Proceder o exame visual da haste de cada planta da amostra (total 20). É considerada doente a planta que apresentar morte parcial ou total da haste (extremidades apicais ou não) e de vagens. Estabelece-se por regra de três simples qual a incidência dos sintomas na amostra. Por exemplo, numa amostra de 20 plantas, detectou-se os sintomas da seca da haste ou de vagens em 10 plantas; a incidência é de 50% (Figura 4).

Para a incidência em vagens recomenda-se que sejam primeiramente destacadas para posterior quantificação. Separam-se e contam-se o número de vagens doentes e em função do total estabelece-se a incidência.

Diagnose de doenças da haste e da vagem. O fungo da antracnose produz acérvulos, frutificações orna-

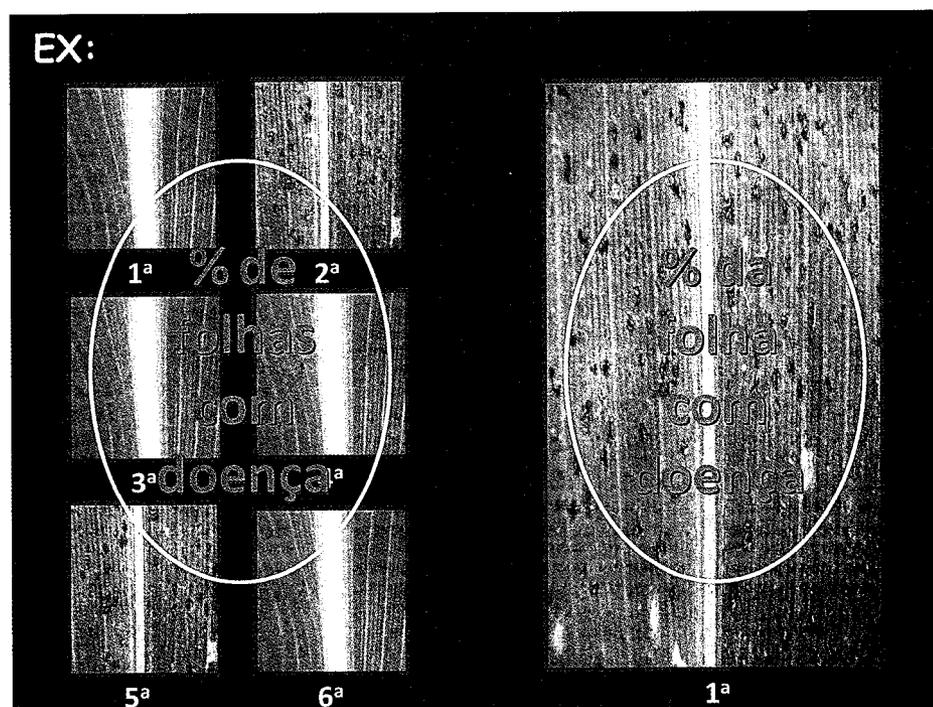


Figura 4. Exemplo de determinação da incidência e da severidade.



Figura 5. Acérvulos da antracnose, em pecíolos de soja, com distribuição ao acaso.

mentadas por setas, negras, longas, facilmente visíveis com a lupa de 20 X. A distribuição dos acérvulos sobre as hastes é irregular sem nenhuma ordem (Figura 5).

Por outro lado, o fungo da seca da haste e da vagem produz picnídios, corpos de frutificação sem setas ou espinhos, apenas áreas negras, achatadas, vistas com a lupa de 20 X. Parecem a olho nu como pontos negros. A distribuição dos picnídios em hastes é geralmente linear (Figura 6).

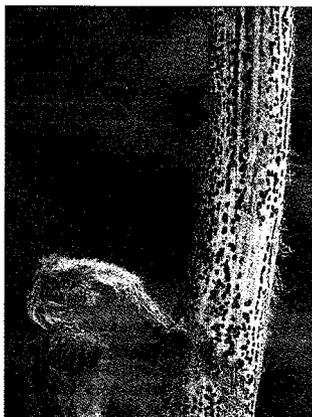


Figura 6. Sintomas da seca-da-haste e da-vagem causada por *Phomopsis sojae*, com distribuição linear dos picnídios.

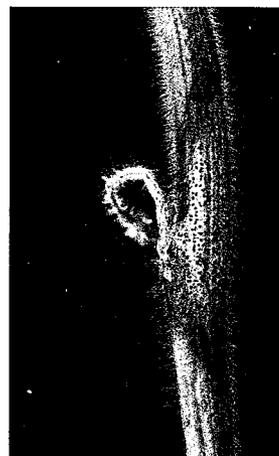


Figura 7. Sintoma do cancro-culívoro em haste de soja. Lesão na inserção do pecíolo e formação de peritécios.

No caso do cancro-culívoro, as lesões são localizadas na inserção de ramos ou pecíolos (Figura 7).

Sintomas e sinais o mofo-branco são mostrados na Figura 8.

Trigo

Tamanho da amostra – 20 - 30 plantas por situação de lavoura.



Figura 8. Sintomas e sinais do mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*.



Figura 9. Sintomas da mancha amarela da folha do trigo causada por *Drechslera* sp.

Manchas foliares do trigo. Considera-se doente a folha que apresentar no mínimo uma lesão > 2,0 mm (Figura 9).

Ferrugem da folha. Considera-se infectada a folha que apresentar no mínimo uma urédia claramente esporulante à olho-nú (Figura 10).



Figura 10. Urédias da ferrugem da folha do trigo causada por *Puccinia triticina*.



Figura 11. Oídio causado por *Bumeria graminis* f.sp. *tritici*.

Oídio. Considera-se doente a folha que apresentar no mínimo um colônia algodonosa claramente visível (Figura 11).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dificuldades existem em qualquer atividade bem como no monitoramento sistemático de lavouras. Entre algumas listam-se as seguintes:

- a. A partir do surgimento da ferrugem asiática da soja houve uma necessidade de mudança de hábito quanto ao cuidado das lavouras de soja ou seja do tratamento das lavouras. Portanto requer um maior envolvimento pessoal com a lavoura (antes da ferrugem não se monitoravam lavouras, não se faziam vistorias com vistas a patometria, com se faz com cevada e trigo, por exemplo).
- b. O monitoramento sistemático requer pessoal treinado e com maior domínio técnico; em geral um técni-



- co diferenciado com conhecimento superior a média;
- c. Requer visitas freqüentes da lavoura, manuseio de plantas e quantificação de doenças;
- d. Requer pessoal extra, especializado para tomar as amostras aqui propostos com as designação de «ferrugueiro», à semelhança do «pragueiro» que atuam em lavouras de algodão no monitoramento de pragas;
- e. Se o tamanho da lavoura for limitante, procure dividí-la em situações semelhantes tornando exequível o número e o tamanho das áreas a serem monitoradas;
- f. Por razões práticas, sugere-se que sejam consideradas como situações semelhantes de lavoura um mesmo cultivar semeado num período de 10 dias (decêndio) e dentro de uma cota de altitude de 50 m.

BIBLIOGRAFÍA

- AZEVEDO, L. A. S. 1997. Manual de quantificação de doenças de plantas. São Paulo. 114p.
- REIS, E. M.; BRUSTOLIN, R.; ZANATTA, T.; SCHEER, O.; BLUM, M. M. C. 2004. Relação entre a severidade e a incidência foliar do oídio causado por *Microsphaera*

diffusa, em soja. Fitopatologia Brasileira 29 (Suplemento):75.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. Chapter VI. Monitoring epidemics: Disease. John Wiley & Sons, New York, p.107-128.

GREGG, B.R.; CAMARGO, C.P.; POPINIGIS, F.; LINGERFELT, C.W.; VECHI, C. 1974. Guia de inspeção de campos para produção de sementes. Brasília. Ministério da Agricultura. Agiplan, 98p.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. 1999. Compendium of soybean diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota. Third edition. 100p.

NUTTER, F. W.; TENG, S. P.; ROYER, M. H. 1993. Terms and concepts for yield, crop, and disease threshold. Plant disease 77:211-215.

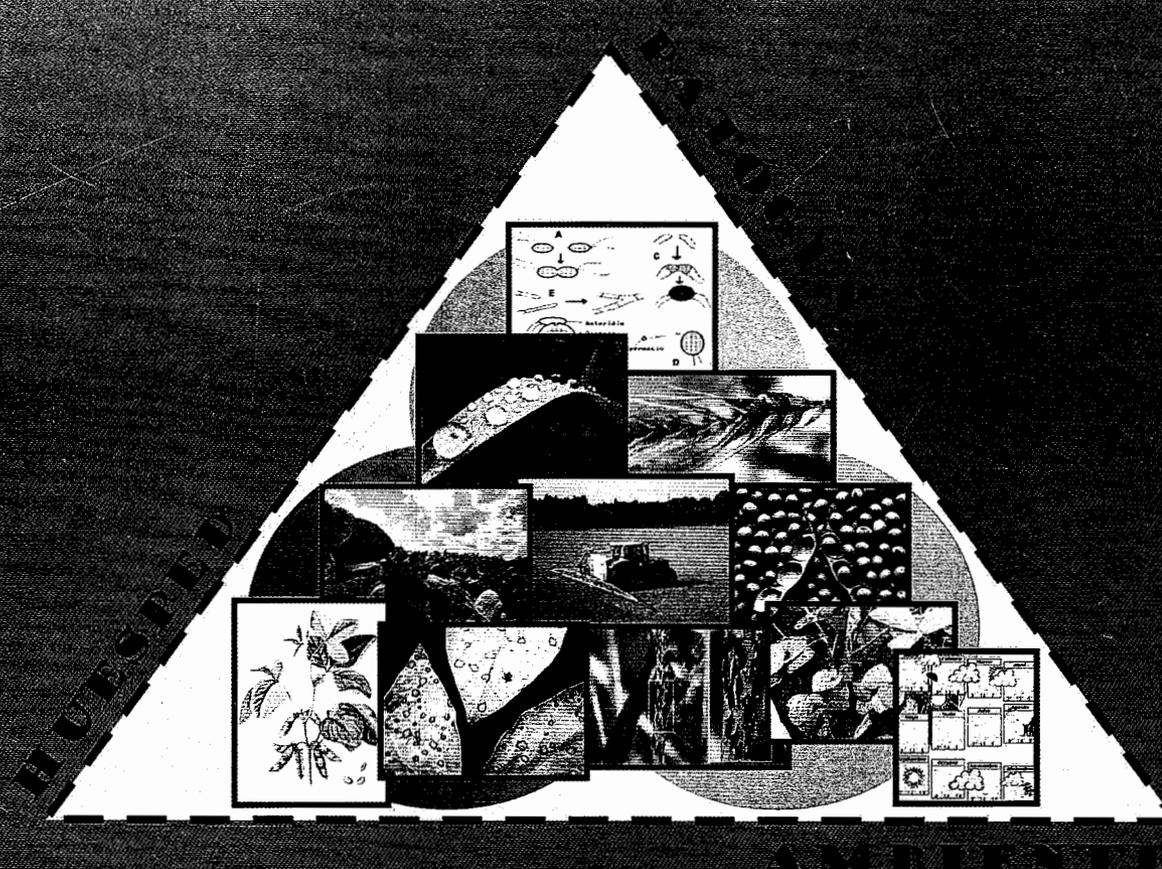
OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; MCLEAN, R. 1979. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland. Australian Journal of Agricultural Research. 30:883-893.

REIS, E. M. 1994. Manual de identificação e de quantificação de doenças do trigo. Agroalpha, Passo Fundo, RS. 59p.

REIS, E. M.; CARMONA, M. 2001. Avaliação do potencial de rendimento de lavouras de trigo com vistas ao controle econômico de doenças foliares com fungicidas. Universidade de Passo Fundo. 28p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 2002. Cruz Ata. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina 2002/2003. Cruz Alta: Fundacep-Fecotrigo. 139p.





Impreso en Editorial Hemisferio Sur S.R.L
 Buenos Aires 335
 Montevideo - Uruguay

Apoyan:



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
 URUGUAY



FAUBA
 Cátedra de
 Fitopatología

Organiza:



FACULTAD DE
 AGRONOMÍA
 UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA



E.E.M.A.C.

Facultad de Agronomía, Paysandú.
 Universidad de la República.

