

ENFERMEDADES DE CEBADA EN URUGUAY: reconocimiento, epidemiología y estrategias de manejo

Silvia Pereyra*

1. INTRODUCCION

La producción de cebada en Uruguay se ha incrementado sostenidamente en los últimos años. No obstante ello, se han registrado variaciones en los rendimientos a través de los años, debidas en parte a las condiciones climáticas. La ocurrencia de temperatura y humedad altas durante el ciclo del cultivo, principalmente desde la espigazón, y además la presencia de agua libre en la superficie de las hojas por períodos prolongados (> 15 horas), favorecen la aparición y desarrollo de enfermedades en este cultivo.

Este trabajo busca fortalecer algunos conocimientos sobre los factores que determinan la ocurrencia de las principales enfermedades de cebada en Uruguay y definir estrategias para el manejo de las mismas.

2. PRINCIPALES ENFERMEDADES EN CEBADA EN URUGUAY

En el cuadro 1 se presentan las enfermedades de cebada en nuestro país.

Las manchas foliares (mancha en red, mancha borrosa y escaldadura) y la roya de la hoja se han señalado como las enfermedades más frecuentes y severas en los últimos 18

años (figuras 1 y 2). Sin embargo, han sido las manchas foliares las que han presentado una mayor asociación con las mermas en el rendimiento en el período de 1977 a 1994, con un coeficiente de correlación de -0,60 (figura 3).

En general, en el pasado la importancia de estas enfermedades ha estado basada principalmente en términos de incidencia y severidad (11) pero no en relación al rendimiento y calidad del grano, aspecto importante, este último, por tratarse de un producto de exportación.

Es importante conocer las pérdidas económicas que estas enfermedades pueden ocasionar a la hora de decidir implementar alguna medida de control. Por este motivo, en La Estanzuela se han llevado a cabo ensayos desde 1991 que han permitido evaluar el efecto de algunas enfermedades como la mancha en red y roya de la hoja en el rendimiento y calidad física del grano.

2.1. Mancha en Red

2.1.1. Descripción y ciclo

La mancha reticulada (llamada así por el síntoma característico que produce) ataca principalmente hojas, vainas y en niveles altos de infección puede llegar a afectar espigas y granos.

* Ing. Agr. Protección Vegetal, INIA La Estanzuela.

Cuadro 1. Enfermedades presentes en el cultivo de cebada en Uruguay.

FOLIARES	*Mancha en Red	<i>Drechslera teres</i> = <i>Helminthosporium teres</i> , est. perf. <i>Pyrenophora teres</i>
	*Mancha Borrosa	<i>Bipolaris sorokiniana</i> = <i>Helminthosporium sativum</i> , est. perf. <i>Cochliobolus sativus</i>
	*Roya de la Hoja	<i>Puccinia hordei</i>
	*Escaldadura	<i>Rynchosporium secalis</i>
	+Oídio	<i>Erysiphe graminis f.sp.hordei</i> = <i>Blumeria graminis f. sp. hordei</i>
	Mancha Estriada	<i>Drechslera graminea</i> = <i>Helminthosporium gramineum</i> , est. perf. <i>Pyrenophora graminea</i>
	Estría Bacteriana	<i>Xanthomonas campestris pv. translucens</i>
TALLOS	Roya del Tallo	<i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i> y <i>P. graminis f.sp. secalis</i>
ESPIGAS Y GRANOS	+Punta Negra	<i>B. sorokiniana</i> y <i>Fusarium graminearum</i>
	+Fusariosis	<i>Fusarium graminearum</i> , est.perf. <i>Gibberella zeae</i>
	Carbón Volador	<i>Ustilago nuda</i>
	Carbón Cubierto	<i>Ustilago hordei</i>
RAIZ Y CORONA	+Podredumbre de raíces y corona Marchitamiento de plántulas	<i>B. sorokiniana</i> y <i>Fusarium spp.</i>
	Pietín	<i>Gauemannomyces graminis</i>

* principales enfermedades

+ enfermedades de 2^{do.} orden

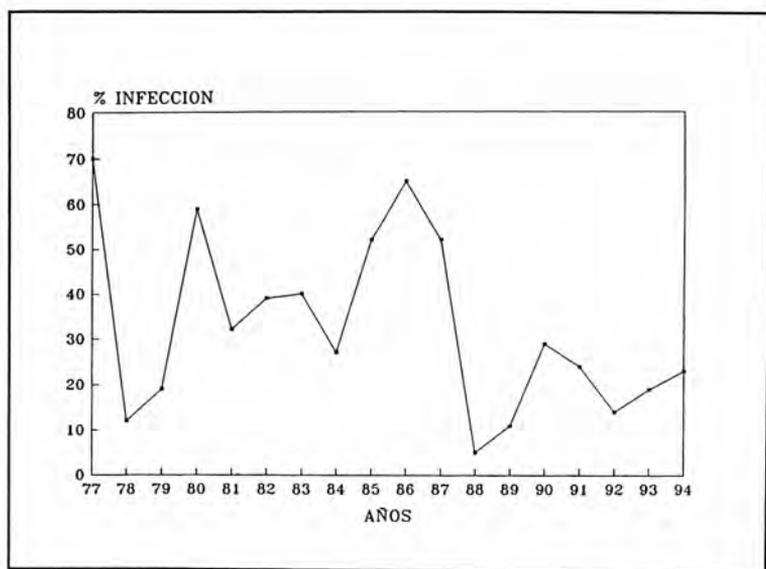


Figura 1. Infección promedio de manchas foliares en ensayos para el período 1977-1994.

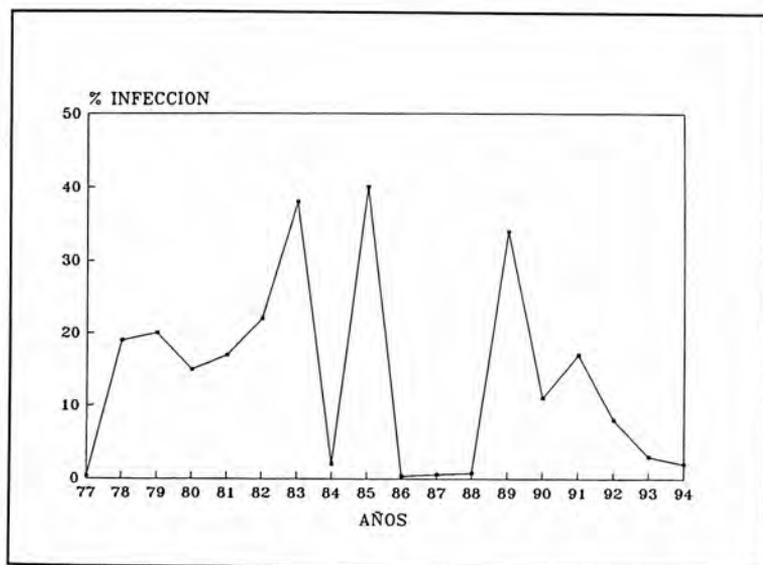


Figura 2. Infección promedio de roya de la hoja en ensayos para el período 1977-1994.

La principal fuente nutritiva de *D. teres* es la cebada, ya sea la planta viva, el rastrojo o la semilla. Así las principales fuentes de inóculo de este hongo son las **semillas infestadas** (4) y los **restos del cultivo** (27) (figura 4).

La asociación hongo - semilla representa un mecanismo de sobrevivencia eficaz, seguro y que garantiza la continuidad del ciclo entre zafras (14). La eficiencia con que este hongo pasa de la semilla a la primer hoja es

alta. La infección comienza en los tejidos verdes, donde el hongo produce enzimas que matan células del huésped produciendo la mancha foliar típica; luego de la senescencia de la planta continúa extrayendo nutrientes en forma saprofítica (25).

Sobre el rastrojo, este hongo produce tanto **conidios** como **ascosporas**, que bajo condiciones ambientales favorables actúan como fuente de inóculo primario.

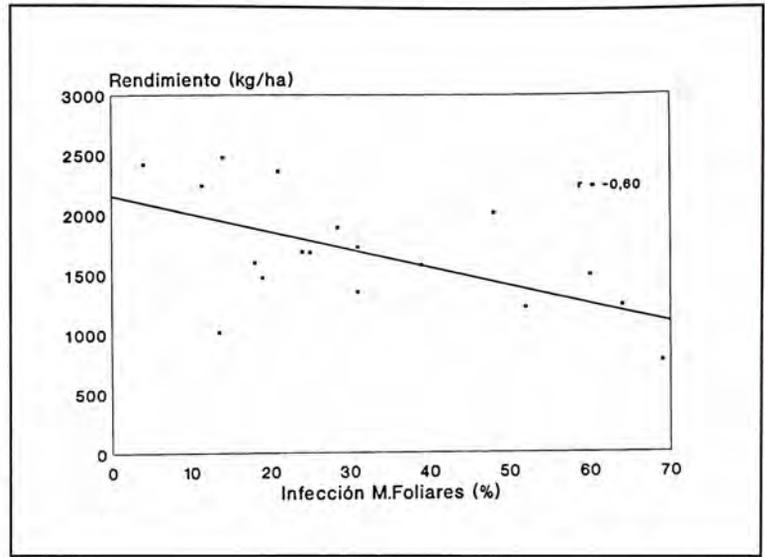


Figura 3. Relación entre el rendimiento de grano y la infección de manchas foliares para el período 1977-1994.

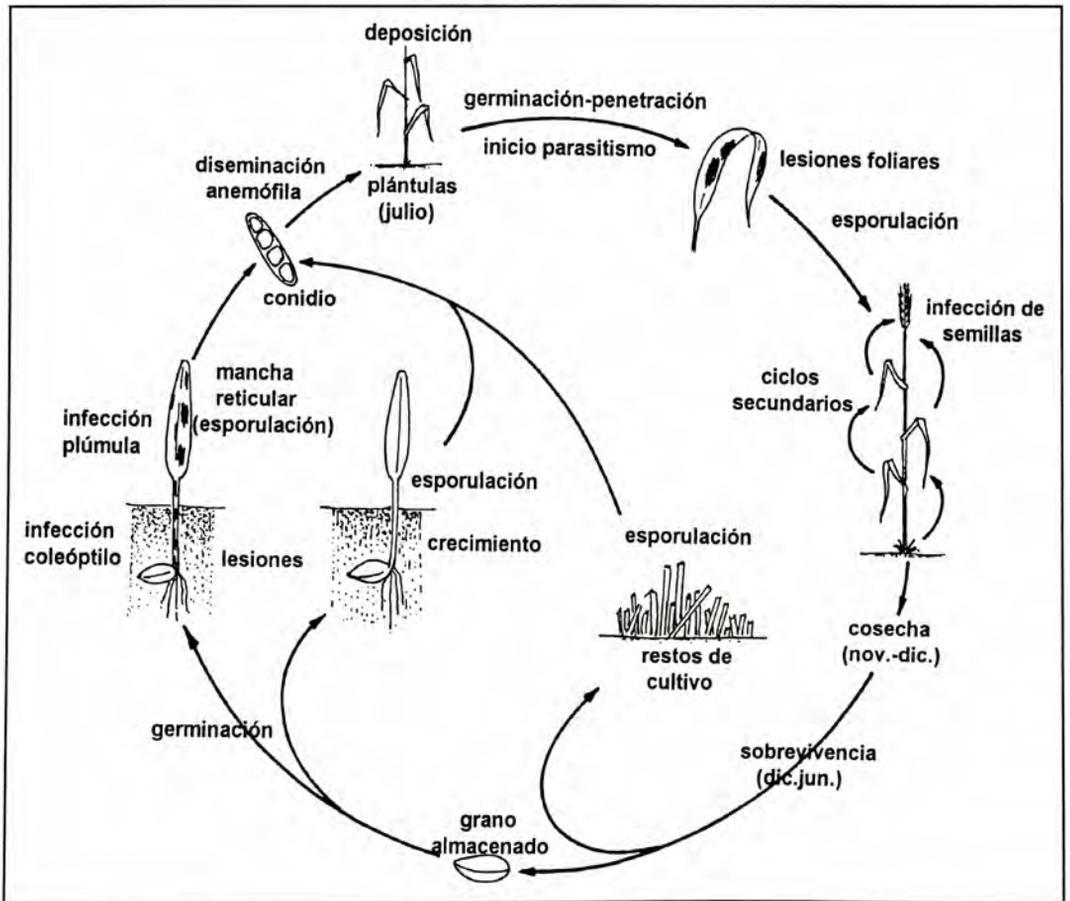


Figura 4. Ciclo biológico de *D. teres* en cebada.

2.1.2. Importancia económica

Esta enfermedad reduce el área fotosintética, afecta la translocación de carbohidratos y la absorción de nitrógeno (10), lo que lleva a reducir el rendimiento, tamaño y peso del grano.

En general, en otros países se han registrado mermas en rendimiento de 10 a 40 % (16,18,19,28,29) y dependen en gran medida del momento en el ciclo del cultivo en que se desarrolla esta enfermedad. Por ejemplo, infecciones tempranas (esto es antes del macollaje) provocan pérdidas de 30 a 40 % en el rendimiento del grano (16). Los cultivos con niveles tan altos de infección tienden a volcar, aumentando así las mermas respecto a una cosecha normal, por pérdidas de granos.

En cuanto a la calidad para malteo, se han registrado menores contenidos de carbohi-

dratos en el grano debido a infecciones altas de mancha en red, y en consecuencia el rendimiento de extracto de malta disminuye (16). En Uruguay, Perea en 1983 (22), con un cultivar susceptible (cv. Laura), observó pérdidas en el rendimiento, menor peso del grano y menores porcentajes de 1a+2a. Por otra parte, con la aplicación de fungicida se obtuvo menor vuelco del cultivo.

En el período 1991-1994, en INIA La Estanzuela, se evaluaron las pérdidas potenciales de rendimiento y calidad física del grano (peso y tamaño) causadas por mancha en red en un cultivar susceptible (cv. Ana) (cuadro 2). Las mayores mermas ocurrieron en los años donde las infecciones de mancha en red fueron tempranas (figura 5). Por otra parte, las pérdidas en el rendimiento de 1a+2a fueron mayores a las registradas en el rendimiento de grano.

Cuadro 2. Pérdidas en el rendimiento, porcentaje de 1a+2a y peso de mil granos causadas por mancha en red (INIA La Estanzuela 1991-1994).

Rendimiento	13 - 33 %
Porcentaje de 1a+2a	7 - 37 %
Peso de mil granos	11 - 15 %

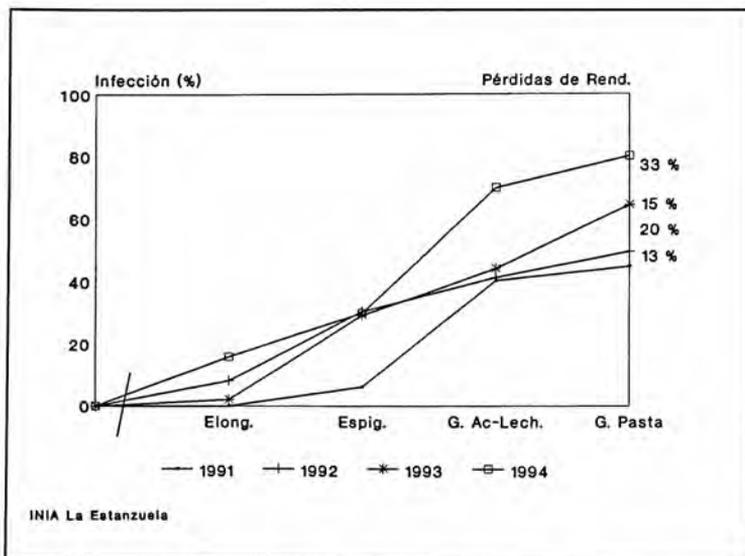


Figura 5. Relación entre las infecciones de mancha en red y las pérdidas en rendimiento de grano (INIA La Estanzuela, 1991-1994).

2.2. Mancha Borrosa

2.2.1. Descripción y ciclo

La mancha borrosa se desarrolla en hojas y vainas en todos los estados de desarrollo de la planta. Aunque puede presentarse en estados tempranos del cultivo, la enfermedad se desarrolla generalmente en forma severa desde la espigazón en adelante, donde se presentan las temperaturas más favorables. El hongo causal de ésta también provoca podredumbre de raíz y corona, marchitamiento de plántulas y punta negra en el grano.

Las principales fuentes de inóculo son las semillas, las lesiones necróticas en plantas del cultivo, plantas voluntarias (o «guachas»), residuos culturales de huéspedes y conidios durmientes en el suelo (figura 6).

Las semillas son una importante fuente de inóculo primario para la fase de podredumbre de raíces seminales, secundarias o coronales, lesiones en las primeras hojas y muerte de plántulas luego de la emergencia (24).

Las infecciones iniciales en las hojas **en primavera** ocurren generalmente de conidios llevados por el viento producidos en el rastrojo de cebada, en el suelo o en otros huéspedes (item 6.2.3.), bajo condiciones de temperaturas cálidas y alta humedad.

Por su parte, los conidios en el suelo tienen baja habilidad saprofítica y se mantienen durmientes (micostasis) para evitar su germinación en ausencia del huésped (7,8). En Brasil se ha determinado que los mismos pueden permanecer en el suelo hasta 36 meses (24).

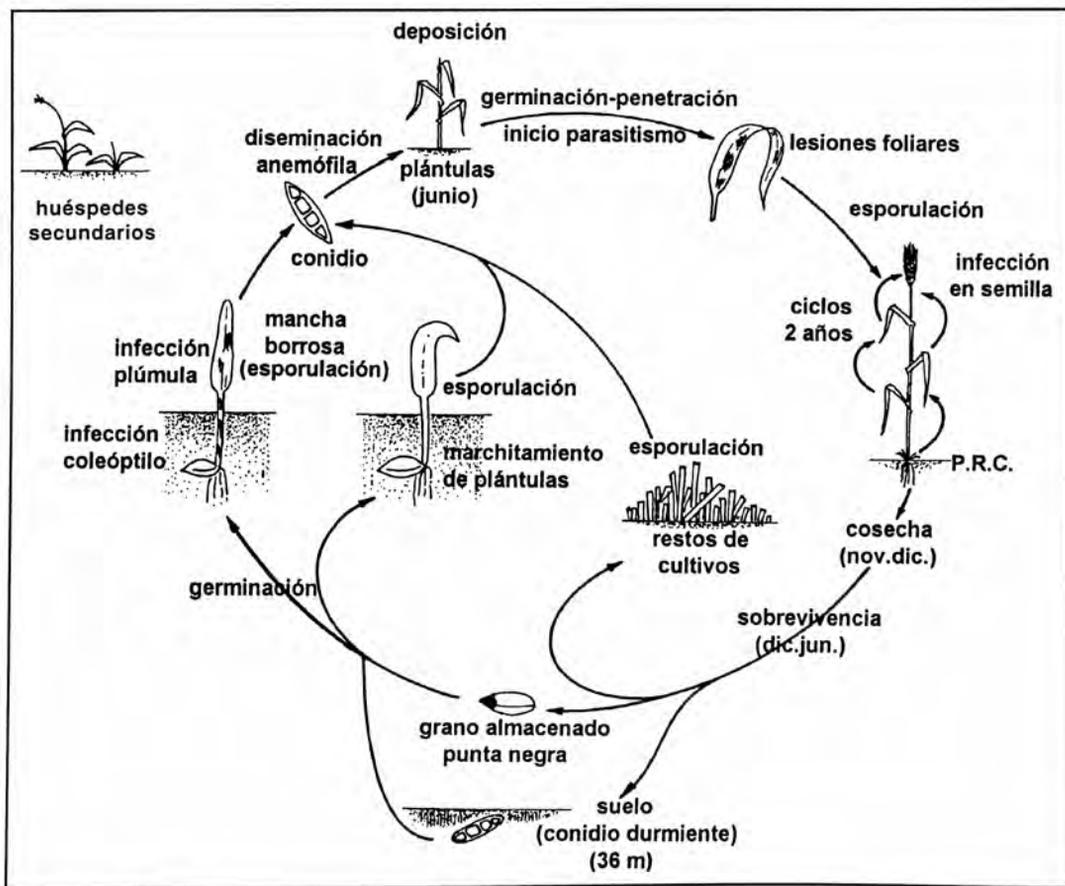


Figura 6 . Ciclo biológico de *B. sorokiniana* en cebada.

2.2.2. Importancia económica

Se han registrado mermas de 10 a 15 % en el rendimiento pudiendo llegar hasta el 40 % en aquellos casos en que la enfermedad ocurre antes de la espigazón, de esta forma al llegar al estado de grano lechoso la mayoría de las tres últimas hojas mueren. Estas pérdidas se dan tanto por la reducción en el peso como en el tamaño del grano (21).

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la mancha borrosa durante una o dos semanas luego de la espigazón, las pérdidas en rendimiento de grano han sido de 10 a 20 %, mientras que si estas condiciones persisten por tres o cuatro semanas, las mermas son del orden de 20 a 30 % (18).

Este hongo además, reduce la calidad del grano ya que una alta incidencia de punta negra puede llevar al rechazo del lote en algunos países (3).

2.3. Roya de la Hoja

2.3.1. Descripción y ciclo

La roya de la hoja en cebada es una enfermedad que ataca la parte aérea de la planta: hojas, vainas y ocasionalmente, en infecciones severas, puede llegar a la espiga. Se desarrolla tarde en el ciclo del cultivo, generalmente luego de la emergencia de la espiga (20).

Fuera de la estación del cultivo (verano-otoño), este hongo sobrevive parasitando plantas voluntarias de cebada, en donde pueden darse varias generaciones. Las esporas (uredosporas) producidas en las plantas voluntarias y aquellas que permanecen viables

en la atmósfera son transportadas por el viento o lluvia al cultivo de cebada (invierno-primavera).

Una vez allí, en condiciones adecuadas de temperatura y humedad (cuadro 3), se forman pústulas que producen uredosporas, y reinfectan al huésped sucesivamente (ciclos secundarios) (figura 7).

2.3.2. Importancia económica

Las pérdidas pueden ser altas, si la infección de las plantas ocurre en forma temprana. Las mismas presentan hojas más pequeñas y tallos débiles, llegando a madurar hasta dos semanas antes que las plantas sanas.

Algunos trabajos han presentado una relación lineal entre la infección y las pérdidas en rendimiento, pero existen diferentes respuestas según el cultivar (6).

En La Estanzuela (1991-1994) se determinaron las pérdidas causadas por esta enfermedad en un cultivar susceptible (cv. Bowman) tanto en el rendimiento como en el peso y tamaño del grano (cuadro 3).

Al igual que para mancha en red, las infecciones tempranas determinaron sistemáticamente, menores rendimientos de grano y porcentaje de 1a+2a (figura 8).

2.4. Escaldadura

2.4.1. Descripción y ciclo

Las siembras tempranas son las más afectadas por escaldadura, debido a las condiciones ambientales imperantes en las primeras etapas del cultivo: temperaturas más bien frías, precipitaciones abundantes y humedad relativa alta.

Cuadro 3. Pérdidas en el rendimiento, porcentaje de 1a+2a y peso de mil granos causadas por roya de la hoja (INIA La Estanzuela 1991-1994).

Rendimiento	17 - 25 %
Porcentaje de 1a+2a	3 - 25 %
Peso de mil granos	9 - 15 %

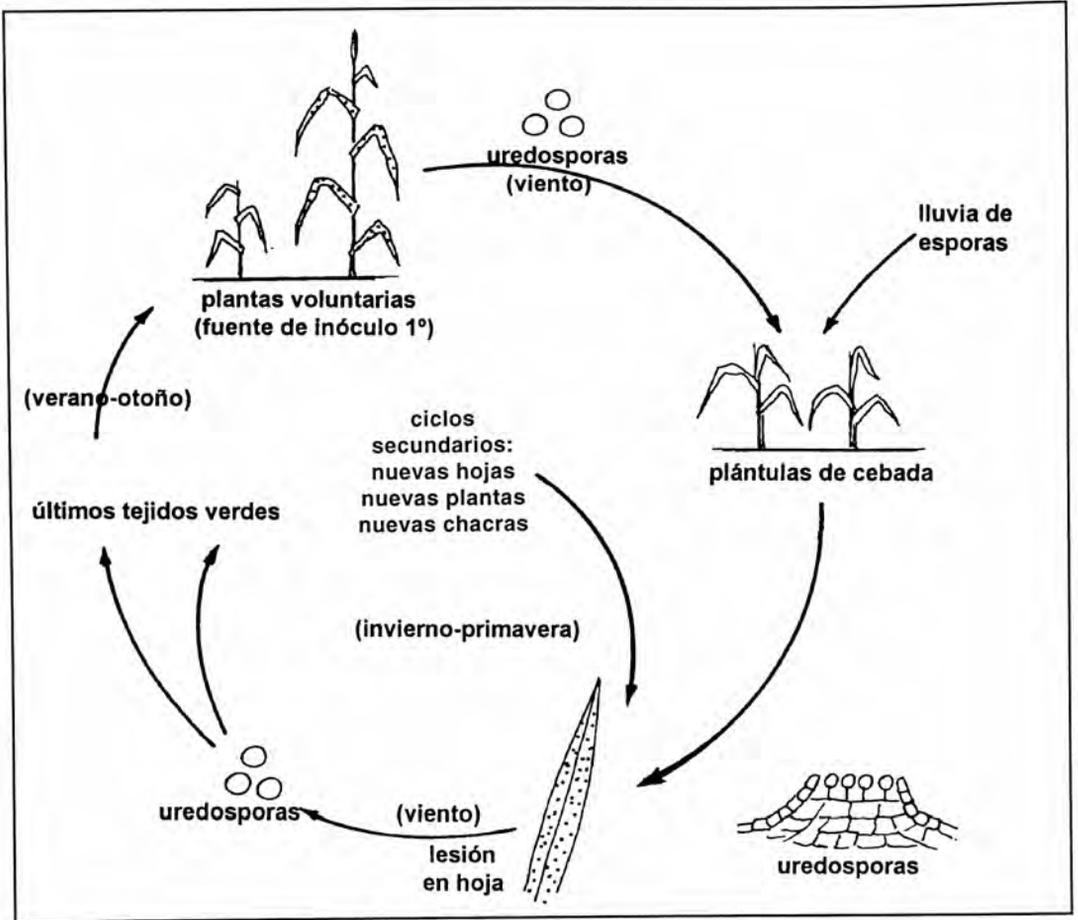


Figura 7. Ciclo biológico de *P. hordei* en cebada.

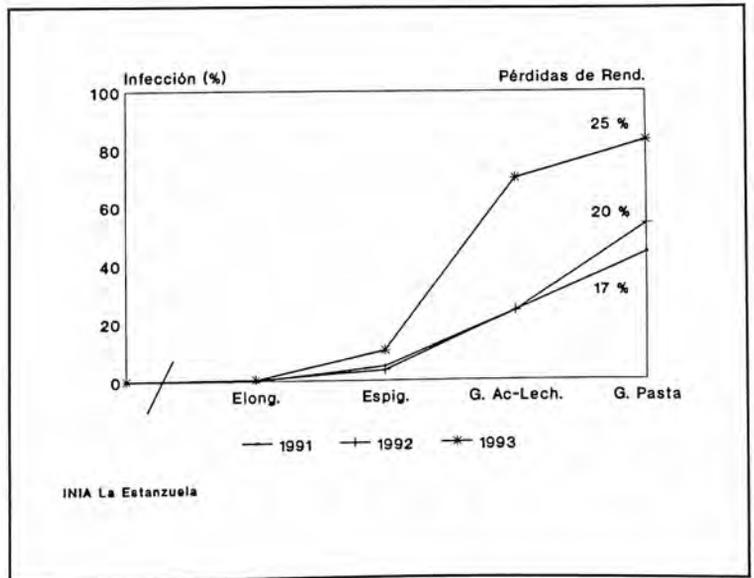


Figura 8. Relación entre la infección de roya de la hoja y las pérdidas en rendimiento de grano (INIA La Estanzuela, 1991-1994)

Esta enfermedad se presenta como manchas ovaladas, de aspecto acuoso, verde grisáceas, tomando una coloración pardo clara en el centro rodeadas de un halo oscuro. En infecciones severas, el hongo puede llegar a infectar aristas y glumas. El desarrollo de la enfermedad está directamente relacionado con la pluviosidad (2,18).

El hongo puede permanecer de una temporada a otra como micelio en el rastrojo infectado, en plantas «guachas» de cebada afectadas por la enfermedad, o de algunas gramíneas donde puede sobrevivir (item 6.2.3). También se puede transmitir por la semilla aunque se le atribuye una importancia secundaria como fuente de inóculo primario. Como las demás manchas foliares, una vez que el hongo penetra en el tejido produciendo necrosis extrae los nutrientes necesarios. Sobre estas manchas se producen esporas que son diseminadas al resto del cultivo principalmente por la lluvia (figura 9). En general,

se propaga entre plantas contiguas en áreas «satélite» de infección (5).

2.4.2. Importancia económica

Se han establecido pérdidas en el rendimiento de hasta 40 % en epidemias severas de esta enfermedad (2,18); siendo los parámetros más afectados el número de granos por espiga, número de espigas por planta, peso de mil granos y tamaño del grano (18). Las infecciones severas también determinan vuelco del cultivo, aumentando así las pérdidas debido a que las espigas que quedan a nivel del suelo no son alcanzadas por la cosechadora (2). En general, las mermas en el rendimiento debidas a la escaldadura oscilan entre 20 % (18) y 25 % (17).

El porcentaje de 1a+2a es el parámetro que se ve más afectado por esta enfermedad (2).

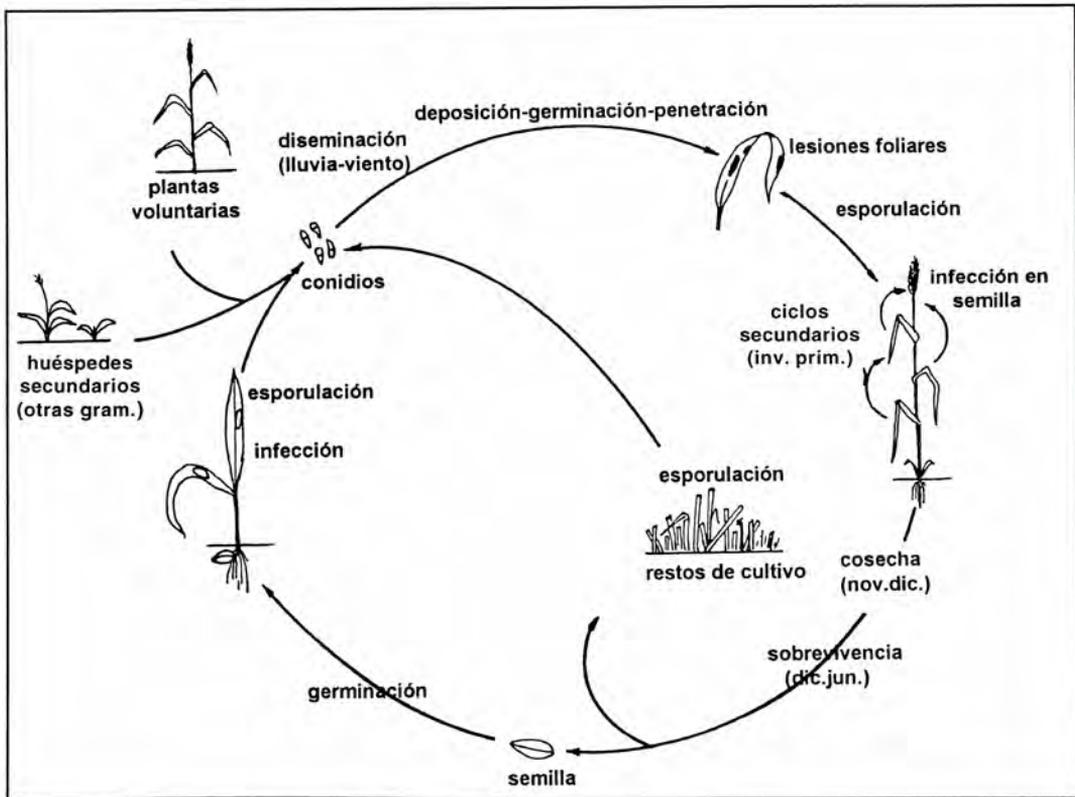


Figura 9. Ciclo biológico de *R. secalis*

2.5. Otras enfermedades

Además de la punta negra, la fusariosis (causada por *Fusarium graminearum*) es otra enfermedad que ataca al grano en la etapa de cultivo afectando tanto el rendimiento como la calidad, principalmente por la producción de micotoxinas que afectan tanto a animales como a humanos (18).

La estría bacteriana de cebada ocurre además en trigo y otras numerosas gramíneas. Bajo condiciones de humedad alta es posible ver exudados de la bacteria. Las pérdidas en rendimiento pueden llegar al 15%.

La roya del tallo se presentó en 8 de los últimos 18 años en bajos niveles de infección. Las pérdidas por esta enfermedad en cebada a nivel mundial han sido relativamente bajas debido al uso de cultivares resistentes (dada principalmente por un gen descubierto en 1920 que continúa siendo efectivo) (18).

3. CUANTIFICACION DE LAS ENFERMEDADES EN CEBADA

Existen métodos objetivos y subjetivos para evaluar la intensidad de las enfermedades en cebada. Entre los primeros se encuentra la **incidencia** que representa la cantidad de hojas enfermas en el total de hojas evaluadas y se expresa en porcentaje. En el segundo caso, tenemos a la **severidad** que es el área foliar enferma respecto al área foliar total, también expresada en porcentaje. Esta se determina visualmente mediante escalas, diagramas o el programa de computación Distrain.

3.1. Escalas y diagramas

Existen varias escalas y diagramas disponibles que permiten evaluar la intensidad de las enfermedades en cebada (30).

Manchas Foliaras (mancha en red, mancha borrosa, escaldadura):

Escala de Saari-PreScott, doble dígito: el primer dígito (0-9) indica la altura relativa que alcanza la enfermedad en la planta y el segundo (0-9) representa el porcentaje de daño.

En la práctica se observan 10 a 20 plantas y se les asigna un valor global. Esta escala se utiliza principalmente para comparar distintos materiales (genotipos) a campo.

Diagramas de James: si bien presenta diagramas para varias enfermedades, aún royas, los mismos resultan muy útiles para asignar severidad (%) de manchas foliares por hoja.

Roya de la Hoja. Escala de Cobb, modificada: permite registrar la intensidad de roya en base a la gravedad (porcentaje infectado de la planta) y la respuesta (reacción frente a la enfermedad: R-resistente, MR-moderadamente resistente, M-intermedia, MS-moderadamente susceptible, S-susceptible). Por ejemplo, 5MR representa que un 5% del área foliar está afectada con un tipo de reacción moderadamente resistente.

Diagrama de Peterson: ilustra los grados de severidad de roya de la hoja cuando las pustulas son de distinto tamaño. Presenta un valor del porcentaje real de área cubierta por lesiones y un porcentaje visual.

3.2. Distrain

Es un programa de computación de uso público desarrollado por Tommerlin y Howell (31) para entrenarse en la estimación de la severidad de enfermedades foliares de cereales de invierno entre las que se encuentran: mancha en red, mancha borrosa, escaldadura y roya de la hoja.

4. FACTORES QUE DETERMINAN LAS ENFERMEDADES EN CEBADA

Existe una relación de interdependencia entre los factores determinantes de las enfermedades: planta, patógeno y ambiente.

La **planta de cebada** (huésped) es el sustrato nutricional de los hongos patógenos de este cultivo, ya se trate de la planta cultivada durante la estación del cultivo (y en donde pueden causar daño económico), como de las plantas vegetando fuera de estación («guachas»), el rastrojo de cebada y las semi-

llas. Como se puede apreciar en el cuadro 6, los diferentes cultivares de cebada poseen distintos niveles de resistencia/susceptibilidad a los patógenos que los afectan. Este es uno de los factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad, y por ello es necesario conocer qué nivel de resistencia tiene un cultivar de cebada frente a los principales patógenos del cultivo en el país.

Las **condiciones ambientales** favorables son un requisito esencial para que se desarrolle una epifiticia (30). La temperatura actúa como catalizador, ya sea acelerando o retardando los procesos de reproducción de los patógenos (26), incidiendo entonces en los ciclos del mismo sobre el cultivo de cebada. La humedad es otro factor determinante de la ocurrencia de las enfermedades. Es importante determinar la duración de agua libre en la superficie de la planta para entender el establecimiento y desarrollo de los patógenos en el cultivo de cebada. En el cuadro 4 se presentan los rangos de las temperaturas, duración de humedad libre en la superficie de la planta y la cantidad de días necesarios para que el hongo cumpla con un ciclo.

El **patógeno** es dependiente de la planta de cebada y por ello tenderá a no separarse

de ella. Para manejar los hongos en cebada, al igual que en cualquier otro cultivo, debemos entender cómo estos invaden, cómo se desarrollan y principalmente, cómo sobreviven.

5. CLASIFICACION DE LOS PATOGENOS DE CEBADA SEGUN SUS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

¿Por qué debemos saber cómo sobreviven los patógenos que afectan al cultivo de cebada? Es que en base a sus requerimientos nutricionales podremos determinar cuáles son las medidas de manejo más adecuadas para el control de enfermedades en este cultivo.

Existen dos grupos de hongos: los **biotróficos** (necesitan de la planta para sobrevivir, y su principal mecanismo de sobrevivencia son las plantas «guachas») y los **necrotróficos** (extraen sus nutrientes de tejidos muertos de la cebada, este grupo es menos especializado que el anterior y pueden sobrevivir tanto en la semilla, rastrojo, plantas «guachas» como en otros huéspedes, algu-

Cuadro 4. Requerimientos óptimos de temperatura, duración del período de mojado de los órganos susceptibles para la infección y ciclo de los principales hongos que afectan la cebada en Uruguay.

Enfermedad	Patógeno	Temperatura (°C)	Duración de agua libre (horas)	Ciclo (días)
Mancha en Red	D. teres	15-25	10->30	10-14
Mancha Borrosa	B. sorokiniana	24-28	9-24	10-14
Roya de la hoja	P. hordei	15-22	6-8	10
Escaldadura	R. secalis	10-20	24-48	10-14
Roya del Tallo	P. graminis	19-22	6-8	10
Fusariosis	F. graminearum	24-30	60-48	M*
Oídio	E. graminis	15-22		10-14
Carbón Volador	U. hordei	10-15		M
Carbón Desnudo	U. nuda	10-15		M

* monocíclica

nos incluso pueden permanecer en el suelo). En el cuadro 5 se presentan los hongos patógenos de la cebada agrupados por sus requerimientos nutricionales.

6. MEDIDAS DE CONTROL

El éxito del manejo de las enfermedades en cebada está basado en el uso integrado de todas las medidas disponibles.

6.1. Uso de cultivares resistentes

Esta es la medida más eficiente y deseable para el control de enfermedades causadas por agentes biotróficos, principalmente royas (roya de la hoja y r. del tallo).

En estos casos la base genética de la resistencia es más estrecha y se puede manipular en forma más fácil que en los necrotrofos.

Los cultivares que se encuentran actualmente a nivel de producción poseen bajos niveles de resistencia tanto para manchas foliares como para roya de la hoja (cuadro 6).

Es importante conocer el grado de infección que poseen los cultivares que estamos manejando.

Debido a que los hongos se van adaptando a los cultivares presentes en el país como forma de mantener el equilibrio natural cultivo-hongo, y que además el recambio varietal en este cultivo es poco dinámico, se vuelve imprescindible contar con materiales que tengan un buen comportamiento sanitario general a las principales enfermedades de este cultivo en el país. Por esta razón, a partir de 1992 en La Estanzuela, se organizaron colecciones de materiales con el fin de: (a) identificar fuentes de resistencia, tanto en materiales con características aceptables para la producción como en otros con el fin de incorporarla a cultivares adaptados y de calidad conocida, (b) caracterizar sanitariamente a aquellos cultivares en producción y en etapas avanzadas de evaluación final.

6.2. Prácticas culturales

6.2.1. Eliminación de plantas «guachas» o voluntarias

El hongo causal de la roya de la hoja sobrevive en las plantas de cebada que se mantienen en el verano-otoño. Estas plantas deberían ser eliminadas cuanto antes del área del cultivo, bordes de chacras y curvas de nivel, ya que la presencia de una planta de

Cuadro 5. Clasificación de los patógenos de cebada según sus requerimientos nutricionales (12).

BIOTROFICOS	NECROTROFICOS
Necesitan de la planta viva de cebada para sobrevivir	Extraen sus nutrientes de tejidos muertos del huésped
<i>P. hordei</i> - ROYA DE LA HOJA <i>P. graminis</i> - ROYA DEL TALLO	<i>D. teres</i> - MANCHA EN RED <i>B. sorokiniana</i> - MANCHA BORROSA - P. RADICULAR - P. NEGRA
<i>E. graminis</i> - OIDIO <i>Ustilago spp.</i> - CARBONES	<i>R. secalis</i> - ESCALDADURA <i>Fusarium spp.</i> - FUSARIOSIS

- P. Radicular

Cuadro 6. Grado de infección a las principales enfermedades de los cultivares de cebada (INIA La Estanzuela, 1994).

Cultivar	M. Red	M. Borrosa	Esc.	R. Hoja
Clipper	B*	B-I	I	I
FNC 1	I	B-I	B	I
FNC 6-1	B-I	I	B-I	I
MN 599	I-A	B	I	B
Stirling	MA	I	I	A
Bowman	B-I	I	B	MA
E. Quebracho	B-I	I	B	B
Aphrodite	B-I	B-I	B	B
Defra	B-I	B	B-I	B

B: bajo; I: intermedio; A: alto; MA: muy alto.

cebada infectada significa que en la misma se está multiplicando la roya de la hoja asegurando el pasaje de una zafra a otra del cultivo.

La importancia relativa de estas plantas para enfermedades como manchas foliares es relativamente menor, pero no por ello deja de ser importante.

6.2.2. Época de siembra

Los requerimientos más bajos de temperatura y altas precipitaciones (cuadro 4) del hongo causal de la escaldadura determinan que haya una mayor incidencia de la misma en siembras tempranas.

6.2.3. Presencia de huéspedes secundarios

Existen gramíneas que son huéspedes de los hongos patógenos de cebada: *B. sorokiniana*, *D. teres*, *F. graminearum* y *R. secalis*.

Una mayor cantidad de estas plantas podría estar indicando una mayor cantidad de inóculo de estos hongos. Si bien la eliminación de estas plantas del área es poco práctico, puede sí ser un criterio al momento de elegir la chacra.

Para *Fusarium* ésta es una de las principales fuentes de inóculo y por ello la rotación de cultivos **no** es eficaz para el control de este hongo.

(a) Especies vegetales sobre las que se han encontrado peritecios de *G. zeae* (*Fusarium graminearum*) en condiciones naturales:

Avena sativa

Botriochloa sp.

Bromus catharticus (cebadilla)

Cortaderia selloana (paja penacho)

Cynodon dactylon (gramilla)

Digitaria sanguinalis (pasto blanco)

Hordeum sp.

Lolium multiflorum (raigrás)

Paspalum dilatatum (pasto miel)

P. notatum (pasto horqueta)

P. urvillei

Poa annua (pasto de invierno)

Pennisetum clandestinum (kikuyo)

Secale cereale (centeno)

Sorghum halepense (sorgo de Alepo)

Triticum sp.

Triticale

Zea mays (maíz)

(b) Especies sobre las cuales se ha aislado *B. sorokiniana* en condiciones naturales:

Avena sp.
Bromus catharticus (cebadilla)
Cynodon dactylon (gramilla)
Dactylis glomerata (dactilis)
Digitaria sanguinalis (pasto blanco)
Echinochloa cruzgalli (gramilla de ras trojo)
Festuca arundinacea (festuca)
Lolium multiflorum (raigrás)
Paspalum notatum (pasto horqueta)
Phalaris arundinacea (falaris)
Setaria italica (moha)
Secale cereale (centeno)
Triticum sp.
 Triticale
Zea mays (maíz)

(c) Especies vegetales sobre las que se ha aislado *D. teres*:

Hordeum sp.
Cynodon dactylon (gramilla)

(d) Especies vegetales con presencia de *R. secalis*:

Hordeum sp.
Lolium multiflorum (raigrás)
Phalaris arundinacea (falaris)
Secale cereale (centeno)

6.2.4. Rotación de cultivos

¿Cómo controla la rotación de cultivos a los hongos que dependen del rastrojo para sobrevivir (o como los llamamos anteriormente, necrotrofos)? Si la planta de cebada (ya sea cultivada, voluntaria o como rastrojo) no está presente, los hongos que dependen nutricionalmente de ella estarán sometidos a una intensa competencia microbiana en donde generalmente se encuentran en desventaja. La rotación con cultivos no susceptibles, da tiempo suficiente para que los microorganismos presentes en el suelo y enemigos naturales de los hongos patógenos de ceba-

da, los erradiquen. Es por ello que algunos autores indican a la rotación como una medida de control biológico (9). A modo de ejemplo, en el cuadro 7 se presenta el efecto de la rotación en la cantidad de conidios de *B. sorokiniana* en el suelo. Cuanto mayor es el tiempo sin cebada menor es el inóculo del hongo en el suelo.

¿Cuáles son las características de los hongos patógenos de cebada que pueden ser controlados por rotación de cultivos? Entre otros aspectos:

- sobreviven por colonización saprofítica del rastrojo de cebada

- no tienen habilidad de competencia microbiana (dependen nutricionalmente de la cebada)

- no presentan estructuras de resistencia en el suelo como esclerotos, clamidosporas, oosporas. *B. sorokiniana* (= *H. sativum*) es el único que puede sobrevivir bajo la forma de conidio libre en el suelo por 36-37 meses (26).

- capacidad de dispersión limitada. Por ejemplo, algunos presentan esporas grandes, pesadas, diseminadas por el viento a distancias cortas (*B. sorokiniana*: 60-100x18-23µm, *D. teres*: 90-120x19-21µm) o algo más pequeñas con dispersión por lluvia (*R. secalis*: 16-20x3-5µm)

- presentan algunos huéspedes secundarios (item 6.2.3)

Una vez que el rastrojo de cebada se haya mineralizado (descomposición completa) se puede volver a sembrar cebada en la misma chacra.

La velocidad de descomposición dependerá de la actividad microbiana, la que a su vez es función de: la humedad del rastrojo, la temperatura, la relación C:N, el pH y la aireación (1). Por ello es importante conocer cuánto demora en descomponerse un rastrojo de cebada en nuestras condiciones. En Brasil, se determinó un período de 12 a 16 meses (Reis, datos no publ.). En Uruguay, es de suponer que las condiciones de menores temperaturas medias lleven a que ese período sea algo mayor. Se ha determinado que el rastrojo de cebada incorporado demora 18 meses en descomponerse mientras que en superficie hasta 32 meses (32). En la figura 10

Cuadro 7. Efecto del período de rotación en la concentración de *B. sorokiniana* en el suelo (INIA La Estanzuela, 1993).

Sistema	Cultivo 90	anterior 91	92	Propág. por g de suelo seco
Agric. cont. con fertil.	CEB/G2	TRIGO	SORGO	8
	SORGO	CEB/G2	TRIGO	16
	TRIGO	SORGO	CEB/G2	138
Rotación con leg.	CEB/G2	TRI/LO	LOTUS2	0
	SORGO	CEB/G2	TRI/LO	48
	LOTUS	SORGO	CEB/G2	186

se muestra la descomposición del rastrojo de trigo y cebada cosechado en 1993 en función del tiempo.

¿Cuáles serían los requerimientos de una especie vegetal para integrar un sistema de rotación con cebada desde el punto de vista sanitario? En primer término, que no sea huésped de patógenos de cebada. Por ejemplo, el trigo y triticale poseen en común a *B. sorokiniana*, el centeno además del anterior comparte la susceptibilidad a *R. secalis*. Pensando en que la pastura es un componente importante en nuestros sistemas mixtos de producción, la mejor opción la constituyen las leguminosas forrajeras. Las crucíferas (canola, nabo forrajero) y la avena se presentan como otras opciones.

En definitiva, la rotación de cultivos disminuye el inóculo inicial y por lo tanto lleva a que la enfermedad aparezca más tardíamente, una menor tasa de desarrollo de la misma,

una menor intensidad máxima y una menor sobrevivencia del hongo. Por ejemplo, para mancha en red se determinó que el crecimiento diario de la enfermedad en un sistema en monocultivo fue aproximadamente 5,4 veces mayor que en la rotación (14).

Finalmente, no podemos dejar de lado las consideraciones de tipo económico al momento de decidir los cultivos que integren una rotación. Al ser trigo y cebada los cereales de invierno más rentables debemos sopesar este aspecto con las pérdidas que nos pueden estar causando las enfermedades.

6.2.5. Sistema de laboreo

El sistema de laboreo influye en la sobrevivencia de enfermedades necrotróficas principalmente a través del efecto de la cantidad, posición y tasa de descomposición de los residuos del cultivo (23). Así un laboreo con la incorporación casi total del rastrojo

Cuadro 8. Clasificación de los hongos patógenos de cebada controlables o no por la rotación.

CONTROLABLES POR ROTACION	NO CONTROLABLES POR ROTACION
<ul style="list-style-type: none"> * <i>D. teres</i> (M.Red) * <i>B. sorokiniana</i> (M.Borrosa, P.raíz y corona, M.plántulas, P.negra) * <i>R. secalis</i> (Escald.) 	<ul style="list-style-type: none"> * <i>F. graminearum</i> (Fusariosis)

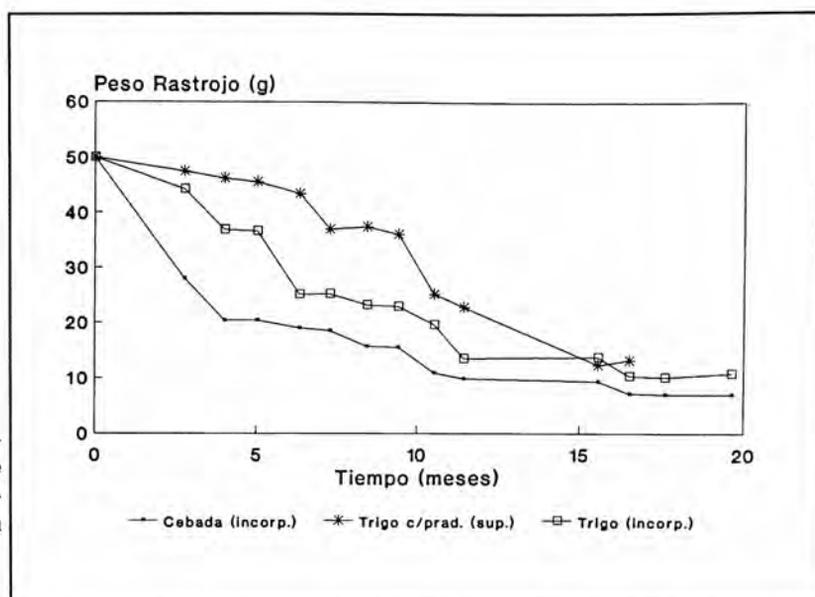


Figura 10. Descomposición del rastrojo de trigo y cebada (cosecha 1993) (INIA La Estanzuela).

(arado de rejas) determinará una descomposición más rápida del rastrojo que si se realiza una siembra directa. La intensidad de las enfermedades como mancha en red, mancha borrosa y escaldadura está directamente relacionada con la densidad de inóculo y esta a su vez con la cantidad de paja presente.

¿Por qué la siembra directa aumenta la intensidad de manchas foliares en cebada? Por un lado, al dejar los residuos en la superficie del suelo, existirá una mayor disponibilidad de nutrientes para esos hongos; y por otro, la localización del inóculo en la superficie posibilita una mayor esporulación y liberación del inóculo garantizando así la inoculación de las plántulas en esa chacra o en otras cercanas.

Un cultivo en siembra directa tiene un microclima diferente al que existe en otro bajo laboreo convencional. La amplitud de temperatura (temperaturas máximas y mínimas) sobre el suelo es menor en presencia de material vegetal muerto que cuando el mismo está desnudo. Por otra parte, en siembra directa la presencia de agua en la superficie foliar se prolonga por 1 o 2 horas más en las primeras fases del crecimiento del cultivo (13).

Es necesario entonces, cambiar algunos conceptos, principalmente la forma de entender la interacción enfermedades - nuevo ambiente.

6.2.6. Uso de semilla sana

Hongos como *D. teres* y *B. sorokiniana* que sobreviven asociados a la semilla de cebada son transmitidos a la plántula en forma muy eficiente. Es necesario obtener una alta eficiencia en el control de estos hongos en la semilla para no introducir al patógeno en la chacra.

6.3. Uso de fungicidas

Cuando las medidas antes mencionadas son ineficientes para el control de las enfermedades foliares en cebada el uso de fungicidas se plantea como una opción eventual. Si bien es posible realizar recomendaciones para un control químico se debe tener en cuenta que el mismo es dinámico en el sentido que la decisión estará basada en **varios** aspectos como: a) el grado de resistencia/susceptibilidad del cultivar, b) el estado vegetativo en que se encuentra el cultivo, c) el nivel de infección de la(s) enfermedad(es)

y d) la expectativa de rendimiento. Es riesgoso decidir realizar una aplicación de fungicidas sin antes «hacer números».

6.3.1. Grado de resistencia/ susceptibilidad del cultivar

Como vimos en el cuadro 6 cada cultivar tiene un determinado nivel de resistencia/ susceptibilidad a las distintas enfermedades. Conocer cuál es el comportamiento sanitario del cultivar que nos interesa es un punto importante porque se puede inferir qué niveles de enfermedad puedo esperar en caso que las condiciones ambientales sean favorables para su desarrollo.

6.3.2. Estado vegetativo del cultivo

Nos interesa el estado sanitario del cultivo desde elongación (según escala de Zadoks: GS 31) hasta el estado de grano lechoso (GS 77 a 8), que es cuando se está determinando el rendimiento.

6.3.3. Nivel de infección del cultivo

Para poder determinar el nivel de infección de un cultivo es necesario realizar muestreos relativamente periódicos del cultivo que reflejen la situación sanitaria de la chacra al momento del muestreo. En general, con 20 tallos de cada punto, como mínimo en 10 puntos se obtiene una muestra representativa.

Para determinar el nivel de infección vamos a tener en cuenta sólo las hojas verdes y cuantificamos la enfermedad registrando la severidad de cada hoja y finalmente llevándolo a un **promedio de severidad**.

Este promedio debe compararse con los niveles críticos de severidad hallados en base a la correlación de la infección de la enfermedad en diferentes etapas de desarrollo del cultivo y el rendimiento obtenido. El nivel crítico de severidad representa el nivel de severidad a partir del cual las pérdidas en rendimiento igualan al costo de una aplicación. De esta forma se establecieron las siguientes funciones:

En resumen, lo que nos indican estas funciones es la pérdida porcentual en el rendimiento por cada 1% de severidad de más en el cultivo. Por ejemplo: en un cultivo que se encuentra en algún estado desde elongación hasta espigazón se pierde **1.1%** en el rendimiento por cada **1%** de severidad de manchas foliares [ecuación (a)].

De esta forma se puede determinar para cada cultivo, en forma aproximada, el nivel crítico de severidad.

En el cuadro 9 se presentan los niveles críticos de severidad determinados en cultivos susceptibles (con máxima expresión de la enfermedad).

6.3.4. Expectativa del rendimiento

No es lo mismo decidir una aplicación para un cultivo de 1000-1500 kg/ha que para otro del cual esperamos 3000-3500 kg/ha. Estos niveles críticos se han determinado para potenciales de rendimiento de 3000 a 4000 kg/ha.

Es importante tener en cuenta que los niveles deben tomarse como **una herramienta más** y no como el único elemento al momento de decidir una aplicación foliar.

Para **manchas foliares**:

Elongación - Espigazón: $Y = 100 - 1,10 X$ (a)

Fin Espigazón - Grano Lechoso: $Y = 100 - 0,39 X$ (b)

Para **roya de la hoja**:

Elongación - Espigazón: $Y = 100 - 2,90 X$ (c)

Fin Espigazón - Grano Lechoso: $Y = 100 - 0,57 X$ (d)

donde: Y = porcentaje del rendimiento a obtener

X = severidad de la enfermedad (%)

Cuadro 9. Niveles críticos de severidad determinados para manchas foliares y roya de la hoja (INIA La Estanzuela, 1991-1994).

	Elong. a Espig.	Fin de Espig.-Grano Lech.
Manchas Foliares	5 %	15 %
Roya de la Hoja	2 %	10 %

7. CONSIDERACIONES FINALES

Los problemas sanitarios en el cultivo de cebada pueden ser prevenidos si el productor o el técnico asesor mantiene un sistema productivo en donde todas las medidas de manejo se realicen en forma oportuna y eficiente. Sólo de esta manera es posible obtener mayores rendimientos, mayor rentabilidad y sin producir gran impacto en el medio ambiente.

8. BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, M.** 1961. Organic matter decomposition. In: Alexander, M. Introduction to soil microbiology. New York, John Wiley. Chap.9.p.139-162.
- ANDRADE, O.** 1989. Rincosporiosis o escaladura de la hoja de la cebada *Rynchosporium secalis* (Oud.)J.J.Davis, en la zona sur de Chile. Sintomatología, condiciones predisponentes, daño y control. Boletín Técnico N°138. INIA Chile.
- ARIAS, G.** 1991. Calidad industrial de la cebada cervecera. Serie Técnica N°18. INIA La Estanzuela.54p.
- ARNST, K.J.; SHERIDAN, J.E.; GRBAVAC, N.** 1978. Two important fungal seed-borne diseases of barley in New Zealand: net blotch caused by *Drechslera teres* (Sacc.) Shoemaker and leaf stripe caused by *Drechslera graminea* (Rabenh. and Schlecht.) Shoemaker. N.Z.J. of Agric.Res.21:697-701.
- AYESU-OFFEI, E.N.; CARTER, M.V.** 1971. Epidemiology of leaf scald of barley. Austr.J.Agric.Res.22:383.
- CLIFFORD, B.C.** 1985. Barley leaf rust. In: The cereal rusts.Vol.II. Diseases, distribution, epidemiology and control. Roelfs, A.P.; Bushnell, W.R. eds. Orlando, Academic Press. p.175-205.
- CHINN, S.H.F.; TINLINE, R.D.** 1963. Spore germinability in soil as an inherent character of *Cochliobolus sativus*. Phyto-path. 53:1109-1112.
- CHINN, S.H.F.; TINLINE, R.D.** 1964. Inherent germinability and survival of spores of *Cochliobolus sativus*. Phytopath.54:349-352.
- COOK, R.J.; BAKER, K.F.** 1983. The nature and practices of biological control of plant pathogens. St.Paul, The American Phytopathological Society.539p.
- DEIMEL, H.; HOFFMANN, G.M.** 1991. [Basis of the detrimental effects of net blotch disease on barley (causal organism: *Drechslera teres* (Sacc.)Shoemaker]. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanschutz.98(2):137-161. Tomado de: CABCD 1990-1991.
- DIAZ DE ACKERMANN, M.** 1992. Problemas sanitarios de cebada cervecera. Serie Técnica N°27. INIA La Estanzuela. 18p.
- FEDERATION OF BRITISH PLANT PATHOLOGISTS.** 1973. Terminology sub-committee. A guide to the use of terms in plant pathology. Kew. Commonwealth Mycological Institute. Phytopathological Papers N°17. 55p.
- FERNANDES, J.M.C.** 1995. Doencas associadas ao sistema plantio direto: casos de estudo. In: I Seminário Internacional do sistema plantio direto. 7-10 de agosto de 1995.Passo Fundo, Brasil. p.29-33.
- GASSEN, F.R.; REIS, E.M.** 1990. Efeito da rotacao de culturas na evolucao da mancha reticular da cebada causada por *Drechslera teres*. Relatório FAPERGS.8p.

15. **HAMPTON, J.C.** 1980. The role of seed-borne inoculum in the epidemiology of net blotch of barley in New Zealand. *N.Z.J. of Exp.Agric.*8:297-299.
16. **JORDAN, V.W.L.** 1981. Aetiology of barley net blotch caused by *Pyrenophora teres* and some effects on yield. *Pl.Path.*30:77-87.
17. **KHAN, T.N.; PORTMAN, P.A.** 1979. Breeding a barley resistant to leaf disease. *West.Austr.J.Agric.*20:60.
18. **MATHRE, D.E.** 1982. Compendium of barley diseases. St.Paul. The American Phytopathological Society. 78p.
19. **MCDONALD, W.C.; BUCHANNON, K.W.** 1964. Barley yield reductions attributed to net blotch infection. *Can. Pl. Dis. Surv.* 44:118.
20. **MELVILLE, S.C.; GRIFFIN, G.W.; JEMMETT, J.L.** 1976. Effects of fungicide spraying on brown rust and yield in spring barley. *Pl.Path.*25:99-107.
21. **PEDERSON, V.D.; MCMULLEN, M.** 1985. Spot blotch of barley. Extension circular PP867. Coop.Ext.Serv. North Dakota State Univ.
22. **PEREA, C.** 1984. Efectos de la mancha en red en cebada cervecera. In: Univ. de la Rep., Fac. de Agr. Reunión técnica, 7a. Montevideo. 5-7 de setiembre de 1984. p.60. (Resumen).
23. **REES, R.G.** 1987. Effects of tillage practices on foliar diseases. In: Tillage. New directions in Australian agriculture. Cornish, P.S. and Pratley, J.E. eds. Melbourne and Sydney. Inkata Press. p. 318-334.
24. **REIS, E.M.** 1985. Doenças do trigo; podridao comum de raízes. Sao Paulo. CNDA. 43p.
25. **REIS, E.M.** 1991. Mancha en red de la cebada: biología, epidemiología y control de *Drechslera teres*. Serie Técnica N°3. INIA La Estanzuela. 20p.
26. **REIS, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C.** 1988. Estratégias para o controle de doenças do trigo. EMBRAPA-CNPT. Passo Fundo, RS. 50p.
27. **SHANER, G.** 1981. Effect of environment of fungal leaf blights of small grains. *Phytopath.*79:273-296.
28. **SHERIDAN, J.E.; GRBAVAC, N.** 1979. Healthy barley crops demand constant surveillance. *N.Z.J.Agric.*139(4):25-29.
29. **SHIPTON, W.A.** 1966. Effect of net blotch infection of barley on grain yield and quality. *Austr.J. of Exp. Agric. and An. Hunds.*6:437-440.
30. **STUBBS, R.W.; PRESCOTT, J.M.; SAARI, E.E.; DUBIN H.J.** 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. México. CIMMYT. 46p.
31. **TOMERLIN, J.R.; HOWELL, T.A.** 1988. Distrain: a computer program for training people to estimate severity on cereal leaves. *Plant Dis.*72:455-459.
32. **UTERMARK, M.** 1995. Efecto de la rotación de cultivos sobre la incidencia de manchas foliares en cebada y la sobrevivencia de *Drechslera teres* en el rastrojo. VI Reunión nacional de entidades de cebada. 6-7 de setiembre de 1995. LATU-Montevideo. s.p.