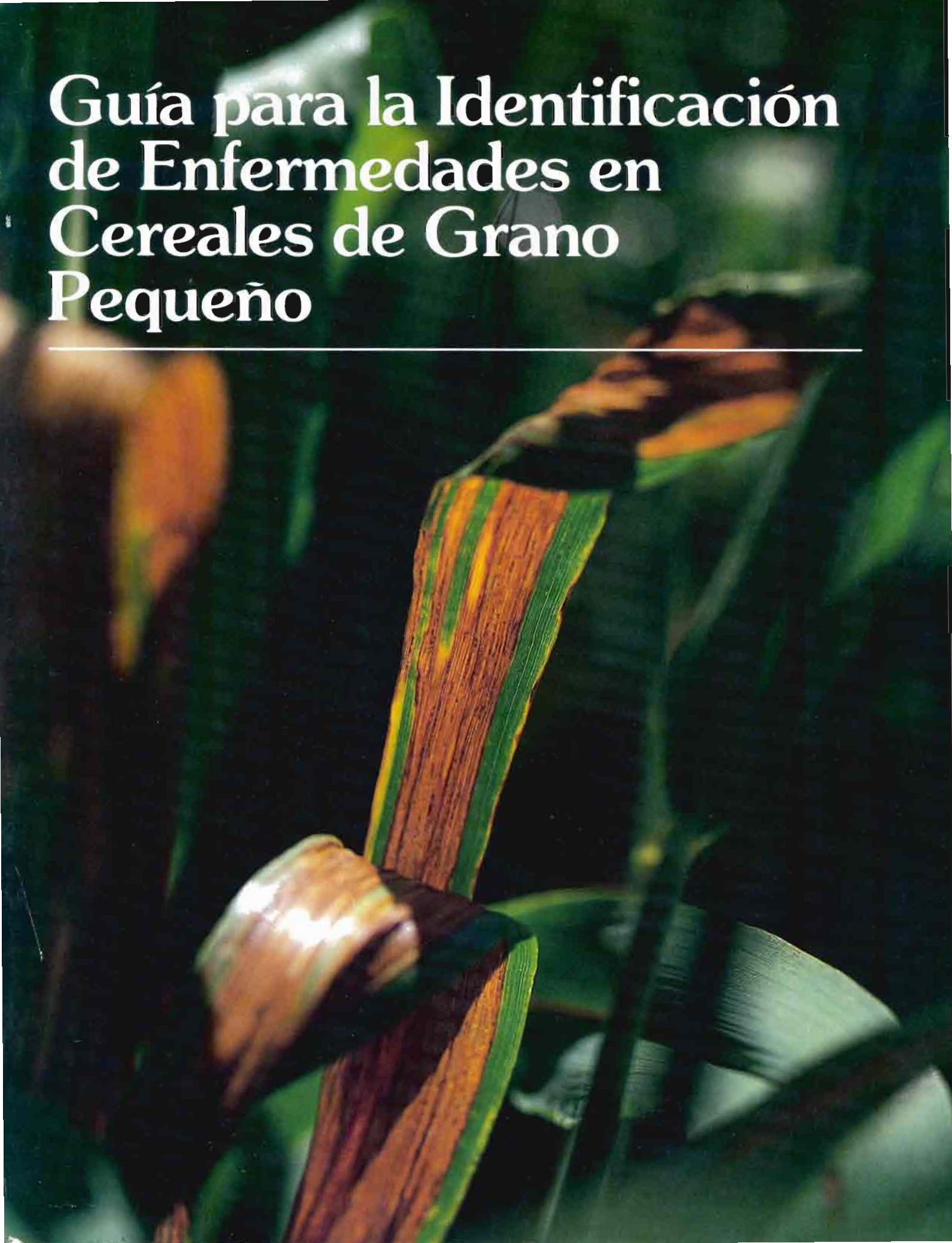
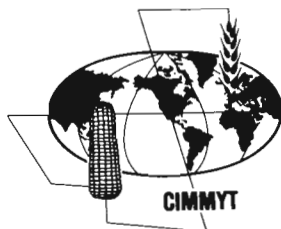


Guía para la Identificación de Enfermedades en Cereales de Grano Pequeño



Guía para la Identificación de Enfermedades en Cereales de Grano Pequeño

F.J. Zillinsky



CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40, Apdo. Postal 6-641, 06600, México, D.F., México

Un fondo parcial para esta publicación fue provisto con base en proyectos especiales del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP), de la Fundación Rockefeller (RF) y de la Oficina Australiana de Ayuda para el Desarrollo (ADAB).

Cubierta: Rayado bacteriano causado por *Xanthomonas translucens* en cebada (foto: S. Fuentes)

Diseño de la portada: Anita Albert

Reconocimientos

Como sucede en la mayor parte de las publicaciones importantes, este libro es el resultado del interés y de los esfuerzos de muchas personas. Estoy muy agradecido y en deuda con ellas por su ayuda; sus nombres aparecen en el libro sin seguir un orden particular.

Primero, me gustaría reconocer los múltiples y útiles comentarios y la información proporcionada por los revisores de este documento. Agradezco al Dr. R. J. Metzger de la Universidad Estatal de Oregón (EUA), quien fue la fuente principal de información sobre carbones desnudos, cubiertos y de bandera, así como de carbones apestosos, los causantes de enanismo y de otras enfermedades que afectan a los cereales de invierno; al Dr. M. B. Moore, Profesor Emérito de la Universidad de Minnesota (EUA), por su revisión constructiva y las fotografías con las que contribuyó; Dr. H. J. Dubin CIMMYT, quien proporcionó amplia información general sobre los organismos causales de enfermedades, especialmente de aquéllas que prevalecen en la Región Andina de América del Sur; Dr. P. A. Burnett, CIMMYT, por su revisión de la sección sobre enfermedades causadas por micoplasmas y virus y su ayuda para obtener fotografías; Dr. M. V. Wiese, de la Universidad de Idaho (EUA), autor del libro *Compendium of Wheat Diseases* (APS, 1977), por su cuidadosa revisión del borrador original y su amable permiso para utilizar ampliamente el *Compendium* como fuente de información; al Dr. S. Fuentes y Dr. E. T. Torres, CIMMYT, por su revisión y edición de la traducción al español; Dr. Réal-L. Pelletier, de la Universidad de McGill (Canadá), por su profunda revisión del borrador, la traducción y edición de la versión en francés de este documento.

Un especial agradecimiento a las siguientes personas: Dr. J. M. Walker, CMI (Kew, Inglaterra), por la información y referencias, así como por su buena voluntad para trabajar conmigo en África Oriental y México en la identificación de las enfermedades que afectan trigo, triticale y cebada; Ing. Agr. Lucy I. Gilchrist, Patóloga, de Temuco, Chile, por poner a mi disposición la información obtenida a través de su investigación sobre enfermedades causadas por fusarium, mancha amarilla de la hoja del trigo y virus del estriado del Estado Libre (Free State stripe virus); Sra. Haydée Barreiro de Villalpando, por sus incansables esfuerzos en la preparación y mantenimiento de los registros de las observaciones de enfermedades y fotografías.

Este libro no se hubiera podido desarrollar sin el apoyo financiero del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP), de la Fundación Rockefeller (RF) y la Oficina Australiana de Asistencia para el Desarrollo (ADAB). Se agradece mucho su continuo entusiasmo y apoyo para este proyecto. A este respecto, me gustaría también reconocer y agradecer los esfuerzos del Dr. Clive James, Subdirector General en Investigación, CIMMYT, por asegurar el financiamiento adecuado, así como por sus ideas y ayuda en la conceptualización de este documento.

Como grupo, la Unidad de Servicios de Información del CIMMYT, bajo la jefatura del Sr. Christopher R. Dowsell, ha sido extremadamente útil en la preparación de este libro. Agradezco especialmente al Sr. Tiffin Harris por su apoyo en la edición y el diseño; Sras. Lucy Gilchrist y Lilian Ma. Grajales por la traducción al español; Sra. Maricela A. de Ramos y Srita. Silvia Bistrain R. por su paciencia y ayuda para levantar el texto de varios borradores; Srita. Anita Albert, consultora especial del CIMMYT en el diseño de publicaciones, de la Universidad Estatal de Iowa, por algunas sugerencias de última hora para el diseño, las cuales aumentaron la utilidad y mejoraron la apariencia del libro; Sr. Miguel Mellado por su excepcional trabajo de preparación de originales para la imprenta. Debo agradecer también al Sr. Armon Roschen de Viking Press Inc. por su ayuda para que este proyecto llegara a término.

Finalmente, una nota especial de aprecio a mi esposa Hilda, cuyo apoyo y fe a través de los años, me han permitido seguir mi carrera en cualquier parte a donde ésta me ha conducido. Es a mi esposa Hilda a quien dedico este libro.

Dr. Frank Zillinsky



Prefacio

El Dr. Frank Zillinsky llegó al CIMMYT en diciembre de 1967 procedente de la Estación de Investigación Agrícola de Ottawa, donde trabajó como especialista de cultivos de cereales durante cerca de 17 años para el Departamento de Agricultura del Canadá. En CIMMYT fué nombrado líder del programa de mejoramiento de triticale, puesto que desempeñó hasta su retiro del CIMMYT en julio de 1982. Bajo la guía de Frank, el germoplasma de triticale registró un rápido avance, desde la posición de ser una curiosidad biológica hasta el umbral de cultivo comercial en gran escala. Eso por sí solo es un logro que satisfaría a gran parte de los investigadores agrícolas, sin embargo, Frank ofreció más.

Aunque no fué entrenado formalmente como patólogo de cereales, Frank confrontó la necesidad de identificar las enfermedades que afectan diversos cereales de grano pequeño. Con su manera característica, Frank estudió en su tiempo libre para desarrollar esta indispensable destreza. Para su frustración, no encontró publicaciones diseñadas especialmente para ayudar a una persona en su situación: la de un mejorador de plantas que necesita identificar las enfermedades que afectan sus cultivos.

Durante muchos años, Frank trabajó estrechamente con patólogos de cereales de todo el mundo, estudiando, aprendiendo y acumulando para su propio conocimiento, millares de fotografías y de observaciones sobre enfermedades. Nueve meses aproximadamente antes del retiro de Frank de CIMMYT, Norman Borlaug sugirió que cientos de investigadores agrícolas en países en vías de desarrollo y algunos otros más, podrían beneficiarse con el tipo de libro

que Frank tanto buscó y que no encontró. Sugirió también que Frank era la persona más calificada para escribir tal libro. De esta manera, el manual fué preparado, tomando como base principalmente la colección de fotografías de Frank y su conocimiento sobre enfermedades de cultivos de grano pequeño, pero con el aporte significativo de amigos y colegas de todo el mundo.

Las enfermedades de las plantas son probablemente la limitante de mayor importancia para aumentar la producción global de granos pequeños en la década de los 1980 y en años futuros. Por ello, el CIMMYT asigna una alta prioridad en el programa de mejoramiento de trigo, triticale y cebada, al aumento de la resistencia contra diversas enfermedades, e incitamos a programas nacionales de países en desarrollo a proceder de igual manera. De hecho, la estrategia esencial del programa de mejoramiento de trigo en el CIMMYT descansa en los ensayos en múltiples localidades y en la confianza de que el personal de los programas nacionales evalúa el comportamiento del germoplasma. Más aún, muchos países en desarrollo tienen en la actualidad programas sofisticados de mejoramiento capaces de hacer valiosas contribuciones al aumento de la resistencia a enfermedades.

El éxito del programa de mejoramiento para incrementar la resistencia contra enfermedades será el resultado de un esfuerzo cooperativo entre los diversos programas nacionales y el CIMMYT y requerirá del intercambio libre de datos y de germoplasma. Para desarrollar objetivos de mejoramiento útiles y proyectos eficaces de cruzamientos se necesita información acerca de cuáles enfermedades afectan a que cultivos, así como datos sobre la severidad de la enfermedad. Este manual confronta el problema de la identificación precisa de la enfermedades. Creemos firmemente que es una adición indispensable a la literatura y que será útil a los millares de investigadores agrícolas en todo el mundo. Es un logro significativo, una meta apropiada de la carrera distinguida de Frank, y quizás la publicación más importante que ha aparecido recientemente del programa de mejoramiento de trigo del CIMMYT.

Byrd C. Curtis
Director del Programa de
Mejoramiento de Trigo del CIMMYT



Dr. Frank Zillinsky

Contenido

- 1 **Introducción**
- 1 Objetivos y metas de este manual
- 2 Equipo y técnicas de campo y laboratorio
- 2 Colección y conservación de muestras
- 6 Preparación de muestras para el laboratorio

- 8 **Grupos de enfermedades y sintomatología general**

- 11 **Las royas**
- 13 Roya del tallo (*Puccinia graminis*)
- 15 Roya de la hoja del trigo (*P. recondita*)
- 16 Roya de la hoja de la cebada (*P. hordei*)
- 17 Roya amarilla (*P. striiformis*)
- 18 Roya de la hoja de la avena (Roya coronada de la avena) (*P. coronata*)
- 19 Hiperparásito de royas (*Darluca filum*), sin. *Sphaerellopsis filum*, estado perfecto: *Eudarluca australis*)

- 21 **Enfermedades causadas por Helminthosporium**
- 24 Tizón foliar (*Helminthosporium sativum*, sin: *Bipolaris sorokiniana*; sin: *H. sorokiniana*, estado perfecto: *Cochliobolus sativus*)
- 26 Mancha foliar amarilla o mancha bronceada (*H. tritici-repentis*, sin: *Drechslera tritici-repentis*, estado perfecto: *Pyrenophora tritici-repentis*)
- 28 Mancha foliar de la avena (*H. avenae*, sin: *Drechslera avenae*, estado perfecto: *Pyrenophora avenae*)
- 29 Mancha reticulada (*H. teres*, sin: *Drechslera teres*, estado perfecto: *Pyrenophora teres*)
- 30 Mancha estriada de la cebada (*H. gramineum*, sin: *Drechslera gramineum*, estado perfecto: *Pyrenophora graminea*)
- 32 Mancha ocular bandeada (mancha ocular zonada) (*H. giganteum*, sin: *Drechslera gigantea*)
- 34 Mancha foliar de los cereales y pudrición de la raíz (*H. spiciferum*, sin: *Bipolaris spicifera*, estado perfecto: *Cochliobolus spicifera*)

- 35 **Complejo de enfermedades causadas por septoria y similares**
- 39 Mancha foliar o tizón foliar (*Septoria tritici* – Estado perfecto: *Mycosphaerella graminicola*)
- 41 Tizón de la gluma (*S. nodorum* – Estado perfecto: *Leptosphaeria nodorum*)
- 43 Mancha foliar causada por Septoria en avena, trigo y triticale (*S. avenae* – Estado perfecto: *Leptosphaeria avenaria*)
- 45 Mancha foliar de la cebada causado por Septoria (*S. passerini*)
- 46 Mancha foliar causada por Ascochyta (*Ascochyta graminicola*)
- 47 Quemadura foliar o tizón foliar causado por Phaeoseptoria (*Phaeoseptoria vermiformis*)

- 49 **Carbones**
- 51 Carbones voladores y cubiertos (especies de *Ustilago*)
- 51 Carbón volador de la cebada y del trigo [*U. nuda* (*U. tritici*)]
- 53 Carbón volador negro de la cebada y de la avena [*U. nigra* (*U. avenae*)]
- 54 Carbón cubierto de la cebada y de la avena [*U. hordei* (*U. Kolleri*)]
- 55 Carbones apestosos comunes y causantes de enanismo (especies de *Tilletia*)
- 57 Carbón Karnal *Neovossia indica*; sin: *Tilletia indica*
- 58 Carbón de bandera (*Urocystis agropyri*)

59 **Enfermedades causadas por fusarium**

- 63 Roña y pudrición de raíces (especies de *Fusarium*)
63 *Fusarium graminearum* – Estado perfecto: *Giberella zeae*
64 *Fusarium culmorum*
65 *Fusarium avenaceum* – Estado perfecto: *Giberella avenacea*
66 *Fusarium equiseti* – Estado perfecto: *Giberella intricans*
67 Mancha de la hoja y moho niveo (moho blanco) (*F. nivale* – Estado perfecto: *Monographella nivalis*)

71 **Enfermedades miscelaneas de la raíz y corona**

- 74 Rayado causado por *Cephalosporium* (*Cephalosporium gramineum*, sin: *Hymenula cerealis*)
75 Mal del pié, "Take-all" (*Gaeumannomyces graminis* – nombrada originalmente: *Ophiobolus graminis*)
77 Mancha ocular (*Pseudocercospora herpotrichoides*)
78 Marchitez de los cereales, o tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*)
80 Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*)
81 Mildiú veloso (*Sclerophthora macrospora*)

83 **Enfermedades miscelaneas de la hoja y espiga**

- 85 Oidio o cenicilla polvorienta (*Erysiphe graminis*)
87 Escaldadura (*Rhynchosporium secalis*)
88 Tizón foliar o mancha causada por *Cercospora* (*Cercospora apii*)
89 Cornezuelo del centeno (*Claviceps purpurea*)

91 **Hongos saprofitos y patógenos débiles**

- 91 Especies de *Alternaria*
93 *Stemphylium botryosum*
94 Especies de *Cladosporium*
95 Especies de *Pleospora*
96 Especies de *Torula*
96 Especies de *Phoma*
98 *Epicoccum nigrum*
99 *Cercosporidium graminis*

101 **Enfermedades Bacterianas**

- 102 Rayado bacteriano y pajilla negra (*Xanthomonas translucens*)
104 Pudrición basal de la gluma (*Pseudomonas atrofaciens*)
105 Tizón de halo de la avena (*P. coronafaciens*)
106 Tizón bacteriano de la espiga (*Corynebacterium tritici*)
107 Tizón bacteriano de la hoja (*P. syringae*)

-
- 109 **Enfermedades causadas por virus y micoplasmas**
 - 110 Transmitidas por áfidos
 - 110 Virus del enanismo amarillo de la cebada
 - 111 Estriado del Estado Libre ("Free State streak")
 - 112 Otras

 - 113 Transmitidas por chicharritas (Cicadèllidos)
 - 113 Mosaico Estriado americano del trigo
 - 113 Mosaico Cloris estriado (mosaico australiano estriado del trigo)
 - 113 Mosaico ruso del trigo
 - 114 Enanismo de Nariño
 - 114 Amarillamiento del Aster

 - 116 Transmitidas por chicharritas (Fulgósidos)
 - 116 Hoja blanca del arroz
 - 116 Estriado africano de los cereales
 - 117 Mosaico europeo estriado del trigo
 - 117 Otros

 - 118 Enfermedades transmitidas por ácaros
 - 118 Mosaico estriado del trigo
 - 119 Mosaico del Agropyron y mosaico del ballico
 - 119 Mosaico manchado del trigo

 - 120 Enfermedades virosas transmitidas por el suelo
 - 120 Mosaico del trigo transmitido por el suelo
 - 120 Mosaico manchado del trigo

 - 121 Enfermedades virosas transmitidas por semilla
 - 121 Mosaico estriado de la cebada
 - 121 Mosaico de la cebada

 - 123 **Daños causados por nemátodos y otras plagas**
 - 123 Nemátodos
 - 125 Insectos
 - 129 Pájaros y mamíferos

-
- 131 **Desórdenes fisiológicos y genéticos**
 - 134 **Deficiencias nutricionales y condiciones ambientales desfavorables**
 - 135 pH del suelo
 - 136 Toxicidad del suelo
 - 136 Sequía
 - 137 Exceso de humedad
 - 137 Daño químico directo y efecto residual en el suelo
 - 138 Daños por helada y granizo
 - 139 **Glosario y referencias selectas**



Introducción

El propósito principal de este manual es ayudar a la identificación de patógenos que causan enfermedades a los cultivos de cereales. No intenta ser un texto académico sobre enfermedades, ni tampoco proporciona información nueva sobre enfermedades o técnicas. Está dirigido principalmente a fitomejoradores, agrónomos y científicos jóvenes en proceso de capacitación, especialmente de países en desarrollo, quienes en sus programas tienen la responsabilidad de identificar y compilar datos de experimentos, seleccionar poblaciones segregantes con resistencia a enfermedades y verificar las reacciones en diversos tipos de germoplasma en sus programas.

En muchas de las estaciones de investigación agrícola de los países en desarrollo, la responsabilidad de compilar datos sobre reacciones a enfermedades corresponde a los fitomejoradores y sus asistentes. La mayor parte de ellos están familiarizados con enfermedades que sobresalen fácilmente, tales como las royas, los carbonos y los mildiús; y tienen seguridad de que los datos de los cuales informan son dignos de confiar. Sin embargo, esa confianza disminuye cuando tienen necesidad de identificar pudriciones de la raíz y tizones de la espiga o de la hoja. Este manual tiene como propósito servir de ayuda para que los investigadores que trabajan en cultivos de cereales mejoren sus conocimientos y aumenten su seguridad al enfrentarse con las enfermedades de las plantas.

Este manual está enfocado principalmente hacia las enfermedades que afectan al trigo harinero, trigo duro o cristalino, cebada, avena y triticale. Actualmente este último se está destacando en algunos países como un cultivo comercial alimenticio y forrajero y su producción tiende a aumentar. Debido a que es un cultivo relativamente nuevo, existe en la actualidad escasa información sobre su reacción a diferentes enfermedades. Aquí se incluyen antecedentes sobre observaciones importantes hechas por el personal del CIMMYT y cooperadores de programas nacionales, en relación con las enfermedades asociadas con este cultivo.

El alcance de este manual está limitado al uso de técnicas sencillas, útiles en la identificación de los organismos causales de enfermedades y saporfitos asociados a ellas. Se

sabe que muchos patógenos, tales como los que causan pudriciones de la raíz y enfermedades virales requieren técnicas más elaboradas para un diagnóstico exacto. Existen excelentes libros para quienes deseen estudiar con mayor profundidad las enfermedades de las plantas. Para empezar, se recomienda especialmente el *Compendium of Wheat Diseases* (Compendio de Enfermedades de Trigo), publicado por la Sociedad Americana de Fitopatología en 1977 y el *Compendium of Barley Diseases* (Compendio de Enfermedades de la Cebada) publicado por la misma sociedad en 1982.

En un esfuerzo por minimizar la confusión que existe actualmente en la taxonomía de los hongos, bacterias y virus, en este manual sólo se usan los nombres más comunes de los géneros y las especies. El estado perfecto o sexual se incluye cuando interviene como una etapa importante en la iniciación, reconocimiento o diseminación de la enfermedad.

En los microorganismos existe una considerable variación natural tal como en las plantas superiores. En el pasado, hubo una tendencia entre los micólogos a dar status de especie a variantes morfológicas menores o a formas que son patogénicas en diferentes especies hospedantes. A medida que los científicos se han percatado de la variación natural que existe en todas las formas vivas, han procurado establecer menos grupos de especies. Esta tendencia es muy apreciada por los biólogos que trabajan fuera del campo de la taxonomía.

Equipos y Técnicas de Campo y Laboratorio

Muchos investigadores que trabajan en los cultivos de cereales y cuyo trabajo está relacionado con enfermedades, no están familiarizados con las técnicas de laboratorio que rutinariamente usan los fitopatólogos y los micólogos. Por lo tanto, aquí se sugieren solamente técnicas y equipos simples de campo y laboratorio, que están dentro de la capacidad de investigadores y técnicos. Se recomienda buscar la asistencia de patólogos calificados cuando estos métodos no puedan proporcionar una identificación confiable.

Recolección y preservación de muestras

La recolección de muestras de enfermedades es necesaria cuando se requiere hacer observaciones o verificaciones en el laboratorio. Estas mismas muestras pueden conservarse como futuras referencias o con propósitos de comparación, conforme cambian los síntomas de acuerdo al desarrollo progresivo de la enfermedad o de maduración del cultivo.

Cuando las muestras se toman durante las etapas de desarrollo activo del cultivo, los síntomas de las enfermedades son más típicos y se puede identificar más fácilmente al organismo causal. Conforme progresa la enfermedad, la necrosis aumenta y otros organismos (tanto parásitos como saprofitos) invaden diferentes tejidos de la planta. Estos cambios hacen más compleja la identificación del patógeno principal.

Las muestras colectadas deben secarse y prensarse lo más rápido posible. En este manual se sugieren dos sistemas para preservar las muestras; la selección apropiada dependerá de la forma en que se desee guardar la referencia, así como la cantidad de información que el investigador decida recolectar.

Cinta adhesiva transparente (Cinta Mágica): El material vegetal delgado, tal como hojas, secciones de tallo, semillas y espigillas, puede ser prensado entre dos capas de cinta adhesiva transparente. Si las muestras se mantienen en un fichero en donde no se expongan a la luz solar, tanto su color como su forma permanecerán relativamente estables durante 10 años o más. La muestra recolectada debe tener sus superficies secas y prensarse hasta que quede plana, de tal manera que los síntomas de la enfermedad puedan ser vistos fácilmente.

En la Figura 2 se muestra un dispositivo fácil de hacer y que es muy útil para colocar muestras entre dos capas de cinta adhesiva. Este consiste en un marco de plástico de 30 cm de largo y 10 cm de ancho aproximadamente. En el centro se le corta una sección de 20 cm de largo y 3 cm de ancho. Con el marco la muestra se sostiene plana mientras se coloca la cinta adhesiva, primero en un lado y luego en

el otro. Al momento de la recolección se debe anotar toda información importante directamente en la cinta e incluir la identificación del cultivo, la muestra, el vivero y la fecha.

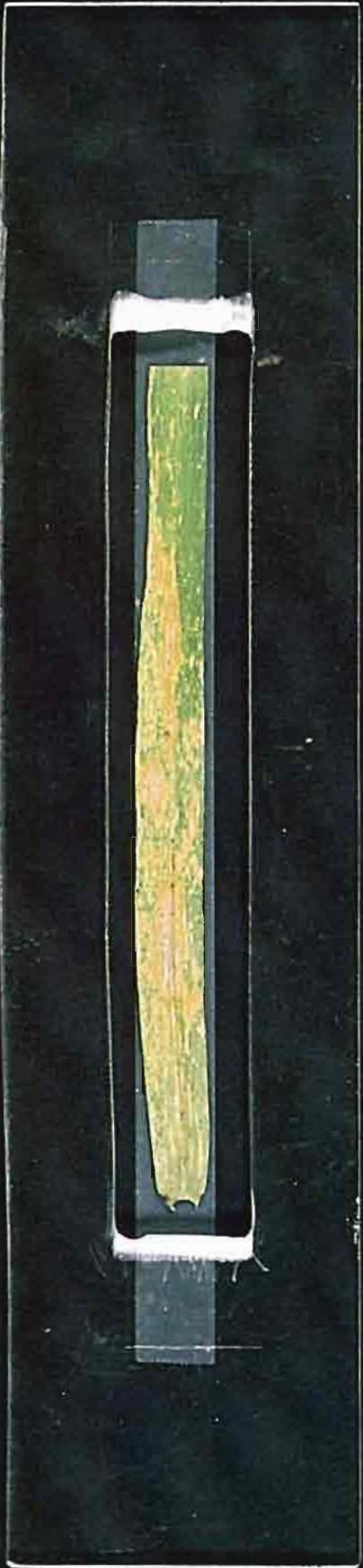
Para anotar las observaciones de campo se deben usar hojas permanentes de datos (Figura 3). La información anotada en la cinta adhesiva de cada muestra debe incluirse también en la hoja de datos correspondientes. Esto ayudará a evitar confusiones, especialmente si se toman varias muestras del mismo cultivo y vivero. Las observaciones de campo deben ser tan completas como sea posible, antes que otras enfermedades puedan presentarse sobre el mismo cultivo y en el mismo campo. Las observaciones de laboratorio se pueden realizar posteriormente con objeto de verificar la identidad de los organismos causales.

Bolsas de papel glassine: El material enfermo proveniente de cualquier parte de la planta se puede preservar en bolsas de papel glassine. Estas bolsas permiten que el material vegetal seque rápidamente y evitan que se deterioren a causa de la humedad. Un tipo de bolsa muy útil es la utilizada para la polinización manual de las plantas de maíz (Figura 4). Todas las observaciones de campo importantes se pueden anotar en la bolsa, ya sea con lápiz o marcador. Este método tiene la ventaja adicional de que se pueden colocar varias muestras similares en la misma bolsa. El material constituido por hojas se debe prensar y secar cuidadosamente o tenderá a doblarse, ondularse y tornarse quebradizo.

Preparación de muestras para el laboratorio

El equipo principal para hacer observaciones de laboratorio consiste en una combinación de microscopios capaces de proporcionar diferentes niveles de aumento. La mejor combinación es un microscopio binocular de disección con un aumento máximo de 50X y un microscopio compuesto con aumento variable de 40X a 400X. El investigador necesitará cajas Petri (las de plástico son satisfactorias), papel filtro, agujas de disección, tijeras, escalpelos, pinzas, frascos goteros con agua, portaobjetos y cubreobjetos (Figura 5).

Figura 2. El marco de plástico mostrado muestra aquí ayuda a sostener material vegetal delgado en su lugar, mientras se coloca la cinta adhesiva transparente ("cinta mágica"), primero a un lado luego al otro (foto: C. Dowsell).



PLANT DISEASE COLLECTIONS

Sample number: B 81-48

Crop and variety or plot no.: TRITICALE, MERINO S-1481

Date collected: 19 SEPT. 1981

Nursery or location: EI BATAN, MEXICO

Field observations when collected:

- LARGE GRAYISH TO STRAW COLORED BLOTCHES, OVAL TO ELONGATE IN SHAPE, ON LOWER LEAVES
- NO BLOTCHING OR LESIONS ON UPPER LEAVES
- NO APPARENT STRESS TO PLANTS. NORMAL RIPENING, SPIKES CLEAN, GRAIN PLUMP

Laboratory observations:

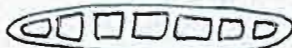
Under low magnification, dry: CENTERS OF DISEASE LESIONS COVERED WITH DARK SUPERFICIAL FRUITING STRUCTURES

Under low magnification, in petri dish: BLACK SHINY CONIDIA AND DARK BROWN CONIDIOPHORES DEVELOPING ACROSS WHOLE AREA OF LESION

Under high magnification on slides: CONIDIA OLIVE BROWN, 5-7 CONSPICUOUS SEPTA, 60-100 μ m x 15-22 μ m, THICK WALLS, CYLINDRICAL WITH ROUNDED ENDS

Disease identity:

SPOT BLOTCH
(*H. SATIVUM*)



References: "GRAMINICOLOROUS SPECIES OF HELMINTHOSPORIUM"
JOUR. OF AGRIC. RESEARCH, 24: pp. 640-740
C. DRESCHSLER, 1923

Remarks:

NO FOOT ROT OR DISEASED NODES

Sample



Figura 3. Cuando las muestras se colectan en el campo, se debe usar hojas permanentes de datos como la que se indica aquí (en la página opuesta) a fin de registrar observaciones de campo. Las observaciones de laboratorio pueden hacerse posteriormente para verificar el organismo causal de la enfermedad.

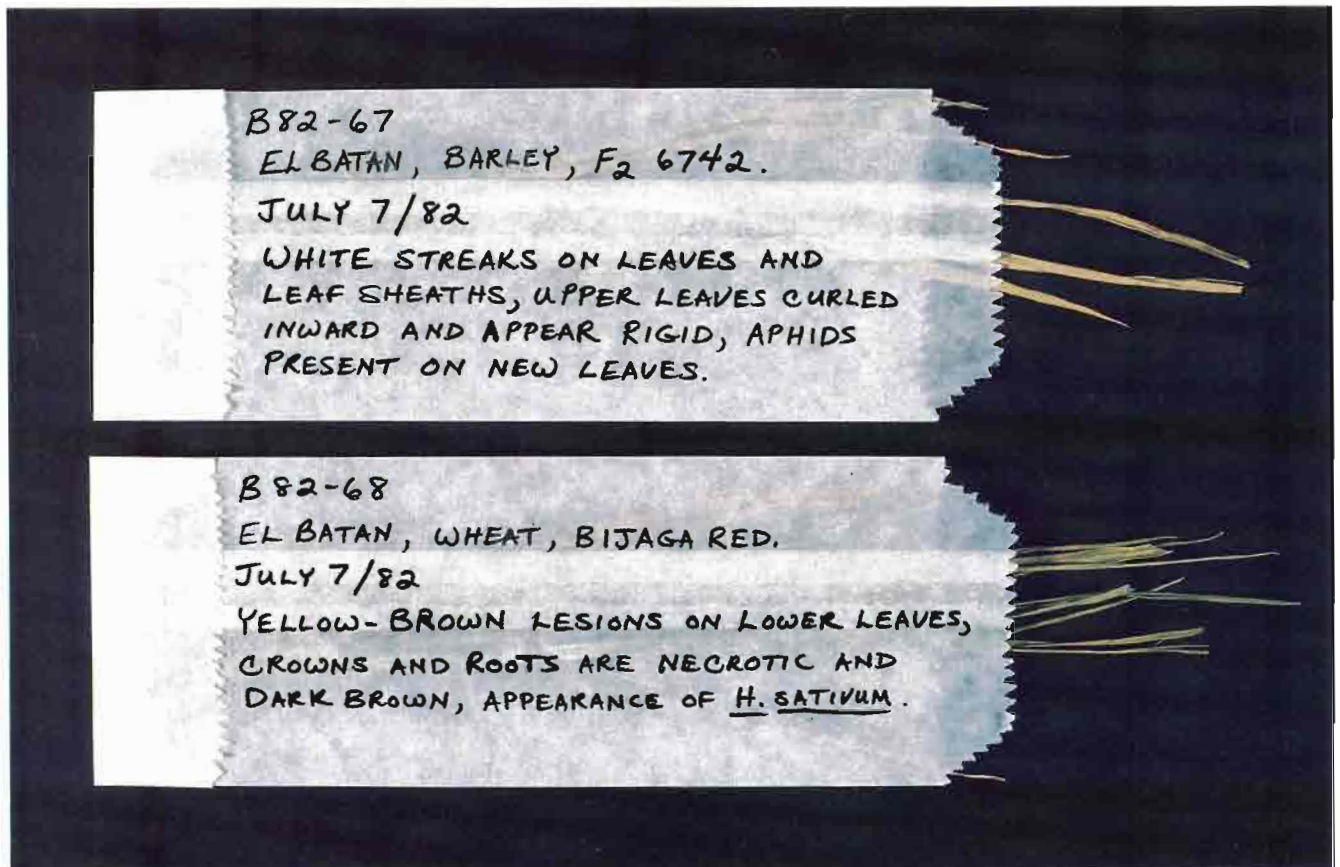


Figura 4. Para conservar en forma efectiva las muestras de enfermedades se pueden usar sobres de papel glassine. Estos sobres permiten que las muestras se sequen rápidamente (el material foliar debe ser prensado) y no se dañen por la humedad.

Técnicas: Una vez más se enfatiza que las técnicas aquí descritas son simples y fáciles de realizar; no se requiere colorear, esterilizar, aislar en medios nutritivos o reproducir la enfermedad en plantas sanas. Estas técnicas son muy útiles, pero fuera del alcance de este manual. Sin embargo, para los investigadores que requieran técnicas más refinadas se recomienda el libro *Herbarium Handbook* (Manual de Herbario), preparado por el Commonwealth Mycological Institute (Instituto Micológico del Reino Unido), Kew, Inglaterra, 1960.

Las muestras limpias con síntomas de enfermedades se cortan para que quepan en las cajas Petri. La identidad de la muestra se anota en el papel filtro seco colocado previamente en el fondo de cada caja (Figura 6a). Se añade el agua necesaria sólo para humedecer el papel (Figura 6b); no debe haber exceso de agua en la caja. A fin de evitar el desecamiento excesivo durante la incubación se pueden usar bolsas de plástico como cámaras húmedas, las que tienen capacidad para varias cajas Petri (Figura 6c). Las muestras

deben incubarse a temperatura ambiente de 24 a 48 horas; y debe tenerse especial precaución con aquellas provenientes de las partes bajas de la planta que están cerca o dentro del suelo, las que deben lavarse bien antes de colocarse en las cámaras húmedas. La esterilización superficial con hipoclorito de calcio o un blanqueador común a base de cloro (en solución al 1 por ciento, durante 1 a 5 min.) seguido de un enjuague, puede ayudar a eliminar contaminantes superficiales.

Los hongos patógenos de los cultivos cerealeros generalmente esporulan en 48 horas en muestras frescas o secas (Figura 6d). Las principales excepciones son los hongos que desarrollan estructuras fructíferas sexuales y que por lo tanto, requieren de un tiempo más largo para inducir su maduración. Todo lo que necesitan algunos ascomicetes son una o dos semanas bajo condiciones semi-secas o períodos alternos de humedad y sequía. Otros requieren largos períodos de exposición al aire libre.



Figura 5. Equipo necesario para hacer observaciones de laboratorio que incluyen dos clases de microscopios (dissección y compuesto), cajas Petri, papel filtro, pinzas, agujas de disección y escalpelo, un gotero con agua y portaobjetos con cubreobjetos.

El material incubado se debe examinar dentro de las 48 horas, ya que los contaminantes saprofitos crecen rápidamente y cubren a los patógenos principales. Con un poco de práctica, es posible observar e identificar las estructuras de fructificación con aumentos pequeños (de 5x a 50x). Para la observación con aumentos mayores, se pueden tomar o raspar las esporas o las estructuras de fructificación de la superficie del material vegetal y colocarlas en una gota de agua sobre un portaobjeto. El cubreobjeto se debe colocar cuidadosamente para evitar burbujas de aire; y la preparación se examina con aumento mayor. El uso de un ocular con una escala calibrada ayudará a determinar el tamaño y a identificar otras características de las esporas que se están examinando. Sin embargo, con alguna experiencia, es posible estimar el tamaño de las esporas e identificar el organismo causal con aumentos más pequeños.

NOTA: La mayor parte de las fotografías de esporas que aparecen en este manual fueron tomadas con un aumento original de 10 x 40 (400 veces el tamaño original). Posteriormente, estas fotografías fueron aumentadas en 250 por ciento para propósitos de impresión. Por lo tanto, el aumento final de las microfotografías de 10 x 40 es de 10 x 40 x 2.5, es decir, 1000 veces el tamaño original. En el caso de las fotografías de acercamientos de conidióforos, etc. que fueron tomadas originalmente con un aumento de 50X, el aumento final equivale a 50 x 2.5 (125 veces el tamaño original). El aumento original de cada fotografía tomada con la ayuda de un microscopio se indica en el pie de grabado correspondiente. Para conocer el aumento final simplemente multiplique ese aumento por 2.5.



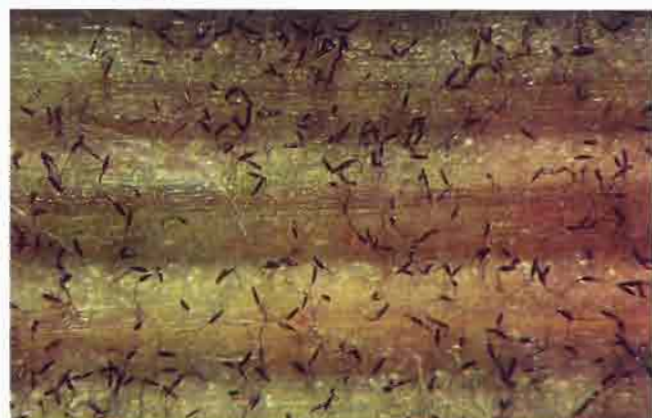
Figura 6(a). Primero se corta el material foliar enfermo para acomodarlas en una caja Petri previamente preparada. . .



(c) . . . las muestras se incuban de 24 a 48 horas a temperatura ambiente dentro de una bolsa de plástico que actúa como cámara húmeda. . .



(b) . . . entonces se humedece el papel filtro y se escurre el exceso de agua. . .



(d) . . . y usualmente dentro de las siguientes 48 horas, los hongos patógenos esporularán. Aquí se muestra al *Helminthosporium sativum* esporulando.

Grupos de enfermedades y sus síntomas generales

Las enfermedades incluidas en este manual están agrupadas principalmente por las similitudes taxonómicas o morfológicas de los patógenos. Aquellas causadas por hongos que no pertenecen a ninguno de estos grupos se han colocado arbitrariamente en la categoría de enfermedades misceláneas y han sido separadas por su propensión a afectar las partes bajas o las superiores de las plantas hospedantes. Algunos hongos patógenos débiles o saprofitos comunes también se incluyen aquí, no por su importancia para causar enfermedades, sino para ayudar a los investigadores a distinguirlos de los patógenos primarios. Algunos problemas no infecciosos se describen brevemente en las secciones que tratan de los daños causados por nematodos y otras plagas, así como por condiciones fisiológicas, de nutrición y de ambientes desfavorables.

Grupo de enfermedades	Síntomas	Página
Royas	En las hojas, vainas, tallos o glumas se observan pústulas levantadas y conspicuas (uredias) de color amarillo naranja a rojo oscuro. Estas pústulas liberan esporas libres y coloreadas. Cuando la planta se aproxima a su madurez, se producen teliosporas cubiertas de color negro.	10-19
Enfermedades causadas por <i>Helminthosporium</i>	Las principales enfermedades causadas por este grupo de hongos son: pudriciones de la raíz, manchas o estriados en las hojas, tizones de la espiga y tizón o marchitez de plántulas. Las especies de <i>Helminthosporium</i> se identifican rápidamente por las estructuras de fructificación que producen y las características morfológicas de sus esporas. Los conidióforos y los conidios se desarrollan en colonias sobre la superficie del tejido hospedante, a partir de un micelio oscuro inmerso y superficial. Los conidios son lisos, septados, de subhialinos a oscuros, generalmente cilíndricos y con frecuencia con una cicatriz oscura en la célula basal.	20-34
Complejo de <i>Septoria</i> y enfermedades similares	En la hoja se desarrollan lesiones secas de forma irregular dentro de las cuales se forman puntos oscuros (picnidios). Cuando los picnidios se humedecen, liberan masas de conidios filamentosos incoloros y septados.	35-47
Carbones	Las florecillas y/o los granos son reemplazados por masas de esporas negras. Estas masas pueden estar sueltas, envueltas en membranas de color blanco grisáceo, o encerradas en cuerpos oscuros de esporas similares en su forma al grano que han reemplazado. Otros desarrollan masas de esporas negras en las hojas, vainas y ocasionalmente en los tallos.	48-58
Enfermedades causadas por <i>Fusarium</i>	Las enfermedades principales causadas por especies del género <i>Fusarium</i> son pudriciones de la raíz, mohos blancos y roñas. Los hongos se reconocen rápidamente por las acumulaciones de esporas y micelio aéreo cuyos colores varían desde blanco, rosa, durazno hasta rojo sobre las áreas infectadas. <i>Fusarium nivale</i> puede causar manchas de color café grisáceo en las hojas.	59-69
Enfermedades misceláneas de las raíces y la corona	Los síntomas asociados con pudriciones de las raíces son: raíces y coronas podridas o manchadas, desarrollo de micelio oscuro y manchas oculares en los entrenudos basales, espigas blancas o estériles y acame. Los síntomas de otras enfermedades de este grupo desarrollan con frecuencia rayas anchas en las hojas basales, hojas engrosadas, plantas enanas y espigas distorsionadas.	70-81

Grupo de enfermedades	Síntomas	Página
Enfermedades misceláneas foliares y de la espiga	Los hongos patógenos incluidos en este grupo tienen poco en común, excepto su tendencia a invadir las partes superiores de la planta. Cada hongo produce síntomas diferentes y generalmente desarrollan sus estructuras reproductivas sobre la superficie a partir de micelio inmerso. <i>Claviceps purpurea</i> agente causal del cornezuelo, difiere en su desarrollo de las estructuras de fructificación, ya que, en las florecillas infectadas los granos son reemplazados por esclerocios grandes y oscuros.	82-89
Patógenos débiles y hongos saprofitos	En este grupo se incluyen algunos saprofitos comunes y parásitos facultativos. Normalmente, estos hongos son productores agresivos de esporas sobre tejido muerto o moribundo. Por lo general, producen esporas oscuras de paredes gruesas. Las partes infectadas de la planta adquieren una apariencia grisácea opaca. Bajo condiciones favorables, estos hongos pueden invadir tejidos vegetales vivos o grano en desarrollo, generalmente durante la etapa de maduración.	90-99
Enfermedades bacterianas	Sobre las hojas, tallos o glumas aparecen estrías y manchas acuosas. Cuando las hojas se encuentran humedecidas por el rocío, pueden desarrollarse gotitas de exudados bacterianos sobre las lesiones e infectar nuevamente otras áreas. Cuando el exudado bacteriano se seca forma cristales o una película delgada y brillante que se desprende en forma de escamas al frotarse. Pueden producirse bandas que parecen oscuras con luz reflejada, pero frecuentemente son translúcidas con luz transmitida.	100-107
Enfermedades virosas y micoplasmáticas	Los virus no generan estructuras fructíferas visibles. Producen un amplio rango de síntomas en los cereales entre los que se incluyen: enanismo, rayado, estriado, amarillamiento o clorosis generalizada. Muchas enfermedades virosas son transmitidas por insectos o animales pequeños (como áfidos y nematodos), otras son transmitidas mecánicamente o por el hongo <i>Polymyxa graminis</i> . La identificación del vector es importante y a menudo indispensable para la identificación de la enfermedad. Es posible que el inicio del proceso de necrosis puede ser retrasado más tiempo en el caso de enfermedades virales en comparación con las causadas por hongos.	108-121
Daños de nematodos y otras plagas	El daño puede presentarse tanto en la parte aérea como en la parte subterránea de las plantas. Los daños causados a las raíces por corte, masticación o perforación indican la presencia de gusanos, larvas u otros insectos. Las raíces con ramificaciones anormales y con deformaciones tales como nudosidades, tumores, o agallas indican una infestación de nematodos. Los daños mecánicos en la parte aérea provocados por masticación, cortes, perforación, desgarramiento de hojas, tallos o espigas indican la presencia de insectos o mamíferos. Los nematodos pueden formar agallas en las semillas reemplazando el grano en las espigas. Otros nematodos pueden infestar los nudos causando su engrosamiento y deformación.	122-129
Anormalidades fisiológicas y ambientales	Se agrupan aquí plantas con desarrollo anormal no causadas por patógenos tales como daños mecánicos, químicos, factores ambientales y fisiológicos adversos o anomalías genéticas.	130-138



Royas

Puccinia spp.

Las royas son tal vez las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de los cultivos cerealícolas. Se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde ellos se cultivan. Cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo puede infectarse, desde la etapa de plántula hasta la de madurez. Los hongos del género *Puccinia* son en su mayoría parásitos obligados, con ciclos de vida muy complejos. En los cereales de grano pequeño y en los pastos se desarrollan tres clases de esporas y dos tipos adicionales que se producen en el hospedante alterno (cuando existe).

De estos tipos de esporas, las urediosporas (esporas de verano) son las más importantes debido a que permiten ciclos repetidos de la enfermedad que se extienden de un campo a otro y que persisten año tras año. Estas esporas varían en color de amarillo naranja a café rojizo. Se producen en pústulas (uredias), las cuales emergen a través de la epidermis exponiendo las masas de esporas de aspecto polvoso (Figura 7).

Figura 7. Uredias de la roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) en trigo (Página opuesta). Nótese el tejido epidérmico suelto alrededor de los márgenes de los soros.

Las teliosporas (esporas de invierno) se desarrollan conforme el cultivo se acerca a su madurez y generalmente permanecen cubiertas por la epidermis de la planta hospedante. Difieren de las urediosporas en color, forma y función. Son café oscuro, bicelulares, poseen paredes gruesas y funcionan como el primer estadio del ciclo sexual del hongo. Después de un período de intemperización o de invernación, germinan y producen basidiosporas que son capaces de infectar al hospedante alterno, pero no a los cereales ni a los pastos. El ciclo sexual de reproducción en hospedantes alternos proporciona al hongo un medio para crear diversificación a través de la recombinación genética y establece el inóculo primario para el nuevo ciclo de cultivo. El hongo, sin embargo, persiste de un ciclo a otro en forma de urediosporas o como micelio en tejidos del hospedante.

Por lo menos cinco especies de *Puccinia* spp. atacan a los cereales. Dentro de estas especies se distinguen grupos por su capacidad para parasitar cultivos y pastos. A los diferentes grupos se les da status de forma *specialis* (f.sp.). Por ejemplo, la roya del tallo es causada por *Puccinia graminis*. La forma *specialis* que infecta avena, pero no trigo ni cebada, se identifica como *P. graminis* f. sp. *avenae*. Existe todavía una especialización más estrecha como razas fisiológicas que se distinguen entre sí por sus reacciones de virulencia sobre ciertos genotipos del hospedante. La aparición de nuevas razas fisiológicas de royas crea dificultades en el desarrollo y mantenimiento de variedades resistentes.

El control más efectivo de las royas se logra por medio del uso de variedades resistentes y la erradicación del hospedante alterno. Los fungicidas asperjados al follaje pueden ser usados para proteger eficazmente los cultivos amenazados por nuevas razas patogénicas, pero normalmente son antieconómicos como sistemas de control.

Identificación de las especies



Urediosporas de *P. graminis* f. sp. *tritici* (10 x 40)

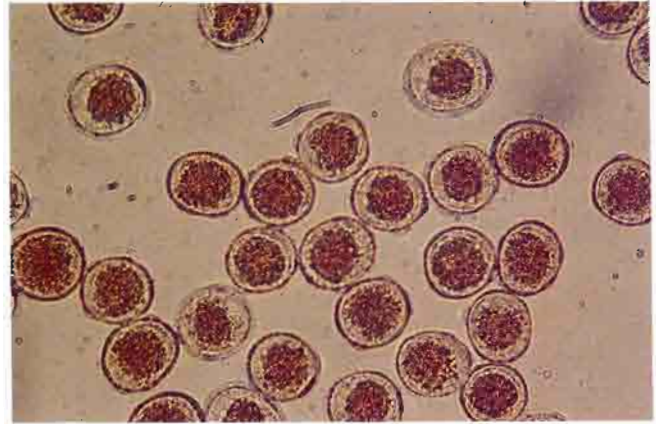
Las especies de royas que se describen aquí pueden distinguirse normalmente por las características de las uredias, color de las urediosporas y las especies hospedantes que ellas infectan.

Puccinia graminis (roya del tallo)

Las uredias son alargadas y están formadas por grandes masas de esporas de color café rojizo con tejido de la epidermis expuesto, sobresaliendo de los márgenes. Las pústulas pueden desarrollarse tanto en el haz como en el envés de las hojas, en las espigas y los tallos. Las urediosporas son de color rojo oscuro, elípticas, equinuladas y miden 24-32 μm x 18-22 μm .

Puccinia recondita (roya de la hoja del trigo)

Las uredias son rojas, de forma oval y se encuentran dispersas, sin tejido epidérmico separado de los márgenes y usualmente se producen en el haz de las hojas. Las urediosporas son de color rojo anaranjado a rojo oscuro, esféricas y con diámetro de 20-28 μm .



Urediosporas de *P. recondita* (10 x 40)

Puccinia hordei (roya de la hoja de la cebada)

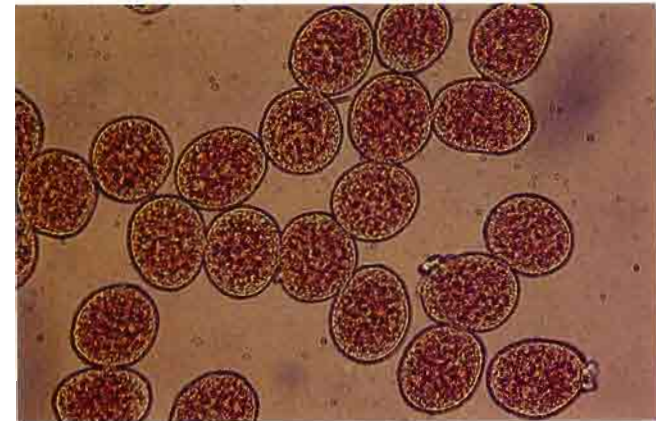
Las uredias son amarillo anaranjadas, ovales, dispersas y generalmente se presentan en el haz de las hojas. Las urediosporas son amarillo anaranjado, relativamente grandes, de forma ovoide o esférica y miden 28-36 μm x 24-28 μm . Este hongo es patogénico sólo para la cebada y especies afines.



Urediosporas de *P. hordei* (10 x 40)

Puccinia striiformis (roya estriada o lineal)

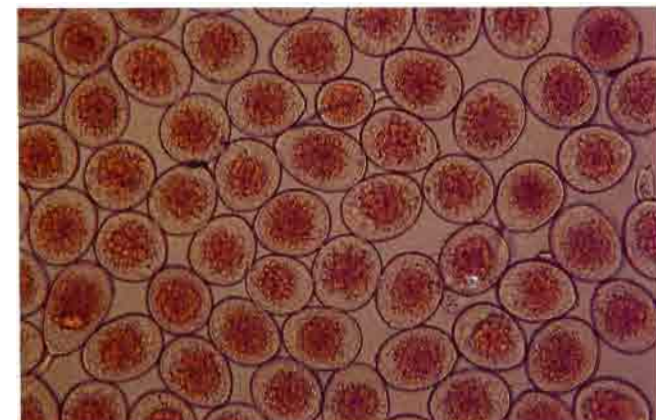
Las uredias se presentan en líneas amarillas, angostas y conspicuas sobre las hojas y vainas. Las urediosporas son amarillas, más o menos esféricas y grandes, con un diámetro de 28-34 μm . Con frecuencia, las lemas y las glumas se infectan. Durante el desarrollo telial se forman estrias negras y angostas en las hojas.



Urediosporas de *P. striiformis* (10 x 40)

Puccinia coronata (roya de la hoja de la avena)

El hongo es patógeno de la avena, pero no de otros cereales. Las uredias son pústulas de forma oval a alargada con urediosporas amarillo naranja brillante. Las urediosporas son esféricas a ovales y tienen un diámetro de 20-32 μm . Las teliosporas son anchas y tienen proyecciones en la célula superior.



Urediosporas de *P. coronata* (10 x 40)

Roya del tallo

Puccinia graminis

La roya del tallo es una enfermedad muy conocida que ataca a los cultivos de cereales y se presenta casi en cualquier parte en donde se siembran dichos cultivos. *P. graminis* f.sp. *tritici* infecta trigo, cebada y triticale. *P. graminis* f.sp. *avenae* afecta avena y *P. graminis* f.sp. *secale* centeno. Los síntomas de la enfermedad aparecen más comúnmente en los tallos y las vainas foliares, pero las hojas y las espigas también pueden infectarse (Figura 8). Se desarrollan tres formas de esporas en los cereales hospedantes. Las urediosporas que se producen en pústulas (uredias) rompen la epidermis y se exponen como masas de esporas café rojizas (Figura 9). Las pústulas son más grandes que las que forman la roya de la hoja y la roya *lineai*, son ovals o alargadas con residuos de tejido epidérmico en sus márgenes. Las pústulas pueden aparecer en el haz o en el

envés de las hojas. Las urediosporas de *P. graminis* son estructuras equinuladas café rojizas, de elípticas a ovoides y miden $24-32 \mu\text{m} \times 18-22 \mu\text{m}$ (Figura 10). Su producción continúa hasta que las plantas se aproximan a la madurez.



Figura 8. Infección severa de roya del tallo en triticale. Nótase que las láminas y vainas foliares están también afectadas.



Figura 9. Uredias de *P. graminis*. Nótase el tejido epidérmico suelto.



Figura 10. Las urediosporas de *P. graminis* son de ovals a ovoides (10 x 40).

Cuando las plantas se aproximan a la madurez cesa la producción de urediosporas y se desarrollan teliosporas, ya sea en la misma uredia o en estructuras diferentes llamadas telias. Estas últimas son café oscuras, bicelulares y su forma es aproximadamente cuneiforme. Las teliosporas conservan una porción de pedicelo o talo, tienen paredes gruesas y miden $40-60 \mu\text{m} \times 18-26 \mu\text{m}$. La célula apical es redondeada o ligeramente puntiaguda (Figura 11). Frecuentemente, las teliosporas emergen a través de la epidermis, persisten en el tejido de la planta durante el invierno y pueden servir como la primera etapa del ciclo sexual al producir basidiosporas o esporidias. El agracejo común, *Berberis vulgaris* y *Mahonia* sp. son hospedantes alternos de *P. graminis* (Figura 12).

Las urediosporas de la roya del tallo son acarreadas por el viento a largas distancias. Durante el crecimiento activo del cultivo se producen ciclos urediales cada 14 a 21 días, lo cual permite la diseminación rápida de la enfermedad en grandes áreas. Esta enfermedad, junto con la roya de la hoja, ha recibido una gran atención de los fitopatólogos, fitomejoradores y de otros científicos. En el pasado, la creación de nuevas razas fisiológicas por medio del ciclo sexual

sobre el hospedante alternativo, agracejo, ocasionó serias pérdidas al cultivo y redujo la efectividad de las variedades resistentes. En América del Norte, la erradicación del agracejo, así como la deliberada creación de variedades resistentes han sido factores importantes en el mejoramiento de la estabilidad de la resistencia de las variedades de trigo a la roya del tallo y en la reducción de la incidencia de epifitias.

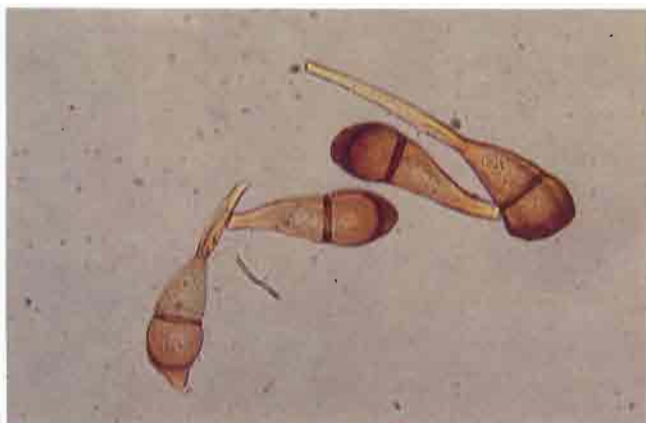


Figura 11. Teliosporas de *P. graminis* (10 x 40).



Figura 12. Aecias desarrollándose sobre el hospedante alternativo de *P. graminis*, agracejo común (*Berberis vulgaris*).

Roya de la hoja

Puccinia recondita

La roya de la hoja es una enfermedad muy seria que ataca trigo, centeno, triticale y a diversos pastos. El patógeno es un parásito moderado de la cebada, pero no infecta avena. Otra especie estrechamente relacionada con ella es *P. hordei* la cual es un patógeno común de la cebada (Pág.16).

La roya de la hoja se manifiesta como pústulas ovales de color rojo oscuro, diseminadas en las vainas foliares y en el haz de las mismas. Las pústulas (uredias) rompen la epidermis, pero no muestran tejido epidérmico suelto en los

márgenes, como es característico de las uredias de la roya del tallo (Figura 13). Las urediosporas de *P. recondita* son de color rojo naranja a rojo oscuro, equinuladas, esféricas con un diámetro de 20-28 μm (Figura 14). Las teliosporas son café oscuro, tienen dos células con paredes gruesas y son redondeadas o aplanadas en el ápice (Figura 15). Las telias se desarrollan en soros sobre las vainas foliares y sobre ambas superficies de las hojas durante las últimas etapas de desarrollo de la planta. Las teliosporas permanecen en los tejidos de las hojas y se encuentran cubiertas por la epidermis.

Los hospedantes alternos de *P. recondita*, *Thalictrum* y *Anchusa* sp. se encuentran presentes en algunas áreas de Europa, pero no tienen importancia como fuentes de nuevas razas de este hongo. El patógeno sobrevive de un ciclo a otro en forma de micelio o de urediosporas en cereales de invierno y pastos en las zonas templadas. En los trópicos logra pasar el verano en las áreas más altas y frías.

La roya de la hoja se controla mejor por medio del cultivo de variedades resistentes o de multilíneas. Los fungicidas como Triadimefon (bayleton) y Butrizol (indar) son efectivos para controlar la roya de la hoja y pueden ser usados económicamente en caso de epifitias.



Figura 13. Uredias de *P. recondita* sobre una hoja de trigo.

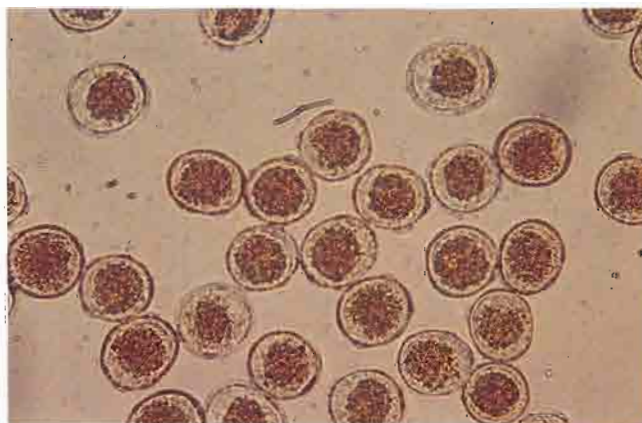


Figura 14. Las urediosporas de *P. recondita* tienden a ser más esféricas que las de *P. graminis* (10 x 40).



Figura 15. Teliosporas de *P. recondita* (10 x 40).

Roya de la hoja de la cebada

Puccinia hordei

La roya de la hoja se presenta extensamente en muchas áreas productoras de cebada del mundo, pero las pérdidas del cultivo son generalmente ligeras. La patogenicidad de este hongo está restringida sólo a la cebada cultivada y las especies estrechamente relacionadas con ella. La cebada es también susceptible a *P. recondita*, pero en menor grado.

Las uredias de *P. hordei* son pequeñas, de ovals a redondas y de color amarillo anaranjado. Se desarrollan casi exclusivamente en las hojas y en las vainas foliares (Figura 16). Las urediosporas son de ovoides a esféricas, amarillas y relativamente grandes, midiendo $28-36 \mu\text{m} \times 24-28 \mu\text{m}$ (Figura 17). A medida que madura el cultivo, se forman telias de color café oscuro en el tejido foliar e inicialmente permanecen cubiertas por la epidermis. El hospedante alterno, *Ornithogalum umbellatum* (estrella de Belén), puede producir aeciosporas en algunas regiones de Europa, pero no parece infectarse en América del Norte; es probable que esta planta no desempeñe un papel muy importante en perpetuar o diseminar nuevas razas del patógeno.

El desarrollo y la diseminación de la roya de la hoja de la cebada se ven favorecidos por estados de tiempo húmedos y calientes. En áreas con inviernos suaves el estado uredial inverna en cultivos de cebada sembrados en otoño, mientras que en las regiones subtropicales sobrevive a las temperaturas del verano en las áreas altas más frías. El medio de control más económico es el uso de variedades resistentes.



Figura 16. Uredias de *P. hordei* sobre una hoja de cebada.

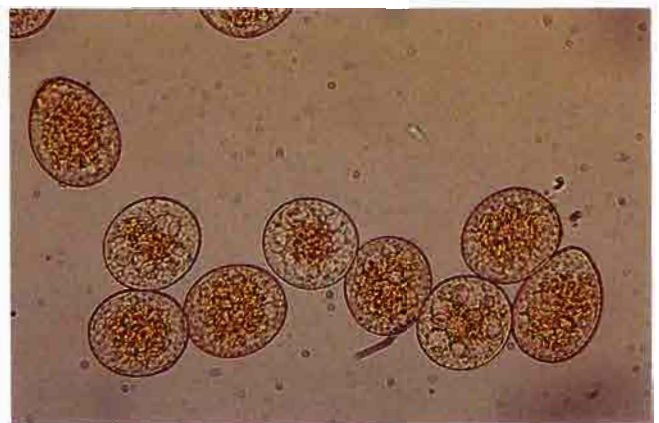


Figura 17. Las urediosporas de *P. hordei* varían de esféricas a ovoides (10 x 40).

Roya amarilla (Estriada o lineal)

Puccinia striiformis

La roya amarilla es una enfermedad que ataca seriamente trigo y cebada y es moderadamente patogénica para triticale, centeno y algunos pastos. Aparentemente, la avena es inmune. No se le conoce hospedante alterno y los factores ambientales la limitan mucho más que a la roya del tallo o de la hoja. Esta enfermedad se incrementa en ambientes con temperaturas más bajas que las óptimas para el desarrollo de las royas del tallo y de la hoja.

Las uredias tienen formas de líneas angostas y amarillas preferentemente en las hojas y espiguillas (Figura 18). Cuando las espigas se infectan, las pústulas aparecen en las superficies interiores de las glumas y las lemas, invadiendo ocasionalmente los granos en desarrollo (Figura 19). Las urediosporas son de color amarillo anaranjado, más o menos esféricas, equinuladas y con un diámetro de 28-34 μm (Figura 20). Aparentemente, las teliosporas no tienen función alguna. Estas son de color café oscuro, bicelulares y similares en tamaño y forma a las de *P. recondita*. Las telias se desarrollan en las hojas y vainas foliares como bandas café oscuro a negro y permanecen cubiertas por la epidermis.

En áreas donde las temperaturas no son severas, las urediosporas y el micelio persisten durante el invierno en cereales sembrados en el otoño y en pastos. Durante el período de bajas temperaturas en primavera se presenta una diseminación secundaria agresiva. Recientemente, han aparecido nuevas razas altamente virulentas en Europa, Australia y la región andina de América del Sur.



Figura 18. Uredias de *P. striiformis* sobre una hoja de trigo. Nótese que forman estrías lineales angostas.



Figura 19. Uredias de *P. striiformis* en florecillas de trigo (glumas y lemas).



Figura 20. Urediosporas de *P. striiformis* (10 x 40).

Roya de la hoja de la avena (Roya coronada de la avena)

Puccinia coronata

La roya de la hoja es una enfermedad importante en avena y algunos pastos, pero no afecta otros cereales cultivados. Esta se presenta dondequiera que se cultiva avena. La diversidad de sus razas fisiológicas es muy extensa, debido en parte a la amplia difusión de su hospedante alterno, *Rhamnus cathartica* (ladierno) y especies afines.

Las pústulas urediales se desarrollan principalmente en las hojas, pero pueden aparecer también en las vainas foliares y espiquillas. Son pequeñas, ovales, aisladas y con urediosporas expuestas de color anaranjado brillante (Figura 21). La epidermis se encuentra ligeramente levantada en sus márgenes. Las urediosporas son de forma esférica a ovalada, equinuladas, de color amarillo-anaranjado y tienen un diámetro de 20-32 μm (Figura 22). Las telias se desarrollan en hojas infectadas, conforme las plantas se acercan a su madurez. Los soros teliales con frecuencia forman bordes negros que sobresalen alrededor de las uredias, pero permanecen cubiertos por la epidermis. Las teliosporas tienen una forma distinta a las de otras especies, sus células apicales son anchas y con varias proyecciones, de donde se derivó el nombre de roya coronada (Figura 23).

El hongo persiste de una estación a otra por medio de la continua producción de urediosporas en los climas más cálidos. En lugares en donde se presentan temperaturas más bajas, la enfermedad se inicia por esporas acarreadas por corrientes de viento de áreas más cálidas, o por aciosporas que se desarrollan en plantas de ladierno (*Rhamnus* sp.).

En muchas de las áreas productoras de avena tales como África, América del Sur y México, el mejoramiento para resistencia no ha tenido la misma rapidez que la generación de nuevas razas fisiológicas del patógeno. En estas regiones la producción de avena ha declinado debido a pérdidas causadas por la roya del tallo, de la hoja, así como por el virus del enanismo amarillo de la cebada, (BYDV).

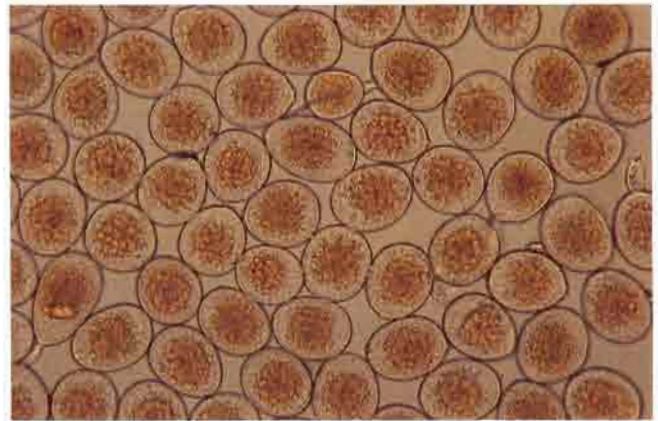


Figura 22. Urediosporas de *P. coronata* (10 x 40).



Figura 21. Uredias de *P. coronata* sobre una hoja de avena.



Figura 23. Las teliosporas de *P. coronata* tienen proyecciones cortas sobre las células superiores. Estas proyecciones dieron origen al nombre de "roya coronada" (10 x 40).

Hiperparásito de las royas

Darluca filum

Darluca filum es un parásito obligado de las royas y se presenta más comúnmente en climas cálidos. El hongo desarrolla picnidios oscuros dentro de las pústulas de la roya. Probablemente, su papel en el control de la diseminación de las enfermedades es insignificante, pero se incluye este hongo en el manual debido a la frecuencia con que se observa en los cultivos de cereales infectados por roya.

Las estructuras fructíferas aparecen en grupos de picnidios negros, esféricos dentro de los soros de la roya (Figura 24). A través del ostiolo se liberan los conidios como una masa blancuzca o grisácea, de apariencia mucosa (Figura 25). Los conidios son incoloros, bicelulares de forma elipsoidal u oblonga con algunas cerdas cortas proyectándose en cada lado y miden $14-16 \mu\text{m} \times 3-4 \mu\text{m}$ (Figura 26). *Darluca filum* tiene un desarrollo muy lento durante el ciclo biológico de las royas para servir como un medio efectivo de control biológico.

Sin: *Sphaerellopsis filum*

Estado perfecto: *Eudarluca australis*



Figura 24. Picnidios negros de *D. filum* que se forman en las pústulas de *P. recondita* (roya de la hoja del trigo).



Figura 25. Los picnidios de *D. filum* exudan cirros (que contienen conidios) de blanquecinos a gris claro.

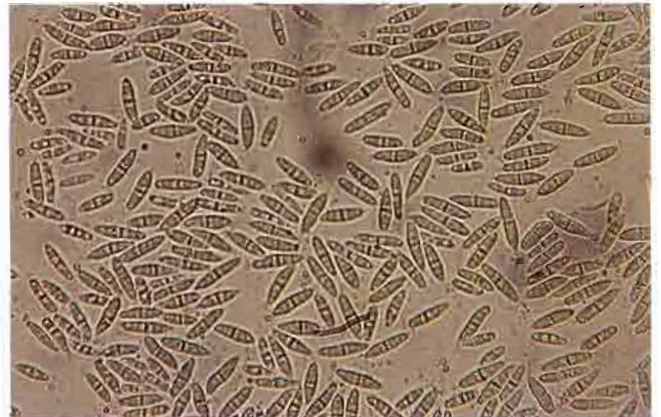


Figura 26. Conidios de *D. filum* (10 x 40).



Enfermedades causadas por *Helminthosporium*

Cinco especies pertenecientes al género *Helminthosporium* son patógenos importantes de los cultivos cerealícolas y están distribuidas ampliamente en todo el mundo. Hay dos especies menos comunes que tienen características únicas y que también se incluyen aquí. Los hongos del género *Helminthosporium* se tratan como grupo en este manual, no tanto por las similitudes de los síntomas que producen, sino por la semejanza (1) de sus estructuras de fructificación durante la esporulación y (2) la forma general de sus conidios. Como grupo, estos hongos siguen en importancia a las royas como patógenos destructivos de los cultivos cerealícolas en todo el mundo.

Varios tipos de lesiones foliares, tales como tizones, rayados, manchas y decoloraciones son causados por la mayor parte de las especies (Figura 27). Algunas de ellas causan también tizón o marchitez de plántulas, pudriciones de la raíz, daño a nudos y tallos, así como tizones en la espiga.

Figura 27. Síntomas iniciales de mancha de la hoja (página opuesta) causadas por *Helminthosporium tritici-repentis* (mancha amarilla de la hoja o mancha de bronce).

Las estructuras asexuales de fructificación se desarrollan sobre la superficie de los tejidos de las plantas a partir del micelio intracelular. Los talos modificados portadores de esporas (conidióforos) son tan largos o más que los conidios; se desarrollan solos o en grupos, son erectos, septados, de color café claro a café oscuro y la mayor parte de ellos no presentan ramificaciones. Cada conidióforo produce uno o varios conidios los cuales son cilíndricos a ligeramente elipsoides (similares a un barril), pueden ser rectos o ligeramente curvos, varían en color de subhialinos a café oscuro o negro y tienen varias células con septas muy marcadas.

Identificación de las especies



Conidios de *H. sativum* (10 x 40)

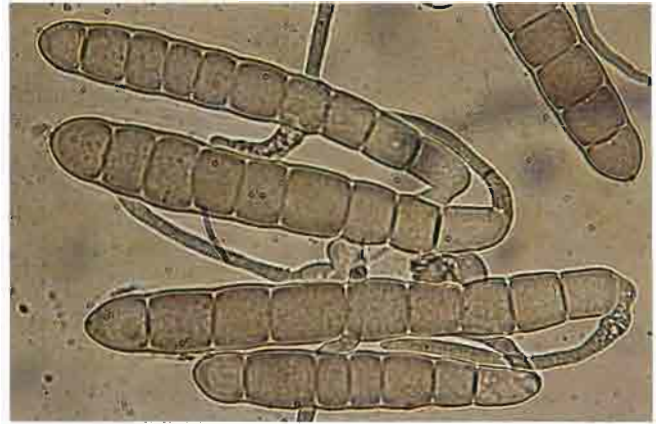
Las especies dentro de este grupo pueden identificarse principalmente por las características de sus conidios, los cultivos que infectan y los síntomas que producen.

Helminthosporium sativum (Tizón de la hoja)

Los conidios se observan negros y brillantes bajo aumentos pequeños, pero con aumentos mayores se ven de color café oliva oscuro. Tienen paredes gruesas y típicamente de cinco a nueve septas, son elípticos pero pueden ser rectos o ligeramente curvos y miden 60-120 μm x 12-20 μm . Este patógeno puede afectar a todos los cereales de grano pequeño, siendo menos común en avena.

Helminthosporium tritici-repentis (Mancha amarilla de la hoja o mancha bronceada)

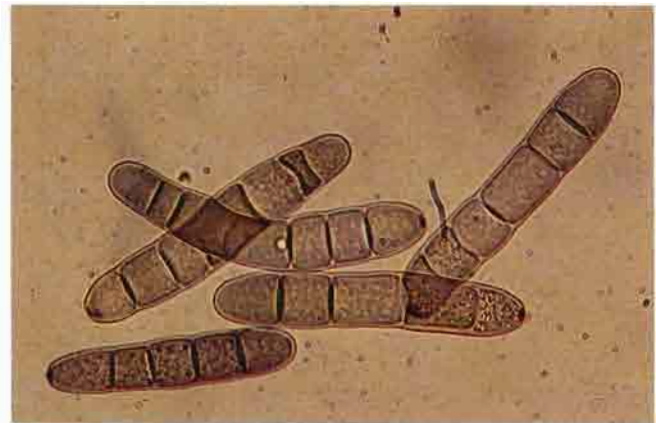
Las primeras manchas de la hoja causadas por esta enfermedad pueden tener bordes definidos de color amarillo alrededor de lesiones ovales de color paja a café grisáceo. Los conidios son subhialinos y con la edad se vuelven gris amarillento. Son cilíndricos, de paredes delgadas, se adelgazan ligeramente hacia la parte superior con cinco a diez septas y miden $80-170 \mu\text{m} \times 12-24 \mu\text{m}$. La célula apical es un cono redondeado que sugiere una "cabeza de víbora". Este hongo es patógeno en trigo y triticale y afecta centeno y cebada con menor frecuencia.



Conidios de *H. tritici-repentis* (10 x 40)

Helminthosporium avenae (Quemadura foliar de la avena)

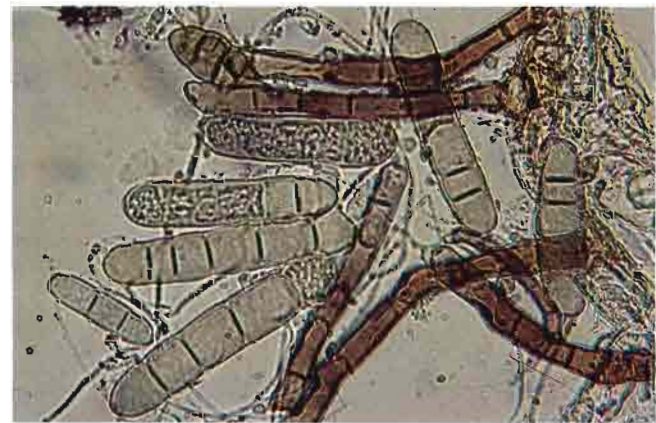
Esta enfermedad sólo ataca avena. Los conidios son de color café grisáceo claro, cilíndricos, rectos a ligeramente curvos, con cuatro a seis septas y miden $80-120 \mu\text{m} \times 12-18 \mu\text{m}$. Son muy similares en tamaño y forma a los conidios de *H. teres*.



Conidios de *H. avenae* (10 x 40)

Helminthosporium teres (Mancha reticulada)

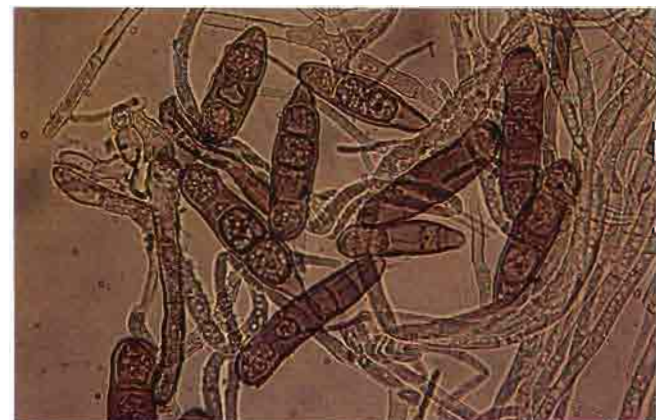
Los conidios pueden ser fácilmente confundidos con los de *H. gramineum*, pero los síntomas de las enfermedades que causan son muy distintos. Las manchas reticuladas empiezan como pequeñas lesiones café o rayas cortas y se expanden en forma irregular con pigmentación interna de color café. Los conidios son rectos, cilíndricos, con cuatro a seis septas y tienen células finales redondeadas. Al principio son subhialinos pero con la edad, se oscurecen a café amarillento y miden $60-120 \mu\text{m} \times 16-24 \mu\text{m}$. Esta enfermedad se encuentra con mayor frecuencia en la cebada, pero ocasionalmente afecta trigo y triticale.



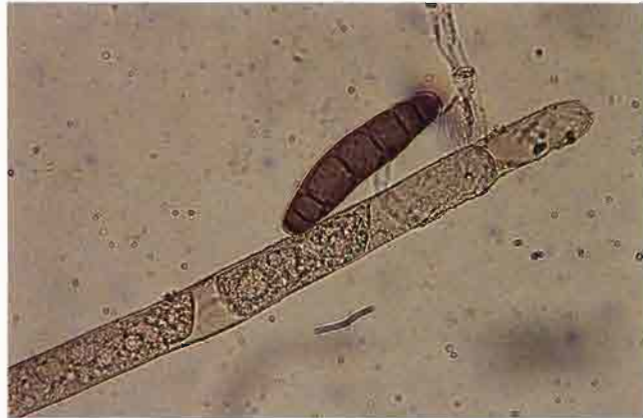
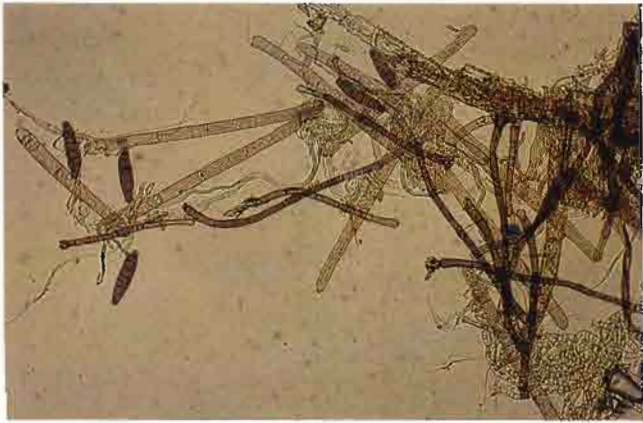
Conidios y conidióforos oscuros de *H. teres* (10 x 40)

Helminthosporium gramineum (Mancha estriada)

Es una enfermedad sistémica y ataca sólo a la cebada. Conforme se desarrolla la planta, cada hoja sucesiva va mostrando estrías que son amarillas al principio y después se vuelven de color café o gris oscuro. Las hojas tienden a abrirse y desgarrarse. Usualmente, los conidios son de color café claro y rara vez exceden las $100 \mu\text{m}$ de longitud. Los conidióforos se desarrollan en grupos de dos a seis y no existe el engrosamiento de las células basales presente en *H. teres*.



Conidios de *H. gramineum* (10 x 40)



Conidio de *H. giganteum*—estructuras largas, cilíndricas y de color claro (10 x 10 en la foto superior y 10 x 40 en la inferior)



Conidios de *H. spiciferum* (10 x 40)

Helminthosporium giganteum (Mancha ocular bandeada, mancha ocular zonada)

Las lesiones que causa esta enfermedad son muy peculiares, aparecen como pequeñas manchas amarillas rodeadas de bordes de color café oscuro. Los conidios son rectos, subhialinos, cilíndricos, miden 350-400 μm x 15-20 μm y tienen pocas septas. La enfermedad puede afectar a todos los cereales de grano pequeño y sólo se presenta en regiones húmedas subtropicales.

Helminthosporium spiciferum (Mancha de la hoja de los cereales y pudrición de la raíz)

El color de las manchas de la hoja varía de café claro a café grisáceo, éstas son de forma irregular y generalmente se encuentran esparcidas a través de las hojas. Los conidios son los más pequeños entre las especies del género *Helminthosporium* que parasitan los cereales cultivados. Miden 25-40 μm x 8-12 μm y tienen tres y a veces cuatro septas. Este patógeno ataca trigo, cebada y pastos relacionados con estas especies.

Tizón foliar (Mancha de la hoja)

*Helminthosporium sativum**

H. sativum es un patógeno agresivo que ataca trigo, triticale, cebada y muchos pastos; causa manchas foliares, pudriciones de la raíz y corona, destrucción de los nudos (nudo negro), tizón de la espiga y caída de las plántulas (Figura 28). El centeno es algo más tolerante y la avena rara vez es atacada. Este hongo tiene también la capacidad de sobrevivir como saprofito en tejido vegetal muerto.

La infección con *H. sativum* puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo de la planta, pero los síntomas son más pronunciados después de espigar. En las raíces, coronas y vainas de las hojas inferiores de las plántulas infectadas se presentan lesiones necróticas café oscuro. Las lesiones de las vainas foliares se pueden extender a la lámina. Las infecciones que se presentan en las raíces y coronas antes de o durante la floración usualmente matan la planta antes de la formación del grano. Esto sucede frecuentemente en asociación con otros patógenos causantes de pudriciones de la raíz como *Ophiobolus graminis* o desfavorables para el desarrollo del patógeno (temperaturas moderadamente calientes y alta humedad) se pueden infectar las espiguillas causando el arrugamiento del grano. Este presenta un punto negro que se desarrolla a causa del ennegrecimiento del embrión. El desarrollo de esta enfermedad es mucho más rápida a temperaturas sobre 20°C (68°F).



Figura 28. Síntomas típicos de mancha foliar en cebada causada por *H. sativum* (foto: S. Fuentes).

Las estructuras de fructificación se desarrollan rápidamente sobre el tejido vegetal infectado húmedo y es la característica más digna de confianza para el diagnóstico de este patógeno. Los conidióforos se desarrollan individualmente o en grupos, son erectos, no ramificados, miden 100-150 μm x 6-8 μm y tienen varias septas (Figura 33). Los conidios se desarrollan lateralmente a partir de poros precisamente abajo de las septas del conidióforo. Los conidios son de color café oliva, oblongos, adelgazados hacia su punta, ligeramente curvos con paredes lisas y tienen una cicatriz basal prominente. Miden de 60-120 μm x 12-20 μm y tienen de tres a nueve septas (Figura 34). Los aislamientos varían considerablemente en virulencia. El estado perfecto rara vez se presenta en la naturaleza.

* Sin: *Bipolaris sorokiniana*; *Helminthosporium sorokinianum*
Estado perfecto: *Cochiobolus sativus*



Figura 29. Plántulas de cebada infectadas por *H. sativum*. Nótese las lesiones necróticas de color café oscuro.



Figura 30. Esporulación de *H. sativum* en un nudo enfermo del tallo de trigo. Nótese la apariencia negra y aterciopelada.

Las estructuras de fructificación se desarrollan rápidamente sobre el tejido vegetal infectado húmedo y es la característica más digna de confianza para el diagnóstico de este patógeno. Los conidióforos se desarrollan individualmente o en grupos, son erectos, no ramificados, miden $100-150\ \mu\text{m} \times 6-8\ \mu\text{m}$ y tienen varias septas (Figura 33). Los conidios se desarrollan lateralmente a partir de poros precisamente abajo de las septas del conidióforo. Los conidios son de color café oliva, oblongos, adelgazados hacia su punta, ligeramente curvos con paredes lisas y tienen una cicatriz basal prominente. Miden de $60-120\ \mu\text{m} \times 12-20\ \mu\text{m}$ y tienen de tres a nueve septas (Figura 34). Los aislamientos varían considerablemente en virulencia. El estado perfecto rara vez se presenta en la naturaleza.

Entre los patógenos que atacan los cereales *Helminthosporium sativum* es uno de los más ampliamente distribuidos. Las enfermedades causadas por este hongo probablemente restrinjan la producción de trigo y de cebada en las áreas subtropicales más que ningún otro patógeno. Su habilidad para sobrevivir en residuos en el suelo y en muchas especies de pastos reduce la efectividad de la rotación de cultivos como medida de control. El tratamiento de la semilla puede ser benéfica en áreas en donde el tizón de la espiga logra infectarla. El mejoramiento para resistencia es un proceso lento y difícil de lograr, pero parece tener las mejores probabilidades de éxito en el combate contra este patógeno.



Figura 31. Lesiones de mancha foliar en una hoja de trigo duro causadas por *H. sativum*.



Figura 33. Conidióforos de *H. sativum* en trigo (50 x). Véase también la Figura 6d, página 7.

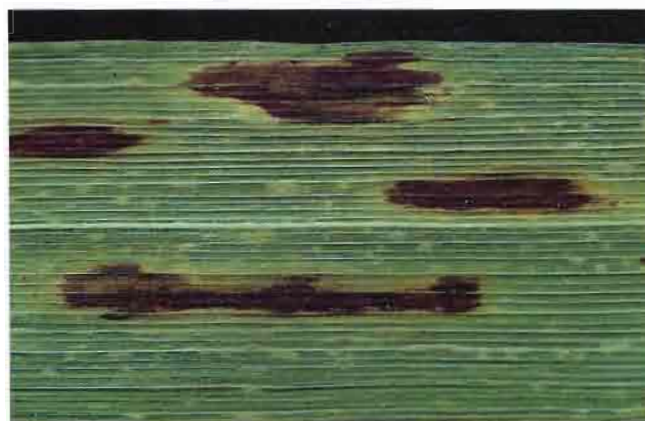


Figura 32. Lesiones típicas de mancha foliar causadas por *H. sativum* en cebada (foto: S. Fuentes). Compárense estas lesiones con las que se producen en trigo (Figura 31).



Figura 34. Los conidios de *H. sativum* son oscuros, de paredes gruesas y muestran septas muy marcadas. Nótese que los conidios que se muestran aquí son ligeramente más grandes que los que se encuentran comúnmente (10 x 40).

Mancha amarilla de la hoja (Mancha bronceada)

*Helminthosporium tritici-repentis**

La mancha amarilla de la hoja es una enfermedad foliar que ataca principalmente al trigo, triticale y algunos pastos. El centeno y la cebada se infectan con menor frecuencia y la avena parece ser inmune. Los primeros síntomas aparecen como pequeñas manchas café amarillento que se transforman en manchas ovales de color café claro con bordes amarillos (Figura 35). Conforme coalescen las lesiones, grandes áreas foliares se vuelven amarillas y mueren (Figura 36). La necrosis principia cerca del ápice y progresa hacia la base de la hoja. Los centros de las lesiones se oscurecen debido a la esporulación abundante.

* Sin: *Drechslera tritici-repentis*
Estado perfecto: *Pyrenophora tritici-repentis*

La esporulación se presenta rápidamente bajo condiciones de alta humedad. Los conidióforos son café oscuro, septados y miden $100-400\ \mu\text{m} \times 6-8\ \mu\text{m}$. Los conidios son de color amarillo grisáceo pálido, cilíndricos, miden $80-170\ \mu\text{m} \times 12-24\ \mu\text{m}$ y tienen de cuatro a diez septas. La célula basal se adelgaza hasta formar un cono redondeado que recuerda la forma de una "cabeza de víbora" (Figura 37).



Figura 35. Lesiones típicas de mancha foliar amarilla del trigo, causadas por *H. tritici-repentis*.



Figura 36. Manchado foliar en estado más avanzado, causado también por *H. tritici-repentis* en trigo.

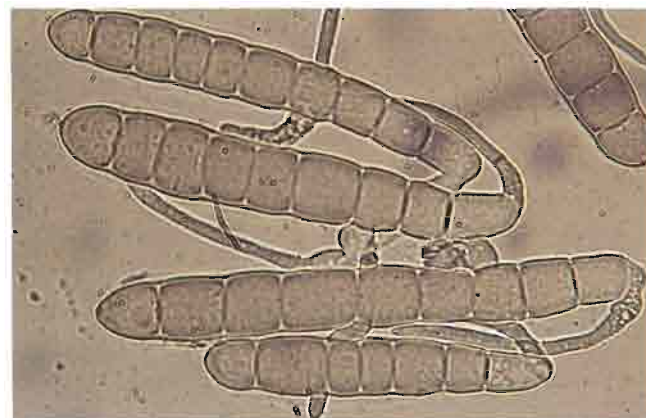


Figura 37. Conidios de *H. tritici-repentis*. Nótese las células apicales adelgazadas (10×40).

El estado perfecto, *Pyrenophora tritici-repentis*, se desarrolla rápidamente en el rastrojo de la paja de trigo in-temperizado. Los peritecios son negros, errumpentes, tienen setas oscuras que rodean los picos cortos. Las ascosporas maduras son de color café amarillento, ovales, tienen tres septas transversales y una o dos longitudinales. Miden 40-60 μm x 18-25 μm (Figura 40). Frecuentemente, se desarrollan conidióforos y conidios sobre los peritecios. Tanto las ascosporas como los conidios sirven como inóculo primario.

La enfermedad causada por *H. tritici-repentis* se presenta en la mayor parte de las áreas productoras de trigo

en el mundo. El patógeno parece tolerar bajas temperaturas con mayor facilidad que *H. sativum*. Regularmente, se presentan pérdidas causadas por la mancha amarilla en los cultivos de trigo de la Región Andina de América del Sur, las regiones altas del Norte y el Oriente de África, la Meseta Central de México y el Medio Oriente. Como posibles medidas de control se sugiere mantener los cultivos limpios y asperjar fungicidas; sin embargo, las variedades tolerantes ofrecen un medio más realista para minimizar las pérdidas.



Figura 38. Peritecios de *Pyrenophora tritici-repentis* (el estado perfecto de *H. tritici-repentis*) que se desarrollan en paja de trigo in-temperizada.



Figura 39. Un acercamiento de un peritecio de *P. tritici-repentis*. Nótese las setas oscuras que rodean al cuello corto (10 x 40).

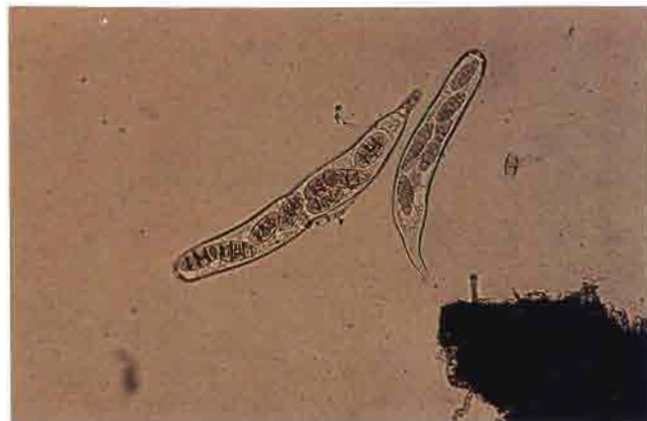


Figura 40. Ascas que contienen ascosporas de *P. tritici-repentis*. Nótese que las ascosporas tienen septas longitudinales y transversales (10 x 40).

Mancha foliar de la avena

*Helminthosporium avenae**

La mancha foliar causada por *H. avenae* es una enfermedad común de la avena y aparentemente sus ataques se restringen a este cultivo. Usualmente, el hongo es transportado de un cultivo a otro por medio del grano. La enfermedad empieza con la infección de los coleoptilos. Las infecciones secundarias o subsecuentes se desarrollan a partir de los conidios producidos sobre las lesiones. En las hojas enfermas se desarrollan manchas café rojizas, alargadas u oblongas (Figura 41). Los síntomas foliares durante las primeras fases de desarrollo de la enfermedad son buenas características para el diagnóstico. Conforme progresa la enfermedad el color café va adquiriendo diversas tonalidades rojas con márgenes indefinidos. Las lesiones se van difundiendo gradualmente en toda la lámina foliar y eventualmente las hojas infectadas mueren y se secan a medida que la enfermedad avanza. Bajo condiciones severas, las panículas pueden infectarse y el hongo se establece en las brácteas y granos en donde permanece hasta el próximo ciclo de cultivo.

Las estructuras de fructificación de este hongo son similares en forma y color a las de *Helminthosporium teres* (mancha reticulada) que ataca a la cebada (página 29). Sin embargo, mientras *H. avenae* está restringido a las diferentes especies de avena, *H. teres* no infecta este cultivo, por lo que no debería haber confusiones al identificar el hongo. Los conidióforos se encuentran dispersos, se desarrollan individualmente o en conjuntos de dos o tres y están engrosados, miden 8-12 μm de ancho y hasta 200 μm de largo (Figura 42). Los conidios son de color gris amarillento claro cuando jóvenes y se vuelven café oscuro con la edad.

Son rectos o ligeramente curvos, cilíndricos con puntas redondeadas, tienen de cuatro a seis septas y miden 80-110 μm x 12-18 μm . La célula basal tiene una cicatriz prominente. El estado perfecto, *Pyrenophora avenae*, ocurre con muy poca frecuencia en la naturaleza y aún no se ha determinado con certeza su papel en el desarrollo de la enfermedad.

Helminthosporium avenae está extendido en la mayor parte de las regiones productoras de avena del mundo, pero las pérdidas del cultivo son generalmente bajas. La rotación de cultivos y el tratamiento de la semilla con fungicidas químicos reducen la severidad y la incidencia de esta enfermedad.

* Sin: *Drechslera avenae*
Estado perfecto: *Pyrenophora avenae*



Figura 42. Esporulación de *H. avenae* sobre una hoja de avena enferma (50 x).



Figura 41. Mancha foliar de la avena, causada por *H. avenae*. Nótese el color café rojizo.

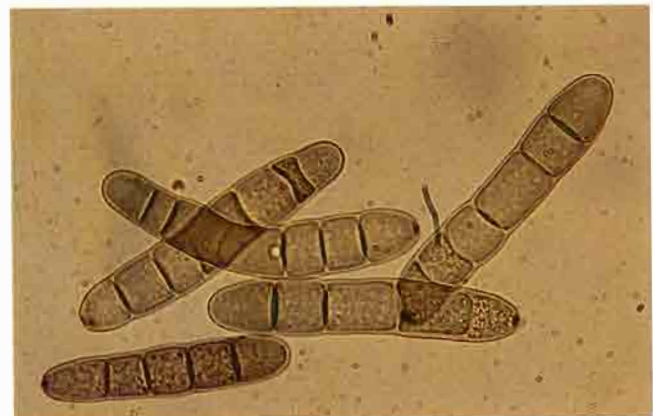


Figura 43. Conidios de *H. avenae*. Nótese la cicatriz prominente en la célula basal (10 x 40).

Mancha reticulada de la hoja

*Helminthosporium teres**

La mancha reticulada es una enfermedad foliar principalmente de la cebada. Ocasionalmente infecta trigo, triticale y algunos pastos. Los síntomas aparecen primero como manchitas de color café, usualmente cerca del ápice de la hoja (Figura 44). Estas pronto se alargan como estrías cortas o manchas con pigmentación interna de color café que desarrollan un patrón como una red con bandas transversales y longitudinales (Figura 45). Es posible que se infecten las espigas, conforme la planta se aproxima a su madurez.

El desarrollo de los conidios es de alguna forma impredecible. Se observa una rápida esporulación sobre las hojas frescas después de la floración, pero con frecuencia no se desarrolla en hojas secas después de algunos meses de almacenamiento. Los conidióforos se desarrollan en forma individual o en grupos de dos o tres, son de tono café pálido a medio y miden hasta 200 μm de largo por 7-11 μm de ancho.



Figura 44. Síntomas iniciales de mancha reticulada de la cebada, causada por *H. teres*.

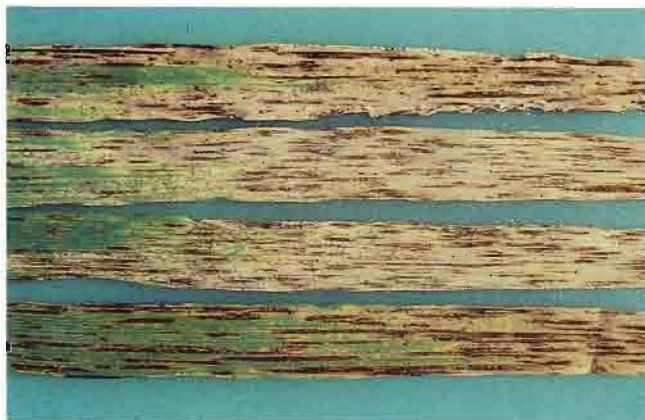


Figura 45. Síntomas avanzados de mancha reticulada de la cebada.

Generalmente, la célula basal es más grande. Los conidios son rectos, cilíndricos y de color gris claro cuando son jóvenes, tornándose café verdosos con la edad. La mayoría de los conidios miden 60-120 μm x 16-23 μm y tienen de cuatro a seis septas (Figura 46). Son similares en tamaño y forma a los conidios de *H. avenae* (página 28).

Una vez que pasa el invierno se desarrolla sobre la paja y en el rastrojo el estado perfecto *Pyrenophora teres*. Los peritecios son negros con setas alrededor del cuello corto. Las ascosporas maduras son de color café amarillento, con tres septas transversales y una longitudinal. Las esporas están constreñidas en las septas. Las ascosporas son una fuente importante de inóculo en algunas áreas productoras de cebada.

La mancha reticulada se puede desarrollar a partir de semilla infectada o de ascosporas liberadas de los peritecios desarrollados en paja o rastrojos intemperizados. La enfermedad es común en todas las regiones frías y húmedas productoras de cebada en el mundo. Una fase de mancha foliar de *H. teres* se presenta en la cebada en algunas áreas altas, particularmente en la Región Andina de América del Sur. La enfermedad se puede distinguir de la mancha foliar causada por *H. sativum* (pág. 24), sólo observando las esporas. El tratamiento de la semilla con un fungicida apropiado controla la infección proveniente de ésta. Se ha transferido resistencia a *H. teres*, de variedades antiguas de cebada originarias de China, Turquía y Etiopía.

* Sin: *Dreschlera teres*
Estado perfecto: *Pyrenophora teres*

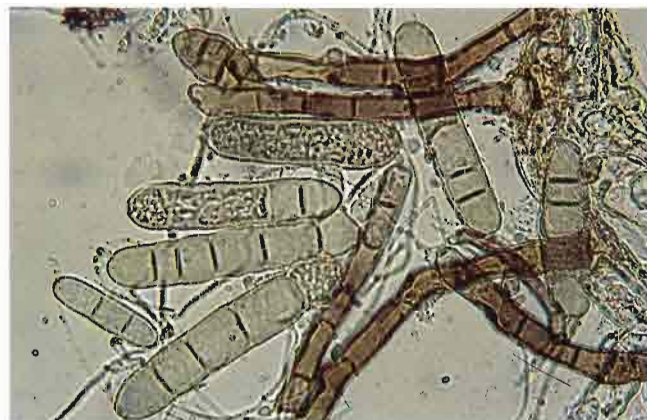


Figura 46. Conidios y conidióforos oscuros de *H. teres* (10 x 40).

Mancha estriada de la cebada

*Helminthosporium gramineum**

La mancha estriada de la cebada es una enfermedad sistémica que afecta a esta especie pero no a otros cultivos cerealícolas. La enfermedad se transmite por la semilla y el hongo se activa durante la germinación de ésta, invadiendo el coleoptilo e infectando las hojas conforme se desarrollan. Los síntomas de la mancha estriada de la cebada proporcionan características excelentes para su diagnóstico, las cuales aparecen durante la macolla. Se desarrollan estrías amarillas angostas a lo largo de toda la hoja (Figura 47), en corto tiempo éstas se tornan café rojizas y posteriormente

de color café oscuro. Los tejidos de la hoja mueren y se secan, causando que las hojas se abran a lo largo de las estrías (Figura 48). Las plantas permanecen enanas las hojas se tornan oscuras, se retuercen y se deshilachan, y por lo general las espigas no emergen. A pesar de que los síntomas de la enfermedad aparecen en las hojas y vainas durante el

* Sin: *Dechslera gramineum*
Estado perfecto: *Pyrenophora graminea*



Figura 47. Síntomas iniciales de la mancha estriada de la cebada, causado por *H. gramineum*. Nótese las estrías amarillas angostas que se desarrollan a todo lo largo de la hoja (foto: S. Fuentes).



Figura 48. Síntomas avanzados de la mancha estriada de la cebada. Nótese las estrías oscuras y el desgarramiento de las láminas foliares a lo largo de las estrías.

estado de plántula, la esporulación se presenta hasta el estado de floración del cultivo. La infección floral de las plantas sanas proviene de los conidios que están en el aire. El hongo permanece en estado de dormancia después de invadir el pericarpio del grano en formación.

Los conidióforos aparecen agrupados de tres a cinco y son de color gris a café oscuro (Figura 49). La célula basal de los conidióforos se encuentra agrandada. Los conidios

jóvenes son de color gris claro y se vuelven café oscuros con la edad. Son rectos, cilíndricos, con extremos redondeados y se adelgazan ligeramente en la punta, miden $60-90 \mu\text{m} \times 15-18 \mu\text{m}$, con tres a seis septas (Figura 50). Una característica poco usual de esta especie es el frecuente desarrollo de conidios secundarios de los ápices de los conidios primarios. El estado perfecto, *Pyrenophora graminea*, se presenta raramente en la naturaleza y no tiene importancia en el ciclo de la enfermedad, pero se incluye aquí debido a que los micólogos usan comúnmente su nombre para identificar al hongo.

El patógeno puede mantenerse bajo control por medio de tratamientos de fungicidas de la semilla y del uso de variedades resistentes. Su importancia ha disminuido recientemente en forma considerable en Europa y América del Norte, aunque todavía es común en algunas áreas de América del Sur, África y Asia.



Figura 49. Esporulación de *H. gramineum* sobre una hoja de cebada (50 x).

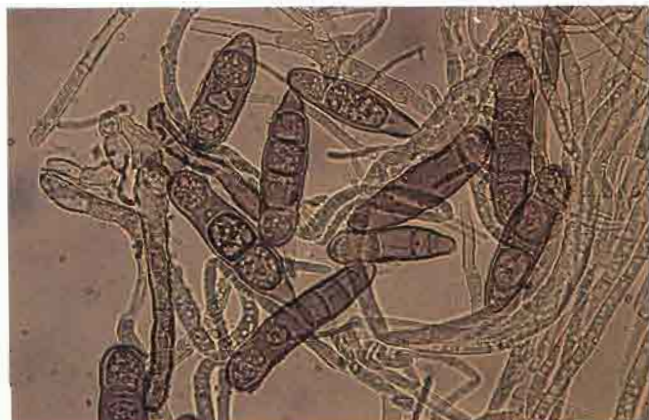


Figura 50. Conidios de *H. gramineum* (10 x 40).

Mancha ocular bandeada (Mancha ocular zonada)

*Helminthosporium giganteum**

La mancha ocular bandeada invade frecuentemente al trigo, triticale, centeno y cebada en las zonas costeras del Golfo de México, en los Estados Unidos de América y México y se extiende hacia el sur a las áreas altas de América Central. Es una enfermedad común de los pastos tropicales. Los primeros síntomas aparecen como numerosas manchas pequeñas, de forma oval a circular, café grisáceas sobre las hojas verdes. Los centros de las manchas pronto se decoloran, adquiriendo un color gris claro a color paja, con márgenes definidos de color café oscuro (Figura 51). Las manchas tienden a permanecer de tamaño pequeño, pero

*Sin: *Drechslera gigantea*

los tejidos entre las mismas toman una apariencia irregular y desteñida (Figura 52). Eventualmente, toda el área foliar se torna amarilla y la hoja muere. El hongo ataca a las plantas que se encuentran en crecimiento rápido desde la etapa de plántula a la etapa de emisión de espiga. La esporulación disminuye considerablemente después de que se desarrolla una necrosis severa y otros organismos parásitos y saprofitos invaden los tejidos de la planta.



Figura 51. Lesión característica de mancha ocular bandeada causada por *H. giganteum*, en una hoja de trigo. Nótese el margen definido café oscuro.



Figura 52. Síntomas avanzados de mancha ocular bandeada. Nótese la poco común apariencia desteñida del tejido entre las manchas.

La enfermedad se reconoce fácilmente por las "manchas oculares bandeadas" y el hongo por sus grandes estructuras de fructificación. Los conidióforos son café oscuro y bastante delgados, pero pueden alcanzar longitudes hasta de 400 μm (Figura 53). Los conidios son tubos cilíndricos casi incoloros con extremos redondeados, paredes muy delgadas, con dos a cinco septas y miden 350-400 μm de largo por 15-20 μm de ancho (Figura 54). Son sensibles a la desecación y pierden su capacidad de germinación después de permanecer secos por una o dos semanas. Con frecuencia, el hongo no esporula después de presentarse una infección bacteriana secundaria.

Aunque la enfermedad no se presenta por lo general en las zonas templadas, puede restringir la producción comercial de cereales en los subtrópicos más húmedos. Aparentemente, los pastos tropicales nativos son la fuente principal de inóculo primario. Hasta la fecha, se ha hecho muy poca investigación para identificar resistencia o tolerancia a esta enfermedad. Algunas líneas de triticale al parecer fueron más tolerantes a esta enfermedad que el trigo o la cebada, bajo condiciones de intensa epifiticia natural de *H. giganteum* en el Vivero de Alajuela, Costa Rica, en 1978.



Figura 53. Esporulación de *H. giganteum* en trigo. Nótese que grandes son estos conidióforos en comparación con los que producen otras especies de *Helminthosporium* (50 x).

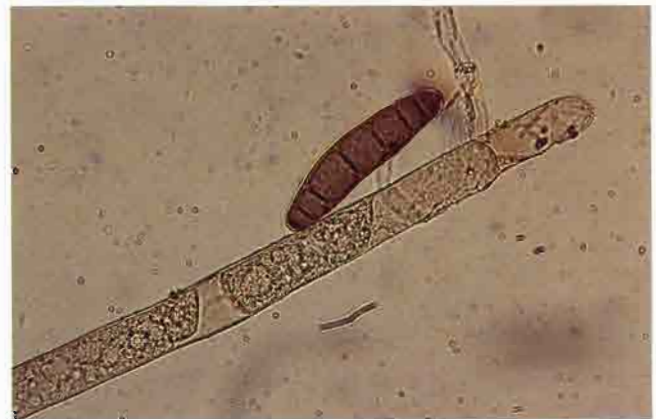
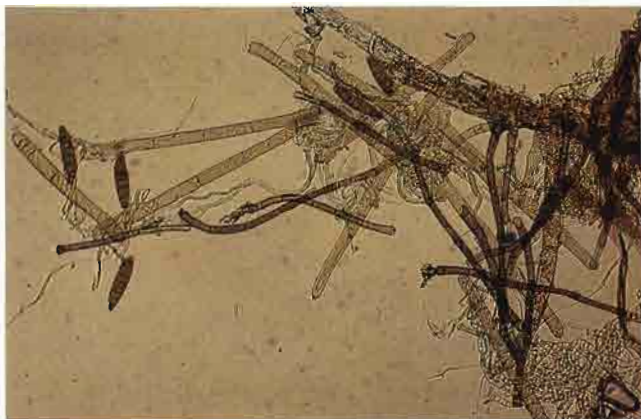


Figura 54. Conidios casi incoloros y conidióforos oscuros de *H. giganteum* (foto de la izquierda, aumento 10 x 10); una comparación de los tamaños relativos de un conidio de *H. sativum* (pequeño, de color café oscuro) y de un conidio más grande de *H. giganteum*. Sólo se observa una parte de este último en la fotografía de la derecha, la cual tiene un aumento de 10 x 40.

Mancha foliar de los cereales y pudrición de la raíz

*Helminthosporium spiciferum**

Este hongo se presenta ocasionalmente en trigo, arroz y otros cereales y se ha descrito como un serio patógeno para algunos pastos. Se considera usualmente como un patógeno débil causante de la pudrición de la raíz del trigo, pero se ha observado que también causa síntomas de manchas foliares en trigos harineros y cristalinos (en el Norte de la India y Paquistán) y en cebada (en México). Los síntomas foliares aparecen como manchas opacas de color café grisáceo que se extienden irregularmente a todo lo largo y ancho de las hojas (Figura 55).

El hongo se identifica fácilmente por su micelio ramificado superficial y sus conidios característicos. Durante el período de maduración de la planta hospedante se desarrolla una esporulación muy intensa sobre las hojas infectadas. Los conidióforos emergen del micelio y se desarrollan en la superficie de los tejidos vegetales. El micelio y los conidióforos son de color café amarillento a café oscuro (Figura 56). Los conidióforos tienen una apariencia granulosa debido a las cicatrices dejadas por los conidios previos. Los conidios son cortos, de forma oval, con extremos redon-

deados, de color paja a café, normalmente miden $25-40\ \mu\text{m}$ x $8-12\ \mu\text{m}$ y típicamente tienen tres septas (Figura 57).

Se ha informado acerca del estado perfecto de este hongo, *Cochliobolus spicifera*, pero su papel en el desarrollo de la enfermedad aún no ha sido determinado. Aunque se le ha encontrado en América del Norte, Europa, Asia y Australia, su influencia sobre la producción de cereales es despreciable.

* Sin: *Bipolaris spicifera*

Estado perfecto: *Cochliobolus spicifera*



Figura 55. Síntomas típicos de mancha foliar de los cereales en hojas de cebada, causada por *H. spiciferum*.

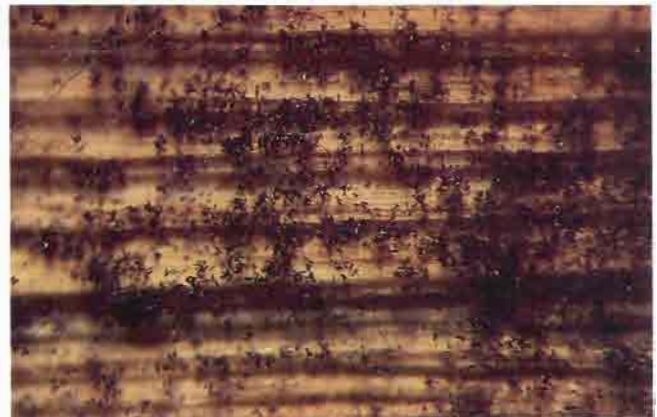


Figura 56. Esporulación de *H. spiciferum* en una hoja de cebada enferma.



Figura 57. Conidios de *H. spiciferum* (10 x 40).

Complejo de *Septoria* y enfermedades similares

Hay cuatro especies pertenecientes al género *Septoria* que son patógenos importantes de los cereales de grano pequeño. Ellas son la causa principal de varios tipos de manchas y necrosis foliares. Dependiendo de la etapa de desarrollo del hospedante y de las condiciones ambientales, cualquier parte de la planta arriba de la superficie del suelo puede ser infectada (Figura 58, pág. 36).

Las especies de *Septoria* poseen varias características que las distinguen de otros géneros de hongos patógenos que parasitan estos mismos cultivos:

- Las picnidiosporas (conidios) se desarrollan en el interior de una estructura de fructificación, cerrada, más o menos esférica llamada picnidio.
- Los picnidios se desarrollan dentro del tejido de la planta (inmersos) y cuando maduran atraviesan la epidermis. Los conidios son expelidos como una masa de esporas o cirros a través del poro u ostiolo. Estas masas de esporas son generalmente de color rosado a blanco amarillento.
- Los conidios son filamentosos o cilíndricos con varias combinaciones de largos y anchos que dependen de la especie. Tienen extremos redondeados, pueden ser rectos o curvos, son hialinos y usualmente tienen de dos a cuatro paredes transversales o septas.

El tamaño y las relaciones longitud-anchura de los conidios, la textura y el color de los picnidios o cuerpos de fructificación y las especies de cultivo que infectan son características importantes del diagnóstico para identificar las especies dentro del grupo o complejo *Septoria* sp.

Las enfermedades causadas por *Septoria* sp. se presentan en todas las regiones productoras de cereales del mundo. El hongo sobrevive durante el invierno en paja y desechos vegetales. Por lo tanto, se recomienda mantener los cultivos limpios y efectuar rotación de cultivos como medidas de control en las localidades donde se presentan infecciones severas. Las variedades que son resistentes a una de las especies del patógeno no son necesariamente resistentes a otras.

Identificación de las especies



Conidios de *S. tritici* (10 x 40)

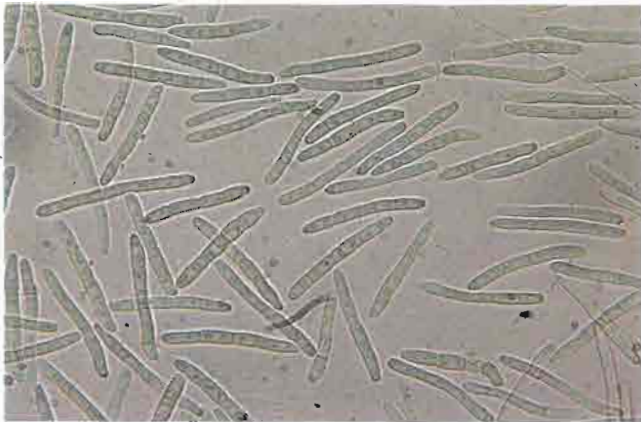
Septoria tritici (mancha foliar o tizón foliar)

Los picnidios son muy oscuros y aparecen como puntos muy pequeños en las lesiones de los tejidos vegetales. Los conidios son bastoncillos largos, angostos y curvos, con apariencia de filamentos, los cuales usualmente miden $40-80 \mu\text{m} \times 1.7-3.0 \mu\text{m}$ cuando alcanzan el estado de madurez. Esta especie parasita principalmente trigo, pero también ataca triticale y centeno; y con escasa frecuencia a algunas especies de avena.





Conidios de *S. nodorum* (10 x 40)



Conidios de *S. avenae* (10 x 40)



Conidios de *S. passerinii* (10 x 40)

Septoria nodorum (tizón de la gluma)

Los picnidios son gelatinosos y de color paja en las lesiones que están en proceso de desarrollo activo y se vuelven más oscuros y duros con la edad. Los conidios son más cortos, gruesos y rectos que los de cualquier otra especie perteneciente al género *Septoria*. Al madurar miden 15-24 μm x 2.5-4.0 μm y tienen de una a tres septas diferenciadas. Esta especie parasita trigo, triticale, centeno y cebada.

Septoria avenae (Mancha foliar de la avena trigo y triticale)

Los picnidios son suaves, ligeramente más oscuros que los de *S. nodorum*. Los cirros (masas de esporas exudadas) son de un color rosado característico. Los conidios son de una longitud intermedia, en comparación con los de *S. nodorum* y *S. tritici*, miden usualmente 20-45 μm x 2.5-4.0 μm . Las formas que parasitan trigo y triticale son clasificadas como *S. avenae* f.sp. *triticea*, las que parasitan la avena como *S. avenae* f.sp. *avenae* y las que parasitan el centeno como *S. avenae* f.sp. *secalis*.

Septoria passerinii (mancha foliar de la cebada)

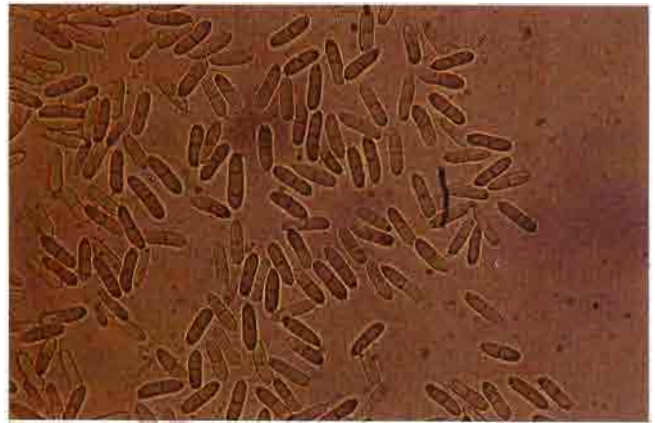
Esta especie aparentemente restringe su ataque a la cebada. Los conidios se parecen en forma a los de *S. avenae*, pero son más angostos. Cuando están maduros son curvos en su mayoría, miden 26-42 μm x 1.5-2.0 μm y tienen de dos a tres septas.

Otros hongos similares

En los cereales se presentan varias especies de hongos parecidos a los del género *Septoria*, en lo que se refiere a los síntomas de las enfermedades que causan y en sus estructuras de fructificación. Algunos son parásitos facultativos que se presentan regularmente como hongos que causan manchas foliares en áreas de cultivo de cereales ampliamente distantes. En los párrafos siguientes se describen dos especies que producen picnidios de color obscuro y que parasitan cereales cultivados. Ellos se pueden distinguir de las especies de *Septoria* por la forma y tamaño de los conidios, así como por el número de septas.

Ascochyta graminicola (mancha foliar producida por ascochyta)

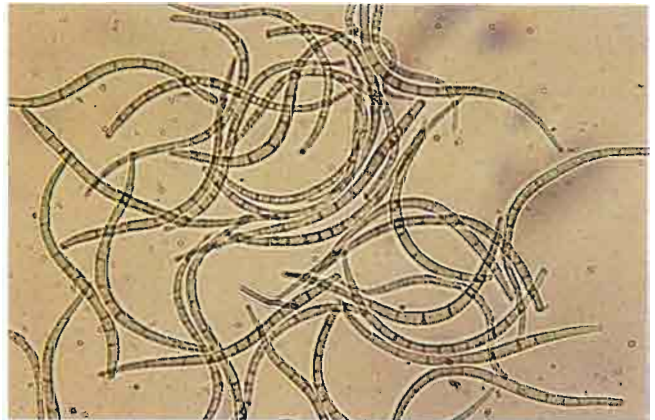
En las hojas y en las vainas se encuentran picnidios esféricos, inmersos, de color café grisáceo. Los conidios son hialinos, cortos, de cilíndricos a ovales, con extremos redondeados, tienen una sola septa y miden $14-22\ \mu\text{m} \times 4-5\ \mu\text{m}$.



Conidios de *Ascochyta graminicola* (10 x 40)

Phaeoseptoria vermiformis (mancha foliar causada por phaeoseptoria)

Los picnidios son muy oscuros, grandes, bastante duros y con cuellos cortos. Los conidios son de color gris claro, angostos, largos y ahusados. Miden $70-120\ \mu\text{m} \times 3-4.5\ \mu\text{m}$, tienen numerosas septas y apariencia de nemátodos.



Conidios de *Phaeoseptoria vermiformis* (10 x 40)

Mancha foliar (Tizón foliar)

Septoria tritici *

La mancha foliar causa graves pérdidas en muchas regiones productoras de trigo del mundo. La enfermedad es causada por el hongo *S. tritici*, el cual infecta principalmente al trigo, aunque bajo condiciones favorables también ataca triticale y centeno. Ocasionalmente se le encuentra en cebada y en ciertas especies de avena.

Los síntomas se inician como manchas foliares pequeñas, irregulares, de color café rojizo, las que llegan a estar restringidas por las nervaduras de la hoja y tienden a desarrollarse longitudinalmente (Figura 59). Conforme se desarrolla la enfermedad, los centros de las manchas adquieren un color ceniza. Estas lesiones se extienden y coalescen, expandiéndose eventualmente a toda la hoja y con frecuencia resultan en una necrosis completa. Al agrandarse pierden sus bordes oscuros y tienden a tornarse de color grisáceo más claro. Es entonces cuando aparecen los pequeño puntos oscuros (picnidios), de ahí el nombre de mancha foliar "punteado" (Figura 60).

* Estado perfecto: *Mycosphaerella graminicola*



Figura 59. Síntomas típicos de mancha foliar en trigo cristalino, causada por *S. tritici*.



Figura 60. Síntomas avanzados de mancha foliar en trigo harinero. Nótese la coloración de las lesiones, diferente de la que se presenta en trigo cristalino (Figura 59).

Generalmente, esta enfermedad aparece primero en las hojas inferiores. La tasa de dispersión hacia las hojas superiores depende de las condiciones ambientales y de la reacción de la variedad a la enfermedad. La enfermedad se vuelve menos agresiva conforme el cultivo empieza a madurar. Mientras las estructuras de fructificación (picnidios) se están desarrollando, se encuentran embebidas en el tejido foliar (Figura 61). Al madurar emergen a través de la epidermis y exudan masas de esporas (cirros) (Figura 62) de color blanco a blanco grisáceo. Los conidios son bastoncillos hialinos filamentosos (filiformes), usualmente curvos y tienen extremos redondeados con tres a siete septas poco notorias. Los conidios tienen un tamaño de $40\text{-}80\ \mu\text{m} \times 1.7\text{-}3.0\ \mu\text{m}$ (Figura 63). Algunas veces, se producen también esporas pequeñas (microsporas). La mancha foliar se presenta en todas las áreas productoras de trigo de todos los

continentes. Las pérdidas del cultivo en algunas regiones, como las del Norte de Africa y el Sur de Brasil pueden ser devastadoras. El proceso de creación de variedades resistentes a *S. tritici* se está llevando a cabo en México, Brasil, EUA, Africa Oriental y del Norte, en algunos países del Medio Oriente y en la región del Mediterráneo de Europa.



Figura 62. Bajo condiciones de humedad, los picnidios de *S. tritici* exudan cirros de color blanco a blanco grisáceo (conteniendo conidios).



Figura 61. Picnidios oscuros de *S. tritici* que dan apariencia punteada a las lesiones.



Figura 63. Conidios de *S. tritici* (10 x 40).

Tizón de la gluma

*Septoria nodorum**

El tizón de la gluma puede ser una enfermedad seria en trigo, triticale, centeno y cebada. Las manchas causadas por *Septoria nodorum* no se presentan sólo en las glumas, sino que también ocurren con la misma frecuencia en las hojas, las vainas foliares y los nudos. Los primeros síntomas que se presentan en las hojas consisten en manchas que van de color amarillento a café bronceado, de forma oval o lenticular y con bordes algo más oscuros (Figura 64). Las lesiones jóvenes se encuentran menos restringidas por las

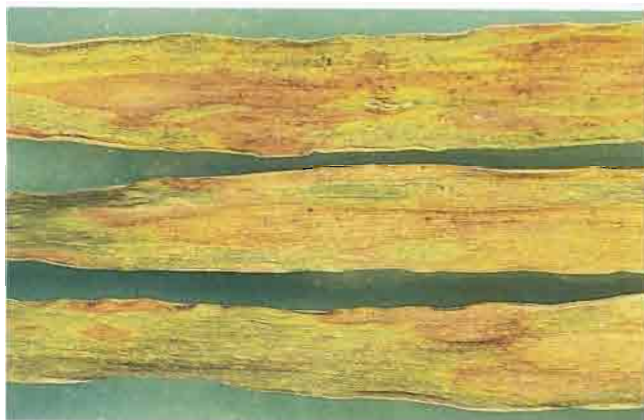


Figura 64. Síntomas típicos del tizón de la gluma en hojas de trigo, causado por *S. nodorum*.



Figura 65. Síntomas de tizón de la gluma en una gluma de trigo harinero. Nótese la decoloración café grisácea que avanza del ápice a la base y los picnidios café inmersos en el tejido.

nervaduras que las que produce *S. tritici*. Las manchas se agrandan y coalescen; y conforme muere el tejido las áreas necróticas adquieren un color gris claro. Los picnidios de color café claro se distribuyen al azar en colonias dispersas y son menos conspicuos que los de *S. tritici*.

El patógeno se hace más agresivo conforme el cultivo se aproxima a la madurez, etapa en la cual las glumas y los nudos son principalmente afectados. La etapa del tizón de la gluma empieza por lo general en el ápice de las glumas y lemas como decoloraciones grises en toda la superficie, con un borde inferior de color café. La enfermedad se desarrolla hacia la parte inferior y el borde café es reemplazado por una decoloración grisácea (Figura 65). Los picnidios se desarrollan usualmente como gránulos gris oscuro, antes de que el tizón cubra el tercio superior de la gluma.

En la etapa del tizón de la gluma la enfermedad puede ser fácilmente diferenciada de la pajilla negra, enfermedad bacteriana causada por *Xanthomonas translucens* (página 102). La pajilla negra comienza su desarrollo en estrías angostas, café oscuro a negro, húmedas en la base y la punta de las glumas (Figura 66). Cuando se colocan muestras con pajilla negra sobre papel filtro humedecido, se desarrollan al comienzo dos a tres estrías cortas y a ambos lados de las lemas y glumas infectadas se producen glóbulos pesados de exudado bacteriano de color café amarillento. Por otra parte, cuando se someten muestras con lesiones de *S. nodorum* de 24 a 48 horas sobre papel filtro húmedo las lesiones permanecen secas y las áreas afectadas se tornan de color gris. A partir de los picnidios se liberan masas de esporas de color blanco a rosado.

* Estado perfecto: *Leptosphaeria nodorum*



Figura 66. Compare los síntomas típicos de pajilla negra (mostrados aquí) causados por la bacteria *Xanthomonas translucens*, con los del tizón de la gluma. Nótese las estrías angostas, de color café a negro y con apariencia mojada que comienzan en la base de la arista.

Los picnidios que se desarrollan sobre las hojas y las vainas son de color café miel al principio y después se tornan de color gris oscuro, haciéndose más difíciles de distinguir de los de *S. tritici*. Es necesario efectuar exámenes microscópicos dentro de las siguientes 48 horas, después que el material infectado se coloca sobre papel filtro húmedo, ya que es durante esa etapa cuando las masas (cirros) de esporas de color rosado están siendo exudadas más activamente y el desarrollo de saprofitos es más limitado (Figura 67). Los conidios son hialinos, rectos o ligeramente curvos, con extremos redondeados y usualmente tienen tres septas marcadas. Al madurar tienen una longitud de 15-24 μm y un ancho de 2.5-4.0 μm (Figura 68). El estado perfecto, *Leptosphaeria nodorum*, se desarrolla en lesiones más viejas, particularmente en glumas infectadas. Estas estructuras de fructificación son negras desde su aparición y los cuellos de los peritecios sobresalen a través de la epidermis (Figura 69).

Las ascosporas son ligeramente curvas, de color gris claro y tienen cuatro células. Las dos células terminales se adelgazan y terminan en extremos redondeados (Figura 70). Estas ascosporas no se pueden diferenciar de las de *L. avenaria*, estado perfecto de *S. avenae*. La frecuencia con la cual se presentan las ascosporas en la naturaleza y su capacidad para causar infecciones, sugieren que éstas tienen alguna importancia en el inicio de la enfermedad.

Esta enfermedad se encuentra en todo el mundo y su distribución es tan amplia como la de *S. tritici*. Su prevalencia es menos errática y probablemente las pérdidas que causa sean mayores que las causadas por *S. tritici*. Las variedades resistentes a uno de estos patógenos no son necesariamente resistentes al otro. Generalmente, los triticales restringen el desarrollo de las estructuras de fructificación de *S. tritici*, pero son más susceptibles a *S. nodorum*, parásito que se presenta con mucha frecuencia en los nudos.



Figura 67. Cirros de color rosado de *S. nodorum* que son exudados de picnidios que son menos conspicuos que los de *S. tritici*.



Figura 69. Peritecios de *Leptosphaeria nodorum* (estado perfecto de *S. nodorum*) desarrollándose en una lesión vieja de tizón de la gluma.



Figura 68. Conidios de *S. nodorum* (10 x 40).



Figura 70. Ascosporas de *L. nodorum* (10 x 40).

Mancha foliar causada por septoria en avena, trigo y triticale

*Septoria avenae**

Por lo menos tres formas de este patógeno parasitan los cultivos de cereales. Las variantes que son patogénicas para el trigo, triticale y cebada se clasifican como *S. avenae* f. sp. *triticea*, del centeno como *S. avenae* f. sp. *secalis*, y de la avena como *S. avenae* f. sp. *avenae*. El patógeno produce formas picnidiales y periteciales similares en todos estos cultivos. La enfermedad causada por este patógeno en avena se llama comúnmente tallo negro (Figura 71). Es una de las enfermedades más destructivas de la avena en América del Norte y en cualquier otra parte.

Las lesiones aparecen primero en las hojas como manchitas de color café chocolate, adquiriendo forma lenticular conforme se expanden y coalescen (Figura 72).

Las lesiones con el tiempo se tornan de color café grisáceo claro, haciéndose más difíciles de distinguir de aquellas causadas por otras especies de *Septoria* (Figura 73). Esta especie continúa desarrollando cuerpos fructíferos durante la etapa de maduración, aún bastante tiempo después de cesar el crecimiento activo de la planta. Se le encuentra también en tejidos que han sido infectadas por otros patógenos.

* Estado perfecto: *Leptosphaeria avenaria*



Figura 71. Tallo negro de la avena, causado por *S. avenae* f. sp. *avenae*.



Figura 72. Síntomas tempranos de mancha foliar de septoria en hojas de avena, causados por *S. avenae* f. sp. *avenae*



Figura 73. Síntomas avanzados de la mancha foliar causado por septoria en avena. En esta etapa, se hace más difícil distinguirlos de los causados por otras especies de *Septoria*.

Los picnidios liberan profusamente masas de esporas de color rosado (más aún que en *S. tritici*, ver Figura 74). Los conidios son hialinos, rectos o ligeramente curvos, cilíndricos con extremos redondeados y generalmente miden 20-45 μm x 2.5-4.0 μm (Figura 75). Tienen una longitud intermedia entre los de *S. tritici* y de *S. nodorum*.

El estado perfecto, *Leptosphaeria avenaria* se desarrolla rápidamente en paja o rastrojo que haya estado a la intemperie por algún tiempo. Las ascosporas que se desarrollan en rastrojos y residuos que hayan sido dejados en el campo durante el invierno proporcionan el inóculo inicial para el desarrollo de la enfermedad en cultivos de avena en las áreas septentrionales de América del Norte (Figura 76). Las ascosporas son similares en tamaño, forma y color a las producidas por *L. nodorum*, el estado perfecto de *S. nodorum*.

Se ha observado que este patógeno ataca trigo, en Europa, Asia, Norte de Africa, América del Sur, las planicies centrales de América del Norte y México. A pesar de que se presenta en las mismas áreas en que generalmente se desarrolla *S. nodorum*, las pérdidas causadas por *Septoria* f. sp. *avenae* en cultivos diferentes a la avena son relativamente de menor importancia.

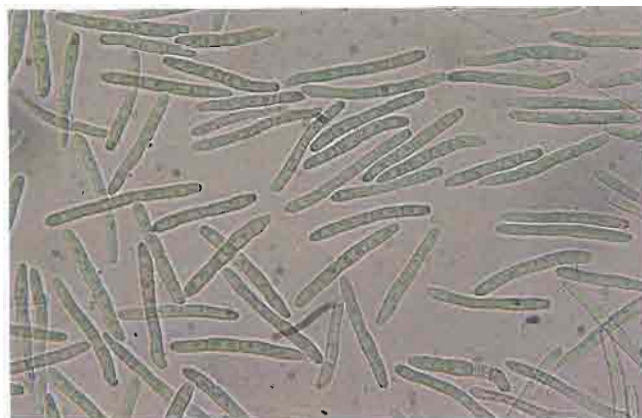


Figura 75. Conidios de *S. avenae* (10 x 40).

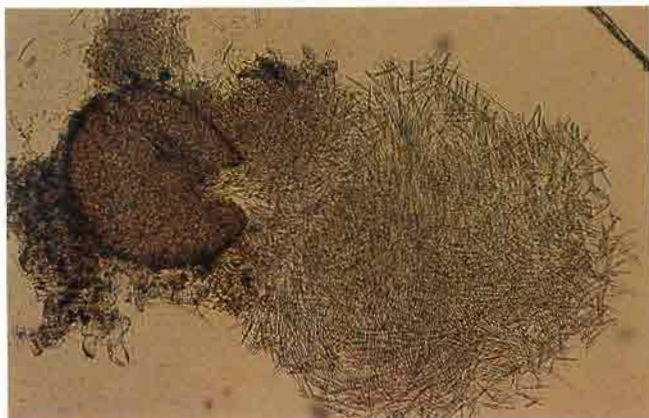


Figura 74. Un picnidio aislado liberando conidios de *S. avenae* (10 x 10).



Figura 76. Ascas y ascosporas de *Leptosphaeria avenaria*, el estado perfecto de *S. avenae* (10 x 40).

Mancha foliar de la cebada causado por *Septoria*

Septoria passerinii

La mancha foliar de la cebada causada por *S. passerinii* parece restringir sus ataques a las cebadas cultivadas y algunos de sus parientes silvestres. La enfermedad es común en el área septentrional de América del Norte, Europa y Asia, pero es la menos perjudicial de las especies del género *Septoria*.

Los síntomas de manchas en las hojas son similares a los producidos por *Septoria avenae*, incluyendo los puntitos oscuros (picnidios inmensos, ver Figura 77). Las especies del género *Septoria* que son patógenas para la cebada producen picnidios oscuros en las lesiones; por lo tanto, es necesario hacer un examen microscópico con objeto de identificarlas.

En las lesiones alargadas de las hojas, vainas foliares y tallos, se desarrollan picnidios color café obscuro (Figura 78). Los conidios son hialinos y pueden ser rectos o curvos, con un extremo que se adelgaza ligeramente más que el otro. Miden $26-42 \mu\text{m} \times 1,5-2,0 \mu\text{m}$ y usualmente tienen tres septas (Figura 79). Este hongo ha sido observado en lesiones en la hoja y tallo de la cebada madura cultivada en la Meseta Central de México. Estos conidios son algunas veces curvos y pueden exceder a $2,0 \mu\text{m}$ de ancho (Figura 80).

El hongo persiste en desechos vegetales, particularmente en las hojas muertas de *Hordeum jubatum* u otras cebadas silvestres comunes en áreas en donde se presenta esta enfermedad. Se ha prestado poca atención al desarrollo de variedades resistentes y a otras medidas de control.

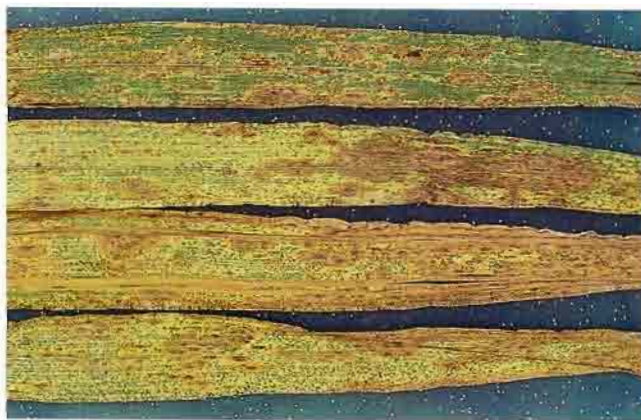


Figura 77. Síntomas típicos de mancha foliar de la cebada, causados por *S. passerinii*.



Figura 79. Conidios característicos de *S. passerinii* (10 x 40).



Figura 78. Un acercamiento de picnidios de *S. passerinii* en cebada enferma.



Figura 80. Conidios de *S. passerinii* ligeramente diferentes, tomados de cebada enferma en la Meseta Central de México (10 x 40).

Mancha foliar causada por *Ascochyta*

Ascochyta graminicola

La mancha foliar causada por *Ascochyta* es una enfermedad menor, pero que se encuentra ampliamente distribuida. Esta enfermedad usualmente produce manchas en las hojas inferiores del trigo, avena, triticale, cebada y numerosos pastos. Las lesiones se presentan en las hojas y las vainas de las mismas, frecuentemente en asociación con otros hongos que manchan las hojas. Estas lesiones se desarrollan como manchas cloróticas de forma oval o circular, que van coalesciendo gradualmente hasta formar manchas difusas de color café claro a café grisáceo (Figura 81). Con frecuencia, esta enfermedad se confunde con manchas foliares causadas por distintas especies del género *Septoria*.

Las estructuras de fructificación se presentan como colonias de picnidios inmersos en el tejido dentro de la lesión. Los conidios son bicelulares, hialinos, cortos, más o menos rectos, de cilíndricos a ligeramente ovales, con extremos redondeados; típicamente miden $14\text{-}22\ \mu\text{m} \times 4\text{-}5\ \mu\text{m}$. Se ha observado una amplia gama de tamaños de los conidios. Por ejemplo, variantes con conidios pequeños ($10\ \mu\text{m} \times 2.5\ \mu\text{m}$) que se desarrollan en avena en Kenia (Figura 82), mientras que también se han observado variantes con esporas grandes ($25\ \mu\text{m} \times 7\ \mu\text{m}$) que se desarrollan en triticale en la Meseta Central de México (Figura 83).

La mancha foliar causada por *Ascochyta* aparece más comúnmente en áreas con climas suaves y templados. El hongo persiste en hojas muertas de pastos nativos. La presencia de humedad abundante al principio de la primavera favorece la esporulación y el desarrollo de la enfermedad. Probablemente, los cereales cultivados se infectan por esporas liberadas de residuos vegetales o por inóculo secundario proveniente de pastos enfermos.

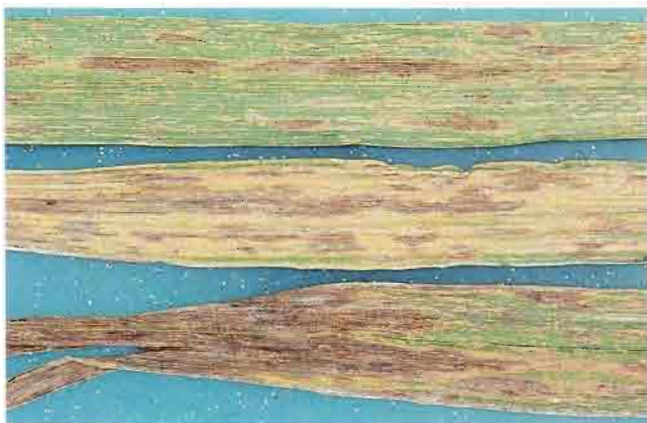


Figura 81. Síntomas de mancha foliar de ascochyta en hojas de trigo enfermas, causado por *Ascochyta graminicola*.



Figura 82. Variantes de *Ascochyta graminicola* con conidios pequeños (mostrados aquí) se encuentran en avena en Kenia (10 x 40).



Figura 83. Esta microfotografía muestra conidios de *Septoria nodorum* y no de *Ascochyta graminicola*. La microfotografía correcta, que muestra conidios grandes de una variante de *Ascochyta graminicola*, se encuentra en la página 38.

Quemadura foliar o tizón foliar causada por *Phaeoseptoria*

Phaeoseptoria vermiformis

La quemadura foliar causada por este hongo se presenta en zonas altas subtropicales en trigo, triticale y avena. Aunque la enfermedad causada por *P. vermiformis* se ha observado frecuentemente en la Meseta Central de México y en África Oriental, su importancia como enfermedad de los cultivos de cereales es mínima. El hongo fue descrito por Punithalingam y Waller en el Commonwealth Mycological Institute, Kew, Inglaterra, en 1980.

Las lesiones foliares causadas por *P. vermiformis* son muy similares a las causadas por *Septoria nodorum* y con frecuencia se presentan juntas. Las manchas son de color café claro a medio, con áreas difusas amarillo pálido a paja que se extienden a lo largo de ellas. Las lesiones se presentan con frecuencia en los bordes de las hojas (Figura 84). Los picnicios son de color café oscuro a negro, están inmersos en el tejido foliar y tienen picos cortos que rompen la epidermis (Figura 85). Al colocarlos durante 24 a 48 horas en cámara húmeda exudan masas de conidios de color gris claro, largos, angostos, conspicuamente septados, curvos y ahusados. Típicamente, miden $70-120 \mu\text{m} \times 3.0-4.5 \mu\text{m}$ y tienen de 8 a 14 septas (Figura 86). Parecen nematodos con septas oscuras. El ciclo de vida de este hongo no ha sido estudiado. Es probable que el hongo persista en pastos nativos en su habitat natural.



Figura 84. Síntomas de mancha foliar de *phaeoseptoria* en hojas de triticale, causados por *Phaeoseptoria vermiformis*.



Figura 85. Picnicios negros, relativamente grandes de *P. vermiformis*. Nótense los cuellos de los picnicios maduros emergiendo a través de la epidermis.

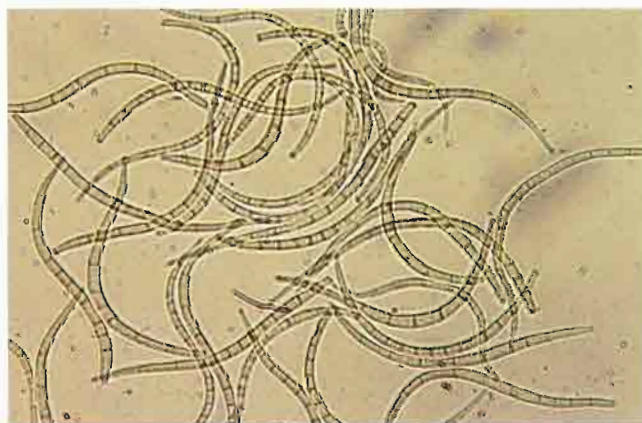


Figura 86. Conidios de *P. vermiformis* (10 x 40).



Carbones

Bajo el nombre general de carbones se incluyen cuatro géneros de la clase Basidiomycetes. Son patógenos de cereales de grano pequeño y muchos pastos. Producen masas de esporas negras (teliosporas*) que reemplazan parcial o totalmente las espigas, espiguillas o granos (Figura 87). Todos ellos tienden a ser patógenos que se transmiten por medio de la semilla y/o del suelo. Los carbones causados por especies del género *Ustilago* se inician generalmente vía infección floral. Se desarrollan sistémicamente en la planta hospedante durante la generación que sigue a la infección y se producen masas de esporas de carbón en lugar de grano. En contraste, los carbones producidos por especies del género *Tilletia* inician la infección en la etapa de crecimiento de plántula del hospedante, se desarrollan sistémicamente y producen masas de carbón en lugar de grano durante la misma generación en que se presenta la infección. El carbón karnal, causado por *Neovossia indica*, se inicia exclusivamente vía infección floral, no se desarrolla sistémicamente y produce esporas en los granos infectados. El carbón de bandera, causado por especies de *Urocystis*, produce masas de esporas negras en las hojas y los tallos de las plantas enfermas; y la infección se inicia en la etapa de crecimiento de plántula del hospedante.

Figura 87. En la página opuesta, una espiga de cebada que muestra masas de esporas negras, típicas de carbón volador causado por *Ustilago nuda* (foto: S. Fuentes).

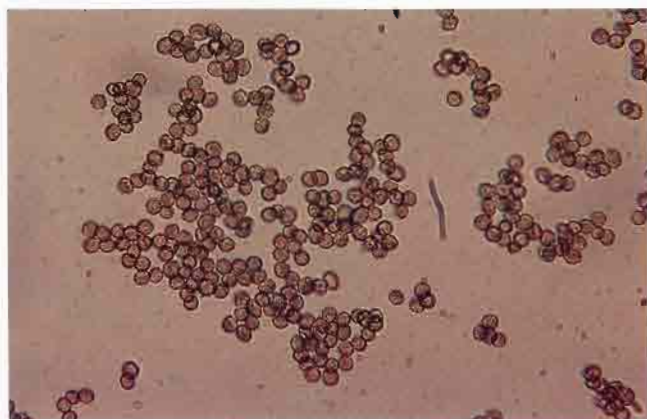
Entre las características comunes de los carbones se incluyen las siguientes:

- Son causados por parásitos obligados
- Producen masas oscuras de esporas que usualmente aparecen en la etapa de crecimiento de la espiga de la planta hospedante.
- La mayor parte de los géneros han desarrollado razas fisiológicas.

Los carbones son enfermedades perjudiciales de los cultivos de cereales del Hemisferio Oriental. Abundan especialmente en el Cercano y Medio Oriente, así como en el Subcontinente Indopaquistano. Existen numerosas especies silvestres relacionadas con los cereales cultivados que son nativas del área y que sirven como hospedantes de los patógenos que causan los carbones. Entre las medidas efectivas para el control de estas enfermedades se encuentran el uso de semillas libres de estos patógenos, el tratamiento de la semilla con fungicidas, la rotación de cultivos y el uso de variedades resistentes (cuando se encuentran disponibles).

* Las teliosporas son esporas latentes de paredes gruesas, producidas por los hongos que causan los carbones y royas. En esta sección se usan indistintamente las palabras "espora" y "teliospora".

Identificación de los géneros



Teliosporas típicas de *Ustilago* spp. (10 x 40)

Ustilago spp. (carbones cubiertos y desnudos)

Las florecillas son reemplazadas completamente por masas negras de esporas libres encerradas en una membrana delgada. Las teliosporas son muy pequeñas y miden 5-10 μm de diámetro.

Tilletia spp. (carbones apestosos y causantes de enanismo)

Los granos son reemplazados por masas negras de esporas envueltas en una membrana dura de color gris oscuro. Estas despiden un olor fuerte a pescado cuando se aplastan. Las teliosporas son de tamaño intermedio con diámetros de 15-22 μm .

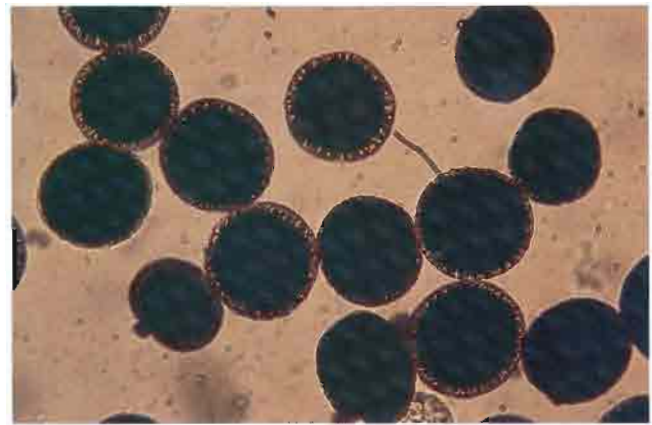


Teliosporas típicas de *Tilletia* spp. (10 x 40)

*Neovossia indica** (carbón karnal, carbón parcial)

Los granos son reemplazados parcial o totalmente por masas de esporas negras. La infección floral se presenta a partir de esporidias producidas por teliosporas que germinan cerca de la superficie del suelo. Las teliosporas son grandes, miden 25-30 μm de diámetro y tienen también olor a pescado.

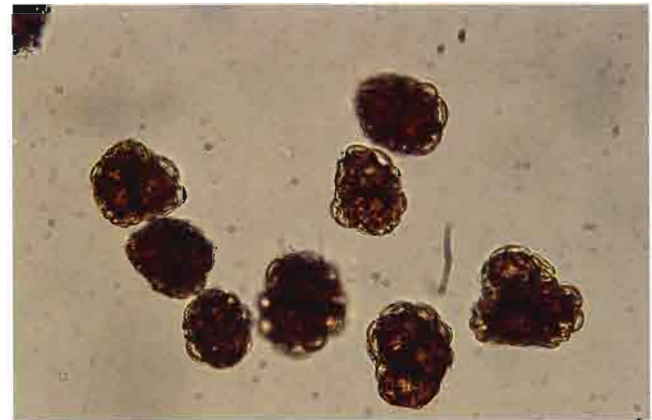
* Sin: *Tilletia indica*



Teliosporas de *Tilletia indica* (10 x 40)

Urocystis spp. (carbón de bandera)

En las hojas y en las vainas foliares se desarrollan masas de esporas negras. Estas se liberan en grupos de dos a cuatro teliosporas viables que se encuentran rodeadas por una capa de células estériles. Las teliosporas viables miden 10-20 μm de diámetro.



Teliosporas típicas de *Urocystis* spp. (10 x 40)

Carbones voladores y cubiertos

Ustilago spp.

Los carbones voladores se encuentran entre las enfermedades más fáciles de reconocer entre las que infectan a los cultivos cerealícolas. Las espiguillas de las plantas infectadas se transforman en masas de esporas de color café oliváceo a negro. La enfermedad se hace obvia solamente después de la emisión de las espigas. Las masas de esporas se mantienen encerradas en membranas delicadas de color blanco grisáceo que se rompen antes o durante la cosecha, liberando masas de esporas pulverulentas. La enfermedad se disemina ya sea por infección floral (*U. nuda*) o por la infección de los embriones a partir de esporas acarreadas en la semilla o por estar presente en el suelo (*U. nigra*, *U. Hordei*). El micelio del hongo invade el punto de crecimiento del embrión y crece en forma sistémica junto con la planta hasta que las estructuras florales son reemplazadas por masas de esporas en la etapa de emisión de la espiga.

Con base en las características morfológicas de los hongos, síntomas de las enfermedades y ciclo de vida, se reconocen tres especies estrechamente relacionadas entre sí:

- Carbón volador de la cebada y del trigo (*U. nuda*)
- Carbón negro volador de la cebada y de la avena (*U. nigra*)
- Carbón cubierto de la cebada y de la avena (*U. hordei*)

Dentro de cada una de estas especies se han establecido especializaciones fisiológicas con base en la reacción de los diferentes cultivos y variedades. Se ha reportado de la hibridación entre algunas formas de los tres grupos, lo que sugiere que las formas podrían ser contempladas más correctamente como variantes biológicas que como especies diferentes.

La cebada, avena, trigo y muchos pastos son atacados por diferentes especies del género *Ustilago*, mientras que el triticale y el centeno raramente sufren estas infecciones. La incidencia de carbones tanto cubiertos como voladores ha disminuido considerablemente tanto en América del Norte como en Europa. Esta disminución es el resultado del uso de fungicidas más efectivos y de variedades resistentes.

Carbón volador de la cebada y del trigo



Ustilago nuda (*U. tritici*)

La enfermedad causada por esta especie se presenta vía infección floral y sólo son susceptibles el trigo y la cebada. Una forma de *U. nuda* afecta cebada pero no trigo (Figura 88); la otra forma previamente identificada como *U. tritici* ataca trigo pero no cebada; no obstante, ambas formas son idénticas. Las espigas de las plantas infectadas tienden a emerger un poco antes que las plantas normales. Las membranas que envuelven las masas de esporas son muy delicadas y se rompen rápidamente después de la emergencia de la espiga (Figura 89). Las esporas de color café oliváceo son dispersadas por corrientes de aire. La infección floral se inicia cuando las teliosporas se ponen en contacto

Figura 88. Una espiga de cebada con carbón volador, causado por *U. nuda*. La espiga ha emergido recientemente y aún retiene la delicada membrana gris plateada que cubre inicialmente las esporas (foto: S. Fuentes).

con las flores. Entonces, las teliosporas germinan y producen micelios infecciosos que invaden los ovarios y eventualmente los embriones de semillas en proceso de desarrollo. El hongo permanece en estado de dormancia hasta que la semilla germina. El micelio crece sistémicamente con la plántula y a medida que la planta se aproxima a espigar penetra en los tejidos de la espiga y los convierte en masas de teliosporas.

Las teliosporas son esféricas, finamente equinuladas (poseen espinas cortas sobre sus superficies), son de color más claro en un lado y tienen un diámetro de 5-10 μm (Figura 90). Las teliosporas al germinar, generan un promicelio de cuatro células, pero no producen esporidias (Figura 91).

En cebada, el carbón volador causado por *U. nuda* es difícil de distinguir del carbón negro volador causado por *U. nigra*. Generalmente, hay un mayor desarrollo de las aristas en las plantas atacadas por *U. nigra*. Sin embargo, la variación propia del desarrollo de la arista entre las variedades de cebada y trigo limita el éxito de esta característica para el diagnóstico. Las diferencias en tamaño de las esporas y el grado de equinulación son insuficientes para distinguir las especies con certeza. Las diferencias de color de las esporas, café oliváceo en *U. nuda* y color chocolate oscuro en

U. nigra, podrían ser útiles en caso de contar con muestras comparativas. Una manera más digna de confianza para distinguir las dos especies es observar la germinación de las teliosporas en agar-agua. El promicelio de *U. nigra*, cuando germina produce esporidias, mientras que el de *U. nuda* no los produce.

U. nuda sobrevive entre los ciclos de cultivo como micelio en estado de dormancia en el embrión y el endospermo de la semilla infectada. No son efectivos en este caso los tratamientos de la semilla con fungicidas que controlan hongos que van exteriormente. Los tratamientos con agua caliente que se usaban para desinfectar la semilla, han sido reemplazados por fungicidas sistémicos tales como *Carboxin*. La incidencia de esta enfermedad se ha visto reducida por el uso de variedades resistentes y buenas prácticas culturales.



Figura 89. Restos de una espiga atacada por *U. nuda*. La membrana se ha roto y la mayor parte de las esporas se han dispersado (véase Figuras 87 y 88).

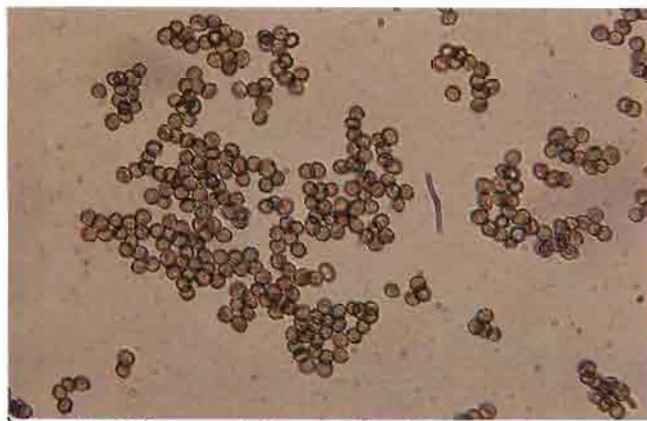


Figura 90. Teliosporas de *U. nuda* (10 x 40).

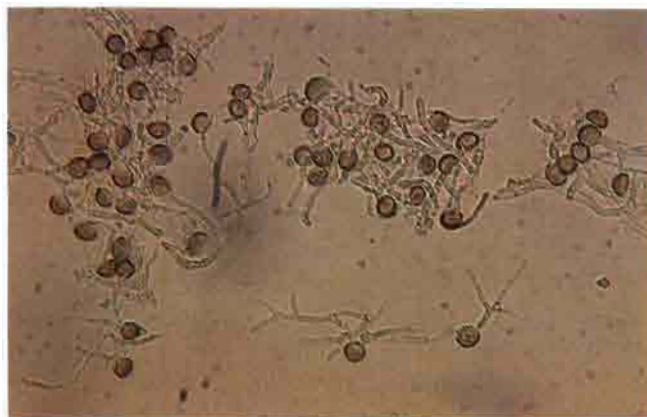


Figura 91. Teliosporas de *U. nuda* germinando en agar-agua. Nótese el desarrollo de promicelios ramificados y que no se producen esporidias (10 x 40).

Carbón volador de la cebada y de la avena

Ustilago nigra (*U. avenae*)

La cebada y la avena son susceptibles a biotipos de esta especie. Una forma ataca solamente a la cebada y la otra ataca sólo a la avena (Figura 92). Los síntomas de la enfermedad son bastante parecidos a los del carbón volador. Las aristas y las glumas tienden a desarrollarse algo extendidas particularmente en la cebada (Figura 93), pero esta característica varía de acuerdo con la variedad y el ambiente. Las masas de esporas son de color café chocolate oscuro a negro. Las membranas que envuelven las masas de esporas son un poco más resistentes que las que produce *U.*

nuda y la dispersión de las esporas se retarda dependiendo de la durabilidad de las membranas. Las teliosporas se alojan en las brácteas florales o sobre los pericarpios y semilla de las plantas vecinas, donde permanecen en estado de dormancia hasta que se siembra. La infección de las plántulas ocurre por medio de la penetración directa del coleoptilo por las esporidias de las teliosporas que germinan en la semilla o en el suelo cerca de los embriones en germinación.

Las teliosporas son de color café oscuro a negro, más o menos esféricas, tienen un diámetro de 6-7.5 μm y un grado variable de equinulación. Prácticamente es imposible diferenciarlas de las teliosporas de *U. nuda* (Figura 90). Al germinar, producen un promicelio y esporidias oblongas. Las esporidias secundarias son producidas por yemación semejantes a la de las levaduras. El desarrollo de estas es una característica útil para el diagnóstico.

La infección de las plántulas puede ser prevenida por medio de tratamientos de fungicidas a la semilla. El uso de variedades resistentes a razas locales y el tratamiento de la semilla generalmente mantienen a esta enfermedad bajo control.



Figura 92. Espigas de avena con dos clases de carbón: carbón volador negro (a la izquierda), causado por *U. nigra* y carbón cubierto a la derecha causado por *U. hordei*.



Figura 93. Una espiga de cebada con carbón volador negro, causado por *U. nigra*. Nótese el desarrollo de las aristas.

Carbón cubierto de la cebada y de la avena

Ustilago hordei (*U. kolleri*)

A causa del ataque del carbón cubierto se presentan serias pérdidas en los cultivos de cebada y avena. Las especies que causan esta enfermedad tienen características morfológicas idénticas, pero difieren en su habilidad para parasitar cebada o avena. Una forma infecta cebada, pero no avena (Figura 94) y la otra infecta avena, pero no cebada (Figuras 92 y 95). Los carbones cubiertos difieren de los carbones voladores en el grado de desarrollo de las brácteas florales y aristas, y el grado de persistencia de las membranas que cubren las masas de esporas. Estas últimas tienden a quedar relativamente intactas hasta que el cultivo se aproxima a su madurez, entonces son dispersadas durante la trilla contaminando el grano sano.

Las masas de esporas son de color café oscuro a negro, pero observadas al microscopio un lado de éstas aparece de color más claro. Son de forma subesférica a angular, con paredes lisas y tienen un diámetro de 5-9 μm . Al germinar desarrollan un promicelio y cuatro esporidias primarias, de las cuales se producen abundantes esporidias secundarias (Figura 96).



Figura 94. Una espiga de cebada con carbón cubierto causado por *U. hordei*.



Figura 95. Panículas de avena con carbón cubierto, causado por *U. hordei*.



Figura 96. Teliosporas de *U. hordei* germinando en agar-agua. Nótese los promicelios cortos y las abundantes esporidias (10 x 40).

Carbones apestosos (Carbones hediondos y carbones causantes de enanismo)

Tilletia spp.

Los carbones apestosos son patógenos que atacan seriamente al trigo y también pueden infectar a la cebada y algunas especies de pastos. Este carbón se presenta ocasionalmente en otros cereales de grano pequeño. El ciclo vital de los carbones apestosos es similar al de los carbones cubiertos. Las plantas enfermas tienen generalmente una altura reducida y con frecuencia presentan un amacollamiento excesivo (Figura 97). El grado de enanismo varía de acuerdo con la raza del hongo y con la variedad del cultivo. La enfermedad se hace más evidente después de la emisión de la espiga. Las espigas infectadas son de color verde azulado y las glumas tienden a separarse ligeramente para acomodar las masas de carbón que han reemplazado los granos normales (Figura 98). A medida que madura el cultivo, las espigas enfermas pueden distinguirse por su color más oscuro, por las glumas expandidas con las puntas de las masas de carbón sobresaliendo, por la variación de la altura y las anomalías de forma y tamaño de las espigas. En los trigos compactos las espigas enfermas son más laxas y largas que las sanas.

Las masas de carbón son de color café grisáceo, de forma similar a la de los granos normales, aunque usualmente más esféricas (Figura 99). Cuando se aplastan, se liberan esporas negras, pulverulentas y con fuerte olor a pescado. Las esporas de las plantas enfermas se dispersan durante las operaciones de cosecha y contaminan el grano y el suelo. Las teliosporas persisten en el grano y el suelo seco hasta que hay humedad disponible. Al germinar forman un promicelio con 8 a 16 basidiosporas, las cuales se fusionan en pares formando estructuras en forma de H y eventualmente desarrollan esporidias secundarias infecciosas. Las esporidias infectan los coleóptilos de las plántulas o los puntos de crecimiento de los macollos jóvenes, usualmente antes de que emerjan del suelo. El micelio del patógeno crece dentro de la plántula, avanza a medida que se desarrolla la planta y eventualmente invade los tejidos meristemáticos. Este patógeno está particularmente bien adaptado para desarrollarse en trigo de invierno en climas templados.



Figura 97. Carbón causante de enanismo provocado por *Tilletia controversa* que resulta en un severo enanismo y amacollamiento excesivo.



Figura 98. Espigas de trigo con carbón apestoso. Nótese como las glumas se apartan entre sí, debido al mayor tamaño de las masas de carbón que reemplazan al grano.



Figura 99. Dos espigas de trigo con carbón apestoso. A la izquierda, masas de carbón producidas por una espiga infectada con *T. caries*, y a la derecha, masas de carbón producidas por una espiga infectada con *T. foetida*.

Tres hongos estrechamente relacionados entre sí están involucrados en este tipo de carbones: *Tilletia caries* y *Tilletia foetida* que causan el carbón apestoso y *T. controversa* que da lugar al carbón causante de enanismo. *T. caries* y *T. foetida* son similares en sus características morfológicas, en sus ciclos de vida, en el desarrollo de la enfermedad y en la presencia de razas fisiológicas, por lo que podrían ser considerados como variantes biológicas de una especie. Se diferencian ligeramente en la forma de las teliosporas y en la textura de sus paredes. *Tilletia caries* produce masas de carbón de color café grisáceo opaco, alargadas o en forma de grano, mientras que *T. foetida* produce masas de carbón alargadas o redondas (Figura 100). Las teliosporas de *T. caries* son globosas, de color café negruzco, miden 15-23 μm de diámetro y tienen paredes reticuladas (Figura 101). Mientras que *T. foetida* las produce de forma globosa a alargada, con paredes lisas y tienen un diámetro de 17-22 μm (Figura 102).

El organismo que origina el carbón causante de enanismo, *Tilletia controversa* es muy difícil de distinguir de *T. caries* por sus características morfológicas, aunque difiere marcadamente en los síntomas que causa. En las plantas atacadas por dicho carbón se presenta un enanismo más marcado que en los atacados por carbón apestoso (Figura 97). La enfermedad se restringe a áreas en donde la cubierta de nieve persiste sobre el suelo por largos períodos; y las esporas requieren para germinar un tiempo mayor

que las del carbón apestoso. Como consecuencia de esta germinación tardía, la infección causada por *T. controversa* se presenta generalmente durante la etapa en la que la planta hospedante tiene dos o tres hojas.

El control más efectivo de estos carbones se obtiene por medio de una combinación de tratamiento de semilla y del uso de variedades resistentes. Entre los fungicidas eficaces para controlar tanto las esporas que se encuentran en el suelo como las que están en la semilla, se utilizan: hexaclorobenceno, pentacloronitrobenzoceno, *Carboxin* y *Thiabendazole*.



Figura 101. Teliosporas de *T. caries* (10 x 40).



Figura 100. Una comparación: granos normales de trigo (arriba al centro), masas de carbón causado por *T. foetida* (abajo, a la izquierda), masas de carbón causadas por *T. caries* (abajo, al centro), y agallas (cocleas) de la semilla causadas por el nematodo *Anguina tritici* (abajo, a la derecha).



Figura 102. Teliosporas de *T. foetida* (10 x 40).

Carbón Karnal (Carbón parcial)

*Neovossia indica**

El carbón karnal es una enfermedad que ataca principalmente al trigo harinero, pero tanto los trigos cristalinos como el triticale pueden ser infectados (Figura 103). El primer índice de la presencia de esta enfermedad es usualmente encontrar granos rotos y parcialmente llenos de carbón durante la trilla. A menos que la infección sea severa, sólo algunas florecillas por espiga se ven afectadas y éstas pasan frecuentemente inadvertidas. Mientras las semillas



Figura 103. Espiga de trigo con carbón karnal, causado por *Neovossia indica*.



Figura 104. Granos de trigo con carbón karnal. Nótese la retención de parte de la cubierta de la semilla (colección del CIMMYT).

enfermas generalmente retienen intacta una parte de la cubierta de la semilla, el embrión y parte del endospermo pueden ser convertidos en masas de esporas negras y secas (Figura 104). Estas despiden un olor semejante al del carbón apestoso. Las teliosporas del carbón karnal son grandes (25-42 μm de diámetro), más o menos esféricas, negras y tienen una superficie ligeramente áspera (Figura 105). Las teliosporas al germinar forman un promicelio del cual se liberan numerosas esporidias.

La principal fuente de inóculo es la semilla infectada o el suelo contaminado con esporas del cultivo anterior. Las teliosporas germinan produciendo numerosas esporidias en la superficie del suelo, las cuales son diseminadas por el viento e insectos. Las esporidias infectan el ovario durante la etapa de floración de la planta hospedante y los granos enfermos pueden ser desplazados parcial o completamente por masas de teliosporas.

Es necesario llevar a cabo una mayor investigación sobre la reacción de las variedades y eficacia de los fungicidas antes de poder recomendar medidas de control. Sin embargo, el tratamiento adecuado y el uso de la semilla libre de la enfermedad es esencial. La evidencia obtenida hasta la fecha en México, en relación con el tratamiento químico de la semilla indica que el PCNB (pentacloroni-trobenzeno) en dosis de 2 kg/ton de semilla proporciona un control satisfactorio del inóculo que la contamina. La enfermedad es originaria del Subcontinente Indio. Su supervivencia en otras partes del mundo parece estar limitada por factores ambientales.

* Sin: *Tilletia indica*



Figura 105. Esporas negras características de *Neovossia indica* (10 x 40).

Carbón de bandera

Urocystis agropyri

El carbón de bandera es una enfermedad que ataca principalmente a los trigos invernales en áreas con inviernos templados. También se presenta en trigos de primavera cultivados durante los meses de invierno en algunas áreas del Subcontinente Indio. Una especie estrechamente relacionada con *Urocystis agropyri* produce el carbón del tallo del centeno. El carbón de bandera se identifica fácilmente, pero con frecuencia pasa inadvertido por el enanismo excesivo que causa en las plantas.

En las hojas y las vainas foliares se desarrollan bandas de color gris a negro. Usualmente, las plantas presentan enanismo, las hojas se retuercen y se abren longitudinalmente después de que la epidermis se rompe para liberar las esporas (Figura 106). Por lo general, las plantas enfermas no espigan (Figura 107). Las esporas provenientes de las plantas enfermas contaminan el suelo y la semilla. Las plántulas del nuevo cultivo se infectan por medio de las esporidias producidas por las teliosporas que germinan en el suelo o sobre la semilla; y el micelio se desarrolla sistémicamente a través de la planta infectada.

Los soros del carbón de bandera están llenos con masas de esporas cubiertas por una capa de células estériles. Cada grupo de esporas contiene de una a cuatro teliosporas de forma angular a esférica, de color café oscuro, con paredes lisas y de 10-20 μm de diámetro (Figura 108). Las teliosporas al germinar forman un promicelio con tres o cuatro esporidias, los cuales se fusionan para formar el micelio infeccioso.

Para controlar la enfermedad eficazmente se recomienda la rotación de cultivos combinada con el uso de semilla sana. El carbón de bandera ha sido casi eliminado en Australia por medio de la rotación de cultivos y del uso de variedades resistentes. Los fungicidas sistémicos, tales como *Carboxin* y *Benomyl* son efectivos para tratar la semilla.



Figura 107. Plantas de trigo afectadas por carbón de bandera, las cuales muestran distorsiones, enanismo y producen pocas macollas (foto: R. Metzger).



Figura 106. Hojas de trigo con carbón de bandera, causado por *Urocystis agropyri*. Nótese las estrías negras grisáceas.

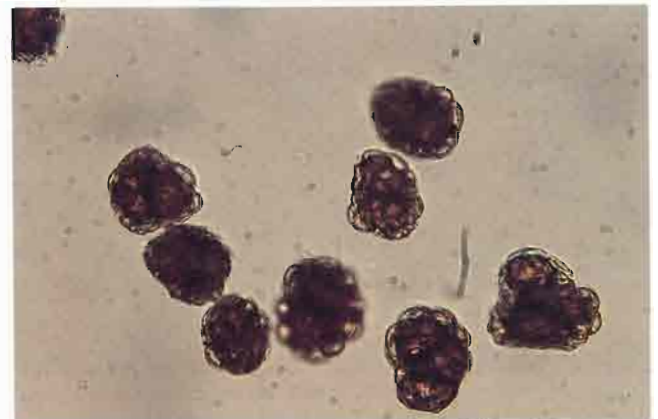


Figura 108. Teliosporas de *Urocystis agropyri*. Nótese la capa de células estériles que rodean a las teliosporas viables (10 x 40).

Enfermedades causadas por *Fusarium*

Las dos enfermedades más comunes de los cereales causadas por *Fusarium* sp. son pudriciones de la raíz y roña. La mayor parte de las especies del género *Fusarium* son hongos que habitan en el suelo y muchos de ellos pueden ser saprofitos facultativos agresivos. Los patógenos de la raíz son difíciles de identificar sin emplear técnicas especiales de laboratorio; y por lo tanto se consideran fuera del alcance de este manual.

En esta publicación se discuten cinco especies de *Fusarium* que se presentan regularmente como parásitos de las partes aéreas de las plantas de cereales de grano pequeño*. Estas especies forman acumulaciones de conidios sobre la superficie de las áreas afectadas. Estas aparecen de varios colores, entre los que se incluyen blanco, rosa, amarillo durazno, naranja, rojo y bronce.

La roña se reconoce fácilmente por la aparición de una o más espiguillas prematuramente afectadas con tizón después de la floración. Las espiguillas infectadas presentan color paja pálido, en contraste con el verde normal de las sanas (Figura 109, página siguiente). A medida que madura el cultivo, se acumulan masas de conidios de color rosado pálido a naranja en la base de las espiguillas o a lo largo de los bordes de las glumas y lemas. Los granos de las espiguillas infectadas normalmente están muy chupados y no son viables. Los granos enfermos pueden contener micotoxinas venenosas para humanos y animales. Los mismos hongos pueden causar también caída y marchitez de las plántulas, pudrición de la corona, tizón de los nudos y de los tallos y pudrición del grano en todos los cereales de grano pequeño.

Al comienzo de la primavera, un moho níveo causado por *Fusarium nivale* invade los tejidos de las hojas y coronas de los cereales sembrados en el otoño. La enfermedad puede ser reconocida por la producción de un micelio blanco, superficial en las áreas afectadas. *Fusarium nivale* es más destructivo a temperaturas ligeramente superiores al punto de congelación. La misma especie también causa manchas foliares en algunas regiones subtropicales.

Las especies de *Fusarium* persisten en desechos vegetales en el suelo o en la semilla no tratada. Los fungicidas pueden proteger a las plántulas de la infección proveniente de la semilla, pero no la protegen del inóculo que se encuentra en el suelo o en residuos vegetales. Las infecciones tempranas desarrollan pudriciones en las raíces o tizones de las plántulas. Las infecciones más tardías dan lugar a pudriciones de la corona, frecuentemente en asociación con otros patógenos tales como *Ophiobolus graminis* y *Helminthosporium sativum*. La aparición de "espigas blancas" antes de la maduración del cultivo puede ser debida a la pudrición de la corona causada por especies de *Fusarium*. Las infecciones de las espiguillas causan roña las cuales son provocadas por conidios transportados por el aire durante la época de floración o de llenado del grano.

* Se han presentado problemas en la identificación de especies como consecuencia del estado confuso de la nomenclatura y de la presencia de variaciones naturales del desarrollo morfológico en respuesta a cambios ambientales y de nutrición. En un esfuerzo para incorporar cierto orden a la clasificación de *Fusarium*, Snyder y Hansen (1945) propusieron que se redujera a nueve el número de especies. Ha existido cierto acuerdo entre los micólogos, en el sentido de que esto era un movimiento en la dirección correcta. Sin embargo, el concepto ha dado origen a una búsqueda intensa entre los taxónomos mirando la base para la clasificación de otros hongos. Por ejemplo, las diferencias morfológicas entre formas dentro de la especie *Fusarium roseum* son por lo menos tan grandes como las diferencias que separan las especies en géneros tales como *Ustilago* y *Tilletia*.

El Dr. C. Booth, del Commonwealth Mycological Institute, Kew, Inglaterra, ha preparado una excelente revisión titulada "The Genus *Fusarium*" (1971), la cual debe auxiliar a los investigadores que pasan un tiempo considerable trabajando con enfermedades causadas por *Fusarium*. Sin embargo, pocos científicos que trabajan con cultivos de cereales tienen el tiempo o el equipo de laboratorio necesarios para usar las técnicas sugeridas. Se necesita un sistema de identificación menos complicado, por lo menos para las especies del género *Fusarium* que infectan las partes aéreas de los cultivos cerealícolas.



Identificación de las especies

Las especies del género *Fusarium* producen dos tipos de conidios que difieren considerablemente en tamaño. Algunas especies producen esporas pequeñas llamadas microconidios, pero otras no las producen. Los microconidios son extremadamente pequeños y carecen de características útiles para el diagnóstico; sin embargo, la presencia o ausencia de estos puede ser útil para la identificación de las especies. Las esporas más grandes, llamadas macroconidios, son producidas por todas las especies y tienen características morfológicas que son útiles para su identificación.

Regularmente se presentan cinco especies de *Fusarium* como patógenos de las partes aéreas de las plantas de cereales de grano pequeño. Estas especies tienen macroconidios característicos y con práctica debe ser posible identificarlas por medio del examen microscópico de macroconidios frescos esporulando en el tejido de la planta hospedante. Las espiguillas, las hojas y nudos infectados usualmente esporulan adecuadamente sobre papel filtro ligeramente humedecido en cajas de Petri, en 24-48 horas a temperatura ambiente.

Figura 109. La roña de la espiga causada por *Fusarium* se reconoce fácilmente por los síntomas característicos que aparecen después de la floración (página opuesta). Las espiguillas enfermas muestran decoloración color paja que contrasta con el color verde normal de las espiguillas sanas.

A causa de la edad, la desecación o por contaminación se presentan distorsiones de las esporas. Tales muestras no deben ser usadas con propósitos de identificación. Cuando los aislamientos se están desarrollando sobre medios nutritivos, otras características de diagnóstico son útiles para la identificación de las especies, tales como tasa de crecimiento, pigmentación, formación de microconidios y clamidosporas, así como el desarrollo de peritecios. La presencia de estas características en la naturaleza sobre los tejidos del hospedante, es demasiado errática para servir como una guía digna de confianza, pero no deben ignorarse completamente.



Conidios de *F. graminearum* (10 x 40)

Fusarium graminearum

Los macroconidios generalmente miden 25-50 μm x 2.5-5.0 μm y tienen de tres a siete septas. El cuerpo principal de la espora es normalmente recto o ligeramente curvo y la célula apical se curva y se adelgaza abruptamente hacia un punto. Las células basales son alargadas, se adelgazan y se curvan ligeramente. Cuando se presentan períodos prolongados de tiempo húmedo y caliente durante la cosecha, con frecuencia se desarrollan peritecios superficiales sobre las espigas y paja infectadas.

Fusarium culmorum

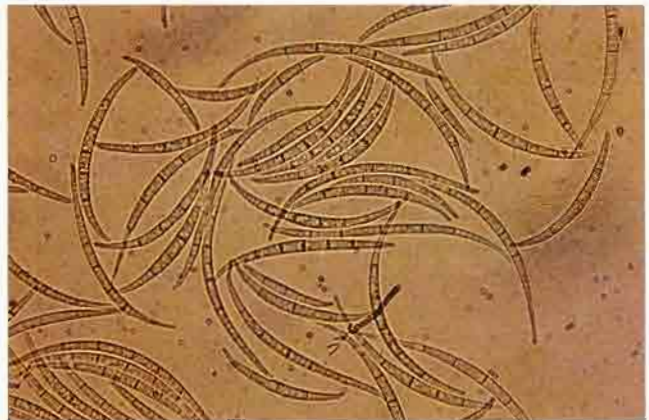
Generalmente, los microconidios miden $30-60\ \mu\text{m} \times 4-7\ \mu\text{m}$. Son anchos, ligeramente curvos, tienen de tres a cinco septas bien definidas, células apicales puntiagudas y células de pie bien definidas. No se ha informado de la existencia de peritecios.



Conidios de *F. culmorum* (10 x 40)

Fusarium avenaceum

Los macroconidios son largos, delgados y más o menos curvos de manera uniforme en toda su longitud. Miden $50-80\ \mu\text{m} \times 2.5-4.0\ \mu\text{m}$ y tienen de cuatro a siete septas. Los peritecios se presentan muy raramente en la naturaleza.



Conidios de *F. avenaceum* (10 x 40)

Fusarium equiseti

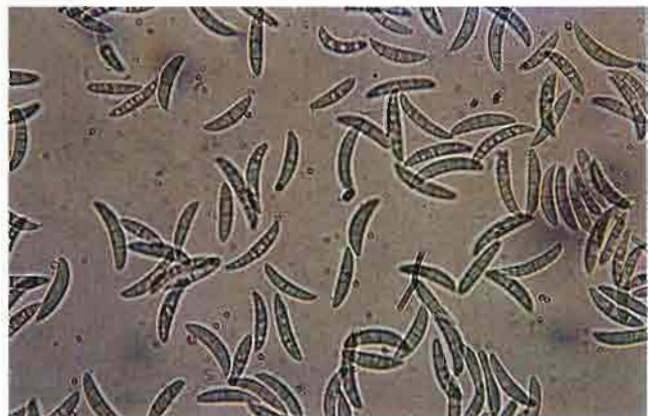
Los macroconidios son de tamaño más o menos intermedio en longitud y anchura entre los de *F. culmorum* y *F. avenaceum*. La célula apical es atenuada y está más fuertemente curvada que en estas dos especies. Los conidios miden $22-60\ \mu\text{m} \times 3.6-6.0\ \mu\text{m}$, tienen de cuatro a siete septas y las células del pie son bien definidas.



Conidios de *F. equiseti* (10 x 40)

Fusarium nivale

Esta es la especie más fácil de identificar de las del género *Fusarium* que parasitan los cereales. Los conidios son cortos, curvos, se adelgazan en sus extremos y las células del pie no están bien marcadas. Los conidios maduros miden $20-28\ \mu\text{m} \times 2.5-5\ \mu\text{m}$ y usualmente tienen tres septas. Los peritecios se desarrollan rápido en las hojas y las vainas foliares infectadas durante o después de la madurez.



Conidios de *F. nivale* (10 x 40)

Roña y pudrición de la raíz



Figura 110. Estructuras fructíferas (masas de conidios y micelio aéreo) de roña de la espiga, causada por *F. graminearum* en una espiguilla de triticale (10 x 40).



Figura 111. Conidios de *F. graminearum* (10 x 40).



Figura 112. Peritecios de *Gibberella zeae* (el estado perfecto de *Fusarium graminearum*) en una espiguilla de trigo.

*Fusarium graminearum**

Esta especie a través de todo el mundo causa enfermedades como pudrición de la raíz, pudrición de la corona y roña. Estas enfermedades son especialmente serias en los cultivos de trigo en China, sur de Brasil, Argentina y Europa Occidental. El desarrollo de *F. graminearum* se favorece aparentemente en áreas con inviernos suaves y veranos húmedos y calientes.

Los macroconidios son producidos en masas de color naranja a amarillo durazno en la base de las espiguillas o en las orillas de las glumas o lemas (Figura 110). Los macroconidios son hialinos, rectos o ligeramente curvos y con frecuencia tienen una célula apical alargada que se curva más abruptamente cerca de la punta. Típicamente miden $25-50 \mu\text{m} \times 2.5-5.0 \mu\text{m}$, aunque algunos exceden estas medidas (Figura 111). No produce microconidios.

El estado perfecto (*Gibberella zeae*) se presenta frecuentemente en plantas enfermas y probablemente desempeña un papel importante en la perpetuación de la enfermedad de un año a otro. Esta es la única especie del grupo *Fusarium* que regularmente produce peritecios en la naturaleza. En las espigas infectadas los peritecios se desarrollan superficialmente en grupos (Figura 112). Las ascosporas son subhialinas a café amarillento, de forma fusiforme ligeramente curvas, con extremos redondeados (Figura 113). Estas se parecen a las de *Leptosphaeria avenae*, (ver página 44), pero sin el engrosamiento de una de las células medias. Cuando maduran, las ascosporas tienen tres septas y miden $20-25 \mu\text{m} \times 3-4 \mu\text{m}$.

*Estado perfecto: *Gibberella zeae*



Figura 113. Ascosporas de *Giberella zeae* (10 x 40).

Fusarium culmorum

Esta especie se encuentra ampliamente distribuida y parece que sobrevive mayores extremos tanto de sequía como de heladas que *F. graminearum*. Los mismos síntomas de enfermedades son producidos por ambas especies (Figuras 114, 115 y 116). *Fusarium culmorum* es un serio patógeno que ataca a la raíz de los cereales cultivados en el Noroeste de Estados Unidos de América, Europa Occidental y algunas áreas altas de los subtrópicos.

La especie produce macroconidios cortos, robustos, hialinos, uniformemente curvos, con una célula apical puntiaguda y una célula de pie bien definida. Los conidios tienen generalmente de tres a cinco septas y miden $30\text{-}60\ \mu\text{m} \times 4\text{-}7\ \mu\text{m}$ (Figura 117). No se producen microconidios ni peritecios. Las clamidosporas se desarrollan rápidamente en el suelo y funcionan como un mecanismo eficiente de supervivencia para este hongo.



Figura 114. Espigas de trigo cristalino con roña de la espiga, causada por *F. culmorum*. Nótese la similitud de los síntomas de la enfermedad con los que produce *F. graminearum* (Figura 109).



Figura 115. Desarrollo conidial de roña de la espiga causada por *F. culmorum* en una espiguilla de triticale. Compárese con la Figura 110.



Figura 116. Semilla de triticale arrugada, no viable, resultado de un ataque de roña de la espiga.

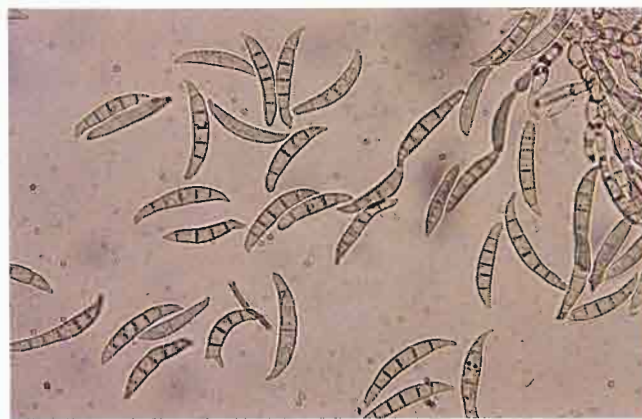


Figura 117. Conidios de *F. culmorum* (10 x 40).

*Fusarium avenaceum**



Figura 118. Espigas de centeno infectadas con *F. avenaceum*.



Figura 119. Desarrollo conidial de *F. avenaceum* en una gluma de centeno.

Esta especie comúnmente causa también pudriciones de la raíz, de la corona y roña. Se encuentra ampliamente distribuida en una gran diversidad de temperaturas. *F. avenaceum* es rápidamente identificado por sus macroconidios en forma de arco, muy largos y angostos. En la Meseta Central de México es un patógeno que frecuentemente causa roña en centeno (Figura 118) y triticale. Se acumulan generalmente pequeñas masas de esporas de color rosado claro en la superficie de las glumas (Figura 119). Los macroconidios son hialinos, uniformemente curvados, se adelgazan ligeramente en los extremos y miden 50-80 μm x 2.5-4.0 μm . Parece que la forma y el tamaño de los macroconidios varían considerablemente. Ocasionalmente se encuentran peritecios en plantas hospedantes infectadas.

* Estado perfecto: *Gibberella avenacea*

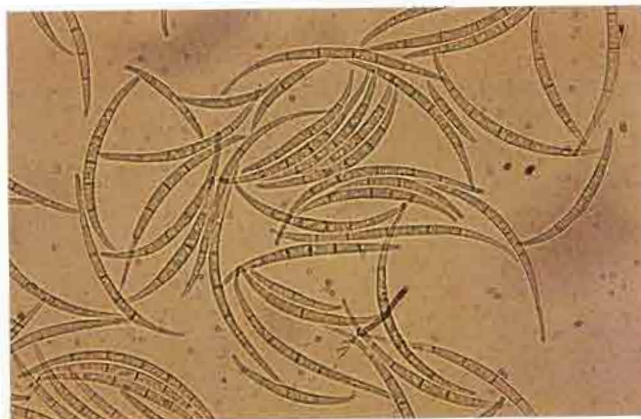


Figura 120. Conidios de *F. avenaceum* (10 x 40).

*Fusarium equiseti**

Esta especie se presenta frecuentemente como un hongo del suelo, constituyendo una alta proporción de la microflora en algunas áreas. Sin embargo, no se considera como un patógeno serio de los cultivos cerealícolas. Frecuentemente, se presentan masas de conidios color rosado en las espigas de los cultivos atacados en la Meseta Central de México (Figuras 121 y 122). En esta región, *F. equiseti* también ha sido observado esporulando en las hojas inmaduras de cereales. Los macroconidios son hialinos, curvos y tienen células apicales alargadas que se doblan bruscamente hacia adentro. Los conidios maduros miden $22-60 \mu\text{m} \times 3.5-6.0 \mu\text{m}$ (Figura 123). Muchas cepas tienen septas oscuras y sobresalientes. No se producen microconidios. Se ha informado de la existencia del estado peritecial, pero éste se presenta raramente en los cereales o en medio artificial de cultivo.

* Estado perfecto: *Gibberella intricans*



Figura 121. Desarrollo conidial de *F. equiseti* en una hoja de avena.



Figura 122. Acercamiento de una estructura fructífera de *F. equiseti* sobre una espiguilla de trigo duro.



Figura 123. Conidios de *F. equiseti* (10 x 40).

Mancha de la hoja y moho níveo (Moho blanco)

*Fusarium nivale**

Fusarium nivale es un patógeno importante en las zonas templadas y frías donde causa el moho níveo de los cereales de invierno. También produce infecciones en las plántulas y pudrición de la raíz cuando se presentan temperaturas frías. Una gran parte de la muerte de los cereales de invierno durante la época invernal puede ser atribuida a infecciones de *F. nivale*.

En las áreas más frías de los subtropicos, este organismo causa manchas foliares en trigo, triticale y centeno (Figura 124). Las manchas foliares causadas por *F. nivale* se presentan en la Meseta Central de México, en los valles altos de Africa Oriental y en la Región Andina de América del Sur. Bajo infecciones severas, pueden presentarse defoliaciones completas. Se presentan también infecciones de

las espigas (tizones), pero las pérdidas mayores ocurren debido al pobre desarrollo del grano que sigue a la infección que causa las manchas foliares. El trigo cristalino y el triticale son, por lo general, más severamente afectadas por este patógeno que el trigo harinero o el centeno. Al parecer la cebada y la avena son inmunes.

Los síntomas de las manchas foliares aparecen generalmente al momento de la emisión de las espigas. Las lesiones jóvenes se presentan como áreas ovales o de forma irregular de color verde grisáceo moteado; crecen rápidamente y se transforman en manchas ovales, de color café grisáceo con áreas centrales grises (Figura 125). En las lesiones viejas el tejido foliar, se hace quebradizo y tiende a agrietarse o a doblarse.

Las estructuras de fructificación del hongo crecen rápidamente en las lesiones jóvenes. A partir de los estomas se desarrollan esporodoquios de color blanco a rosado pálido. Bajo aumentos pequeños, éstos aparecen como hileras de puntos ligeramente coloreados o como puntos color rosado paralelos a las nervaduras de la hoja (Figura 126). Conforme las lesiones envejecen, los esporodoquios se vuelven amarillentos. En los esporodoquios se producen numerosos conidios hialinos con forma de hoz (Figura 127, página 68). Los conidios maduros son de tamaño uniforme, 20-28 μm x 2.5-5 μm , con tres septas. La célula apical se adelgaza hasta un punto donde forma la célula pie (Figura 128).



Figura 124. Síntomas iniciales de mancha foliar en trigo, causados por *F. nivale*.

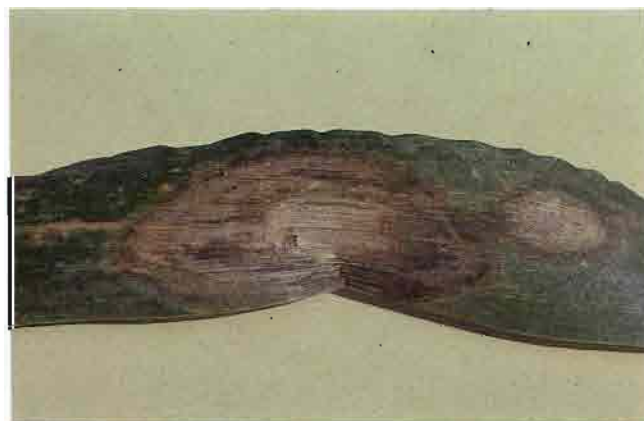


Figura 125. Las lesiones de fusarium provocan hojas distorcionadas o rasgadas.

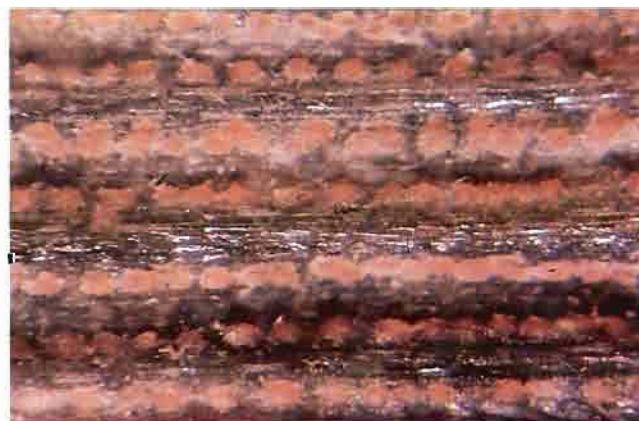


Figura 126. Esporodoquios de color rosado de *F. nivale* que se desarrollan en hileras paralelas a las nervaduras de las hojas.

* Estado perfecto: *Monographella nivalis*

El estado perfecto (*Monographella nivalis*) se desarrolla rápidamente en las lesiones de las hojas enfermas cuando las plantas maduran, pero las ascosporas no se liberan hasta haber sufrido cierta intemperización (Figura 129). Los peritecios están inmensos en el tejido foliar y de la epidermis sobresalen poros a través de los cuales se liberan las

ascosporas (Figura 130). A primera vista los peritecios se parecen a los picnidios del complejo septoria, pero pueden distinguirse porque contienen ascas y ascosporas en lugar de conidios. Las ascosporas son pequeñas, hialinas, elípticas, irregularmente curvadas, tienen de una a tres septas y miden $10-18 \mu\text{m} \times 3.5 \mu\text{m}$ (Figura 131).

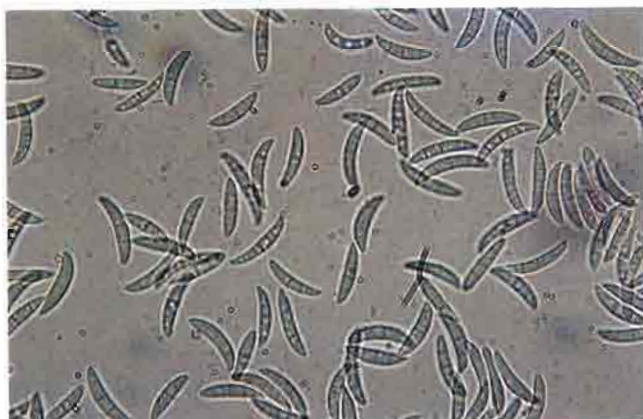


Figura 128. Conidios de *F. nivale* (10 x 40).



Figura 127. Una acercamiento de un esporoquio de *F. nivale*. Nótese la producción de conidios (10 x 40).

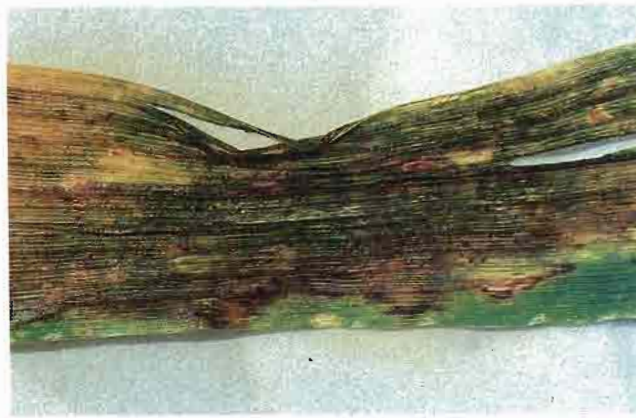


Figura 129. Peritecios de *Monographella nivalis* (el estado perfecto de *F. nivale*) desarrollándose en una hoja de triticale.

El moho níveo es la enfermedad más común causada por *F. nivale* y se presenta en las áreas productoras de trigo de invierno en Estados Unidos y Europa. Las plantas infectadas con esta enfermedad se tornan cloróticas y sobre las hojas necróticas se visualiza micelio de color rosado, esporoquios y acumulaciones de esporas. Los cultivos tienen mayores probabilidades de sufrir daños cuando permanecen bajo la nieve por períodos prolongados (Figura 132). No se ha observado el moho níveo en los cereales de invierno de la Meseta Central de México, aunque ahí se presentan temperaturas inferiores a 0°C en las noches de noviembre a febrero. La etapa de manchas foliares sólo se desarrolla a mediados de verano.

Los investigadores están más familiarizados con el moho níveo que con las manchas foliares causados por *F. nivale*. Se ha logrado cierto éxito en el control de moho níveo por medio del uso de rotaciones que incluyen variedades más resistentes. Se han llevado a cabo pocas investigaciones sobre el control de la etapa de manchas foliares. Investigadores del CIMMYT encontraron que Benomyl usado en forma de aspersión foliar a intervalos de dos semanas, empezando en la etapa de emisión de espiga mantuvo la enfermedad bajo control en cereales sembrados en el vvero de Toluca, México. Se ha logrado obtener cierto progreso en el desarrollo de líneas de trigo harinero, triticale y trigos cristalinos con resistencia a la mancha foliar causada por *Fusarium*.



Figura 130. Un acercamiento de los peritecios de *M. nivale*. Nótese que estn inmersos en el tejido foliar.



Figura 131. Ascas conteniendo ascosporas de *M. nivale*, al ser liberadas de un peritecio (10 x 40).



Figura 132. Trigo invernal afectado por moho níveo causado por *F. nivale* (foto: G.W. Bruehl).



Enfermedades misceláneas de la raíz y de la corona

Todos los patógenos descritos en esta sección son hongos del suelo. Usualmente, la infección inicial se presenta en las raíces o en la base de la planta. Algunos de estos hongos como *Ophiobolus graminis*, (Figura 133), *Pseudocercospora herpotrichoides* y *Sclerotium rolfsii* producen lesiones en la superficie del suelo o cerca de ella. Las plantas enfermas generalmente se marchitan o desarrollan necrosis generalizada en sus partes basales, sin diseminación secundaria de lesiones en otras partes.

Colletotricum graminicola generalmente produce lesiones tempranas cerca de la base de la planta, pero con frecuencia también produce lesiones secundarias en las láminas y las vainas foliares. *Cephalosporium gramineum* y *Sclerophthora macrospora* invaden la planta a través de las raíces o de la corona y posteriormente se vuelven sistémicos. Los síntomas se hacen notorios en las láminas y las vainas foliares y generalmente están acompañados por enanismo o distorsión. Todos los hongos de este grupo persisten en los residuos de las plantas hospedantes.

Figura 133. Síntomas de mal del pie (take all) en trigo (página opuesta), causado por *Ophiobolus graminis*.

Identificación de los hongos

Los conidios no son muy útiles como caracteres de diagnóstico para distinguir los hongos de este grupo. Sin embargo, cuando es posible se incluyen aquí junto con la descripción de otros síntomas.



Esporodocios de *Cephalosporium gramineum*

Cephalosporium gramineum (rayado causado por cephalosporium)

Esta es una enfermedad que se presenta en los cereales de invierno en climas templados. A lo largo de las láminas y vainas foliares se desarrollan una o dos rayas de color verde pálido o blanco. A medida que las rayas envejecen el color se oscurece hasta llegar a café rojizo. Sobre la paja y otros residuos intemperizados durante el invierno se producen esporodocios a partir de los cuales se forman esporas unicelulares mucilaginosas. Los conidios son hialinos, de forma oval, no septados, pequeños y miden 4-7 μm x 2-3 μm .

Ophiobolus graminis (mal del pie, "take-all")

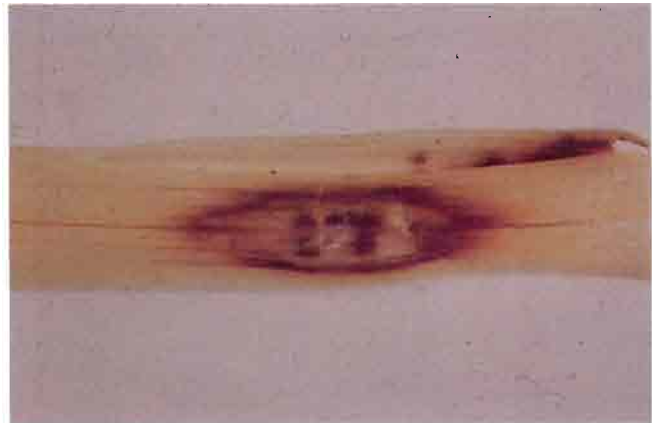
En las raíces y en la base de los tallos se presentan pudriciones secas de color café oscuro a negro. Cerca de la base de la planta se desarrolla un cojín de hifas que forman el micelio sobre la superficie de los tallos y de las vainas foliares. Las plantas infectadas muestran "espigas blancas" antes de la madurez. Los peritecios maduros liberan ascosporas largas, angostas, hialinas, septadas y miden $70-90 \mu\text{m} \times 2.5-3.5 \mu\text{m}$.



Cordones oscuros de micelio y primordios periteciales de *Ophiobolus graminis*

Pseudocercospora herpotrichoides (mancha ocular)

Esta enfermedad usualmente causa acame y senectud prematura. Sobre los tallos cerca de la superficie del suelo se desarrollan lesiones elípticas en forma ocular. Las lesiones son conspicuas, de color gris claro a bronceado, con márgenes café. La esporulación se presenta en el rastrojo a principios de la primavera. Los conidios son hialinos, curvos, tienen varias septas y miden $30-60 \mu\text{m} \times 1.5-3.5 \mu\text{m}$.



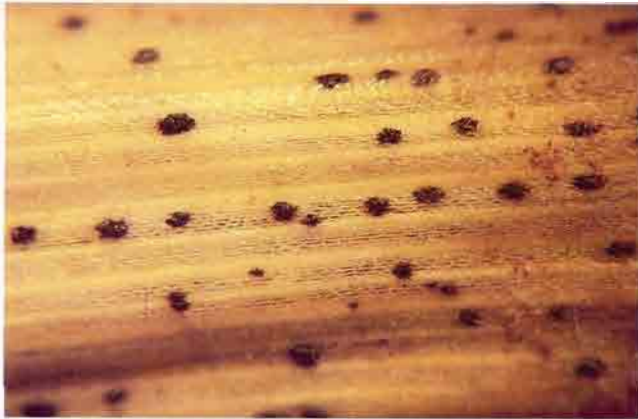
Lesión típica de mancha ocular producida por *Pseudocercospora herpotrichoides* (foto: B. Fitt)

Sclerotium rolfsii (marchitez de los cereales o tizón sureño)

En las plantas marchitas o muertas se desarrollan masas de micelio blanco exactamente abajo de la superficie del suelo. En las raíces y las bases de los tallos se forman esclerocios esféricos que al principio son blancos y gradualmente con la edad se van tornando de color café grisáceo.



Esclerocios esféricos y micelios blancos típicos de *Sclerotium rolfsii*



Estructuras fructíferas típicas de las producidas por *Collectotrichum graminicola*

Collectotrichum graminicola (antracnosis)

Las estructuras de fructificación son la característica más confiable para el diagnóstico de este hongo. Estas estructuras (acérvulos) son pequeños, negros, de forma oval a alargada y se desarrollan en los tallos y en las vainas foliares, generalmente cerca de la superficie del suelo. Estas estructuras se levantan por encima de la epidermis y tienen numerosas setas negras protuberantes por encima de la capa conidial. Los conidios tienen forma de hoz, unicelulares, de color hialino a gris claro y miden $20-30 \mu\text{m} \times 4-6 \mu\text{m}$.



Síntomas típicos a los causados por *Sclerophthora macrospora*

Sclerophthora macrospora (mildiú vellos)

Las plantas enfermas son enanas, cloróticas y tienen hojas deformadas y engrosadas. Si se logra la formación de espigas, las brácteas florales son carnosas, alargadas y semejantes a las hojas. No se produce grano viable. En el tejido muerto de las hojas inferiores es posible encontrar oosporas. Estas son esféricas, con paredes lisas y su diámetro varía de 36 a $60 \mu\text{m}$. La enfermedad se presenta principalmente en áreas inundadas.

Rayado por *Cephalosporium*

*Cephalosporium gramineum**

Es una enfermedad que se presenta comúnmente en los cereales sembrados durante el otoño. El trigo es el hospedante más común, aunque la avena, cebada, triticale y centeno son también susceptibles. El rayado causado por *Cephalosporium* se presenta en el Medio Oeste y el Noroeste de los Estados Unidos de América, en Europa Occidental, y en el oriente de Asia. Esta enfermedad raramente constituye un problema serio en cereales sembrados en primavera.

Las plantas enfermas se presentan solas o en manchones. Los síntomas pueden aparecer en cualquier etapa del desarrollo de la planta, pero se hacen más notorios cuando la planta se acerca al espigamiento. Se forman una o más rayas de color blanco a verde pálido, con bordes difusos, a todo lo largo de las láminas y vainas foliares. Las rayas se oscurecen y adquieren color café rojizo (Figura 134). El resto de las hojas pronto se vuelven cloróticas o amarillas. Conforme las plantas se aproximan a la madurez, las áreas del tallo abajo de los nudos se vuelven oscuras. Las plantas que se infectan en las primeras etapas de su desarrollo son enanas y estériles.

El hongo *C. gramineum* es un microorganismo que habita en el suelo. La esporulación se presenta en los tallos y las hojas viejas de plantas que han sido infectadas. A partir de esporoquios que se producen en la paja húmeda, se desarrollan conidios unicelulares en masas mucilaginosas de color amarillo a color paja (Figura 135). Estos conidios son hialinos, ovales, no septados, bastante pequeños, y miden 4-7 μm x 2-3 μm (Figura 136).

El hongo persiste en residuos vegetales y el inóculo tiende a incrementarse en suelos que se siembran continuamente con cereales y donde se practica la labranza mínima. Los pastos nativos ayudan a la perpetuación del hongo. El inóculo puede ser diseminado por medio de la semilla. Después que se presenta la infección inicial en la raíz, la enfermedad se desarrolla sistémicamente. Algunas variedades de trigo muestran un considerable grado de tolerancia a la enfermedad. Las prácticas culturales que se recomiendan para reducir la incidencia de esta enfermedad son rotaciones con cultivos diferentes de los cereales, así como enterrar profundamente los desechos vegetales enfermos.

* Sin. *Hymenula cerealis*

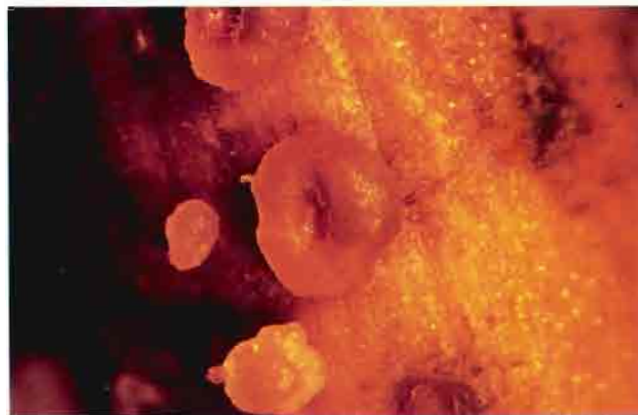


Figura 135. Esporoquios de *C. gramineum* en paja de trigo intemperizada (foto: W.W. Bockus).



Figura 134. Síntomas de rayado foliar, causado por *C. gramineum* en trigo de invierno (foto: W.W. Bockus).

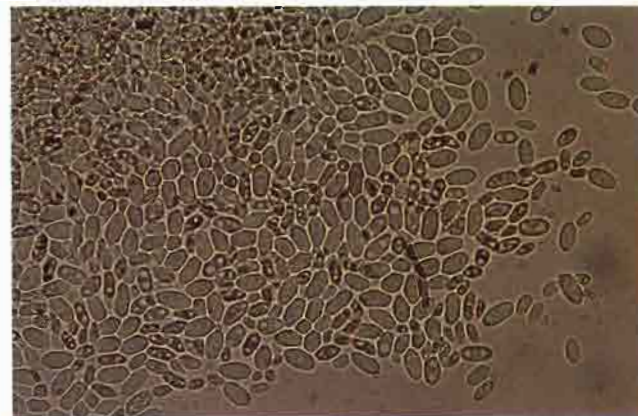


Figura 136. Conidios de *C. gramineum* (10 x 40).

Mal del pie (Take all)

*Gaeumannomyces graminis**

El mal del pie es una enfermedad que causa pudrición de raíces en cereales y pastos. Normalmente es más destructiva en los cultivos de invierno, aunque los sembrados en primavera también pueden sufrir daños serios. A pesar de que puede presentarse desde la etapa de plántula en adelante, esta enfermedad se observa con mayor frecuencia después de la emisión de las espigas. El follaje se torna verde pálido y las espigas decoloradas maduran prematuramente (Figura 137). Las espigas son estériles o dan origen a granos chupados (Figura 138). Cuando la humedad del suelo es escasa, las plantas presentan enanismo más severo y se reduce el número de macollos. Las plantas enfermas tienen pudri-

ciones secas de color café oscuro a negras, en las raíces y partes basales de los tallos (Figura 139). Bajo la vaina foliar inferior, se desarrolla superficialmente un cojín de micelio. Los tallos se debilitan, las plantas quedan propensas al acame y cuando se tira de ellas se rompen fácilmente a nivel de la corona.

* Nombrado originalmente: *Ophiobolus graminis*



Figura 137. Mancha de plantas de trigo de primavera que muestra los síntomas de mal del pie, causado por *G. graminis*. Nótense las espigas maduras y decoloradas prematuramente.



Figura 138. Espigas y granos provenientes de plantas infectadas con *G. graminis* en diferentes etapas de crecimiento. A la derecha, una espiga libre de la enfermedad.



Figura 139. Partes basales de los tallos y raíces podridas por *G. graminis*.

Durante los últimos años se ha determinado que varios hongos que están estrictamente relacionados entre sí, son los agentes causales de esta enfermedad. A pesar de que los hongos son los mismos, se les ha cambiado nomenclatura, lo cual ha resultado en cierta confusión. El patógeno causante de la enfermedad, originalmente identificado como *Gaeumannomyces graminis*, desarrolla primordios periteciales entre las hifas del micelio oscuro que generalmente se encuentran en la base del tallo, bajo la vaina foliar (Figura 140). En condiciones favorables, los peritecios crecen y producen ascosporas maduras (Figura 141). Los peritecios son de forma esférica a oblonga, negros y frecuentemente su ostiolo es desarrollado. Las ascosporas son angostas, filiformes, hialinas, septadas, miden $70-90 \mu\text{m} \times 2.5-3.5 \mu\text{m}$ y se adelgazan hacia los extremos (Figura 142). Tanto los peritecios como las ascosporas son excelentes características para el diagnóstico, pero debido a que con frecuencia no se desarrollan, las hifas oscuras que se presentan superficialmente en los tallos infectados sirven como un carácter más consistente para la identificación del patógeno.

El hongo sobrevive en forma de micelio y de peritecios en los residuos vegetales. La infección se inicia por penetración micelial directa en los tejidos de las raíces o de los tallos. La densidad del inóculo está influenciada por condiciones del suelo y la presencia de microorganismos antagonísticos. Las rotaciones de cultivo en las cuales se incluyen leguminosas u otros cultivos resistentes reducen la cantidad de inóculo en el suelo.



Figura 141. Un peritecio maduro de *G. graminis* liberando ascosporas.



Figura 140. Cordones miceliales oscuros y primordios de peritecios de *G. graminis* desarrollándose en el entrenudo basal de un tallo de trigo.



Figura 142. Ascosporas de *G. graminis* (10 x 40).

Mancha ocular

Pseudocercospora herpotrichoides

Se asume generalmente que la mancha ocular es una enfermedad que ataca al trigo de invierno, pero en muchas regiones del mundo los cereales de primavera pueden sufrir daños severos. Normalmente, esta enfermedad se restringe a las porciones basales de la planta y raramente invade las raíces o se extiende más allá de 15 a 20 centímetros arriba de la línea del suelo (Figura 143). Todos los cereales y muchos pastos son hospedantes de este hongo. El tiempo frío y húmedo favorece su desarrollo.

Los síntomas de la enfermedad se hacen más evidentes conforme el cultivo se aproxima a su madurez. En las vainas foliares más bajas y entrenudos adyacentes, precisamente arriba de la línea del suelo se desarrollan lesiones elípticas u oculares (Figura 144). Las lesiones jóvenes tienen bordes alargados de color café, con centros de color paja. Eventualmente, toda la base del tallo puede estar circundada. El área central de las lesiones se oscurece con la edad (Figura 145). Los ataques severos usualmente se acompañan de acame.

La esporulación tiene lugar frecuentemente durante la época húmeda y fría al comienzo de la primavera y cesar completamente en el verano. Generalmente es difícil inducir la esporulación en tallos maduros de plantas infectadas. A partir de micelio oscuro semejante a un estroma, se desarrollan conidióforos sin ramificaciones, cortos y erectos. Los conidios se adelgazan hacia el ápice, son hialinos, rectos o ligeramente curvos, miden 30-60 μm x 1.5-3.5 μm y tienen de tres a siete septas.

El hongo persiste en forma de micelio en los residuos del cultivo. La infección se inicia a partir de conidios producidos en paja infectada (o de micelio activo) e invade las vainas foliares inferiores. La enfermedad se desarrolla

hacia el interior y lateralmente, produciendo eventualmente micelio algodonoso en la parte central del tallo. Los conidios producidos en las plantas enfermas durante las primeras etapas de su crecimiento sirven como fuente secundaria de inóculo. Las medidas de control incluyen atraso de las siembras de otoño y rotaciones con cultivos de las que se excluyen los cereales, reduciendo así la cantidad de inóculo en el suelo.



Figura 144. Las lesiones de mancha ocular se presentan en la base de los tallos, en la línea del suelo o muy cerca de ella (foto: B. Fitt).



Figura 143. Síntomas avanzados de mancha ocular en tallos de triticale.



Figura 145. Una lesión típica de mancha ocular causada por *Pseudocercospora herpotrichoides* (foto: B. Fitt).

Marchitez de los cereales (Tizón sureño)

Sclerotium rolfsii

La marchitez causada por *Sclerotium* es una enfermedad ampliamente distribuida en climas cálidos y que ataca a una amplia gama de hospedantes. Entre éstos se encuentran leguminosas de grano, numerosos frutales, hortalizas, cereales, plantas ornamentales y malezas.

Los primeros síntomas de la enfermedad son amarillamiento y la marchitez de las plantas atacadas, los cuales pueden presentarse en plantas individuales o en pequeños manchones (Figura 146). La infección se presenta en cualquier etapa de desarrollo de la planta, desde el amacollamiento hasta la madurez. La mayor parte de los síntomas de diagnóstico se presentan dentro de unos cuantos centímetros a partir de la superficie del suelo. Las masas de micelio blanco crecen sobre las raíces, tallos, vainas foliares en la superficie del suelo o ligeramente abajo de ésta (Figura 147).

Después de que las plantas empiezan a marchitarse se desarrollan cuerpos de resistencia o esclerocios sobre el micelio. Estos son estructuras pequeñas, blancas y esféricas (Figura 148). Conforme aumentan de tamaño, su color cambia de blanco a bronceado, después a café claro y por último a café más marcado (Figura 149). Los cuerpos fructíferos pueden desarrollarse en el suelo, sobre las raíces o en la porción inferior de la planta (Figura 150).



Figura 146. Una planta de cebada mostrando síntomas de marchitez de los cereales, causados por *S. rolfsii* (foto: H. Vivar).



Figura 147. Esclerocios jóvenes y micelios blancos de *S. rolfsii*.



Figura 148. Un acercamiento de esclerocios jóvenes de *S. rolfsii*. Nótese su apariencia blanca, esférica y lisa.

El hongo se identifica fácilmente por las masas de micelio blanco y los esclerocios de color blanco a café que se encuentran en la base de las plantas marchitas. El estado basial, *Corticium rolfsii*, se observa casualmente en tejido vegetal muerto, y probablemente es de menor importancia en la transmisión de la enfermedad y la supervivencia del hongo.

El hongo es un parásito facultativo altamente eficiente y puede continuar creciendo extensamente sobre tejido vegetal moribundo cerca de la superficie del suelo. Persiste de preferencia en suelos ácidos como esclerocios o micelio en residuos vegetales. *Sclerotium rolfsii* puede ser muy difícil de erradicar una vez que se establece debido a su amplio rango de hospedante, a su capacidad para desarrollarse saprofiticamente y a su longevidad lograda tanto a través de esclerocios como de micelio. Las medidas de control incluyen remoción de todos los residuos vegetales, barbechos profundos, control total de malezas y aplicaciones de cal si el suelo es ácido.



Figura 149. Los esclerocios de *S. rolfsii* se tornan de color café con la edad.



Figura 150. Algunas veces los esclerocios de *S. rolfsii* se producen, en la porción inferior del tallo cerca de la línea del suelo.

Antracnosis

Colletotrichum graminicola

La antracnosis se puede presentar en todos los cereales de grano pequeño, maíz, sorgo y muchos pastos. Generalmente, la infección se inicia en las porciones inferiores de la planta, pero también se puede desarrollar en las hojas superiores y espigas. Aunque esta enfermedad es bastante común, rara vez causa pérdidas serias en los cultivos cerealícolas.

Durante las primeras etapas los síntomas son confusos. Las plantas infectadas muestran una apariencia descolorida, maduran prematuramente y son susceptibles al acame. Estos síntomas pueden ser confundidos fácilmente con los de otras enfermedades del complejo de pudriciones de la raíz. Las estructuras de fructificación que se desarrollan conforme las plantas se aproximan a su madurez sirven como la característica más digna de confianza para el diagnóstico. En la superficie de los tallos y de las vainas foliares crecen estructuras de fructificación (acérvulos) pequeñas, negras, de formas ovales a alargadas (Figura 151). Estos acérvulos tienen una apariencia levantada debido a la presencia de numerosas setas que sobresalen por encima de la superficie del tejido vegetal (Figuras 152 y 153). Los conidios que se forman dentro del acérvulo, entre las setas, tienen forma de hoz, son unicelulares, de hialinos a gris claro y miden $20\text{-}30\ \mu\text{m} \times 4\text{-}6\ \mu\text{m}$.

El hongo persiste en los residuos vegetales del hospedante en forma de conidios o de micelio. La infección generalmente comienza en la base de la planta o en las raíces a partir de inóculo procedente del suelo. Las estructuras de fructificación que aparecen en las hojas superiores y espigas tienen su origen a partir de la diseminación secundaria de conidios. Los pastos silvestres pueden servir como fuentes de inóculo primario y secundario.

Debido a que esta enfermedad probablemente nunca se manifiesta en escala de epifitía, se ha realizado relativamente poca investigación. Sin embargo, se le encuentra en un amplio rango de ambientes y puede presentarse con mayor frecuencia en suelos pobres en fósforo y potasio. En áreas en donde esta enfermedad se desarrolla regularmente, las rotaciones de cultivos que incluyen leguminosas pueden ser exitosas como medida de control.



Figura 152. Un acercamiento de los acérvulos de *C. graminicola*. Nótese la apariencia levantada, la cual se debe a la presencia de setas semejantes a espigas que sobresalen por encima del tejido vegetal,



Figura 151. La presencia de estructuras fructíferas negras (acérvulos) sobre la superficie de los tallos y vainas foliares son signos de antracnosis, causada por *Collectotrichum graminicola*.



Figura 153. Un acercamiento de las setas largas y oscuras que rodean los acérvulos de *C. graminicola* (10 x 10).

Mildiú veloso

Sclerophthora macrospora

El mildiú veloso de los cereales se asocia generalmente con suelos inundados o irrigados. El hongo *Sclerophthora macrospora* tiene un amplio rango de hospedantes en el que se incluyen cereales de grano pequeño, maíz, sorgo y muchos pastos. La enfermedad aparece con mayor frecuencia durante las primeras etapas de crecimiento de la planta, como amarillamiento de las hojas (Figura 154), enanismo severo y amacollamiento excesivo (Figura 155). Gran parte de las plantas severamente enfermas mueren durante las etapas de amacollamiento a elongación temprana. En estas plantas se desarrollan hojas engrosadas, torcidas y usualmente no producen espigas. Cuando se presentan las espigas, las brácteas florales son carnosas, distorsionadas y alargadas (Figura 156). Estas plantas raramente producen grano viable.



Figura 154. Mildiú veloso desarrollándose en trigo de primavera cultivado en terreno con drenaje insuficiente.



Figura 155. Las plantas de trigo con mildiú veloso son enanas y cloróticas (al centro y a la derecha). A la izquierda se encuentra una planta sana.

La apariencia vellosa, debido al desarrollo de conidióforos y conidios, se observa en muchos cultivos pero raramente en cereales de grano pequeño. Se pueden encontrar fácilmente oosporas en el mesófilo de las hojas y vainas foliares inferiores de las plantas enfermas. Las oosporas son esféricas, con paredes lisas y miden 36-60 μm de diámetro (Figura 157). Estas persisten en los residuos infectados de las plantas en suelo seco; germinan en agua o en suelo húmedo y producen esporangios de los cuales se liberan zoosporas. La infección se inicia a partir de zoosporas llevadas por el agua y las plántulas son aparentemente más susceptibles que las plantas adultas.



Figura 156. Triticale infectado por *Sclerophthora macrospora*, el cual muestra deformaciones en tallos, hojas y espigas.

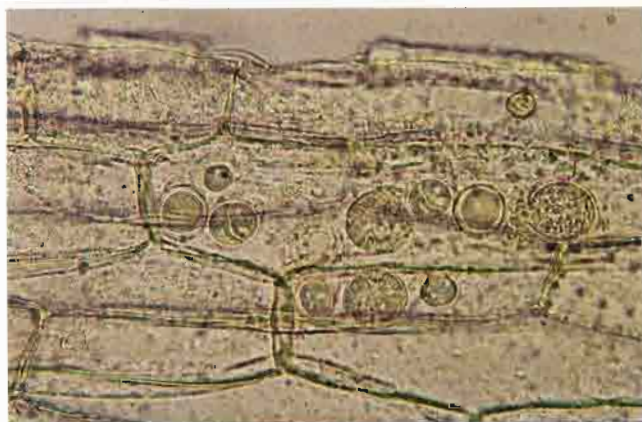


Figura 157. Oosporas de *Sclerophthora macrospora* desarrollándose en el tejido enfermo de la vaina foliar (10 x 40).



Enfermedades misceláneas de las hojas y espigas

Los patógenos foliares de este grupo producen síntomas notorios. Desarrollan estructuras superficiales de fructificación sobre las hojas y ocasionalmente en las espigas. Su actividad reproductora se restringe generalmente a plantas hospedantes vivas, aunque su ciclo sexual puede presentarse en tejido vegetal muerto. *Claviceps purpurea*, causante del cornezuelo del centeno, es estrictamente un patógeno de la espiga (Figura 158).

Figura 158. Síntomas de cornezuelo: rocío de miel y formación de esclerocios en una espiga de cebada (página opuesta) infectada por *Claviceps purpurea* (foto: V. Pederson).

Identificación de los hongos



Hifas de *Erysiphe graminis* en centeno

Erysiphe graminis (oídio o cenicilla polvorienta)

Las estructuras de fructificación formadas de hifas y conidios se desarrollan como parches de color blanco a gris claro en el haz de las hojas. El envés se torna de color verde pálido o amarillo por debajo de las áreas infectadas. Los conidios son ovales, hialinos, unicelulares y miden cerca de $20\text{-}35\ \mu\text{m} \times 8\text{-}10\ \mu\text{m}$. El micelio puede ser raspado de la superficie de las hojas. Conforme las estructuras de fructificación envejecen se oscurecen hasta adquirir un color gris amarillento. En las hojas más viejas se desarrollan estructuras de fructificación esféricas de color negro (cleistotecios) entre el micelio.

Rhynchosporium secalis (escaldadura)

Las lesiones que se producen temprano son de color gris azulado y con el tiempo crecen hasta transformarse en manchas de forma irregular con bordes café oscuros. Los conidios se forman en una capa húmeda y delgada sobre la superficie de los estromas fértiles, son hialinos, con una sola septa, de forma variable, usualmente tienen un gancho y miden $16-20\ \mu\text{m} \times 3-5\ \mu\text{m}$.



Lesiones producidas por *Rhynchosporium secalis* en una hoja de cebada

Cercospora apii (tizón foliar)

Las lesiones aparecen como manchas de color café oscuro, de forma rectangular a alargada sobre la superficie de las láminas y vainas foliares. Los conidióforos son septados de color café oscuro y sobresalen en grupos, a partir de los cuales se producen conidios hialinos, delgados y septados. La longitud de estos conidios varía de 50 a $200\ \mu\text{m}$, y se adelgazan de $3.5\ \mu\text{m}$ en su base a $1\ \mu\text{m}$ en el ápice.



Una lesión típica producida por *Cercospora apii*

Claviceps purpurea (cornezuelo del centeno)

Este hongo produce esclerocios de color gris púrpura oscuro en forma de cuerno que reemplazan a la semilla en las florecillas enfermas. La infección se presenta en el momento de la floración y los ovarios infectados exudan gotitas mucilaginosas y pegajosas (rocío de miel), antes de la formación de los esclerocios. Los conidios no tienen septas, son cilíndricos con extremos redondeados, hialinos y miden $6-9\ \mu\text{m} \times 5-6\ \mu\text{m}$.



Una espiga de trigo con esclerocios producidos por *Claviceps purpurea*

Oídio (Cenicilla polvorienta)

Erysiphe graminis

El oídio es una enfermedad común de los cereales y de algunos pastos e incide particularmente en áreas húmedas. Las pérdidas económicas son mayores en cebada que en otros cereales. *Erysiphe graminis* es un parásito obligado.

Los primeros signos aparecen como colonias de micelio superficial veloso, de color blanco a gris claro, sobre el haz de las láminas (Figura 159). Las vainas foliares y las espigas pueden infectarse bajo condiciones favorables. El micelio que forma los cuerpos fructíferos se oscurecen con la edad hasta adquirir un color gris amarillento (Figura 160). El envés de las hojas enfermas presenta manchas necróticas amarillentas en los puntos de infección. A partir de los conidióforos que se encuentran entre el micelio se producen abundantes conidios secos polvorientos. Más tarde en el ciclo de cultivo se desarrollan estructuras fructíferas esféricas de color negro entre las hifas del micelio.

El micelio crece superficialmente, excepto por los haustorios que se forman en las células de la epidermis. Los conidios son ovoides, hialinos, unicelulares y miden $20-35 \mu\text{m} \times 8-10 \mu\text{m}$ (Figura 161).



Figura 159. Cenicilla polvorienta en trigo, causada por *Erysiphe graminis*. Nótese las hifas blancas superficiales (foto: C. Dowsnell).

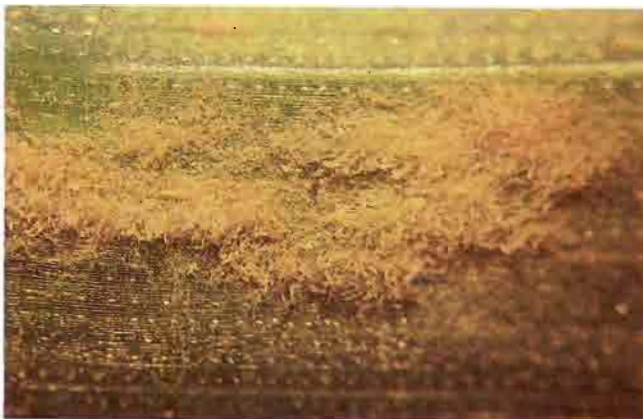


Figura 160. El micelio superficial y las estructuras fructíferas de cenicilla polvorienta se tornan de color gris amarillento con la edad.



Figura 161. Conidios de *E. graminis* (10 x 40).

Las estructuras fructíferas sexuales (cleistotecios) son negras y esféricas, con diámetro de 150-300 μm y una cubierta exterior muy dura (Figura 162). Generalmente necesita pasar un tiempo considerable a la intemperie, o que transcurra el invierno para producir ascosporas maduras. Los cleistotecios que se desarrollan en plantas en crecimiento usualmente contienen ascas inmaduras (Figura 163).

Erysiphe graminis ha adquirido un alto grado de especialización. Aparentemente, cada cereal cultivado tiene su propia forma especial. El triticale parece ser muy resistente a las formas del hongo que atacan al centeno y trigo. Existe una mayor especialización en la forma de razas fisiológicas. La reacción al hongo cambia de acuerdo con las variedades. La presencia de decoloraciones cloróticas y de color café, acompañadas por formaciones miceliales densas y esporulación, se presentan en las variedades susceptibles; mientras que en las variedades más resistentes se presentan solamente manchitas ligeras sin desarrollo micelial.

Sobre los tejidos de las plantas enfermas se desarrollan fácilmente cleistotecios, pero raramente se observan ascosporas maduras por lo que la importancia de éstas como inóculo primario es incierta. Probablemente, el micelio que sobrevive en plantas que permanecen vivas durante el invierno sea el medio más importante para la perpetuación de la enfermedad.

El medio de control más efectivo es el uso de variedades resistentes. Sin embargo, en algunas partes de Europa se usan fungicidas en forma de aspersiones foliares.



Figura 162. Cleistotecios de *E. graminis* que aparecen como puntos negros en el micelio sobre esta hoja de cebada (foto: M. Moore).

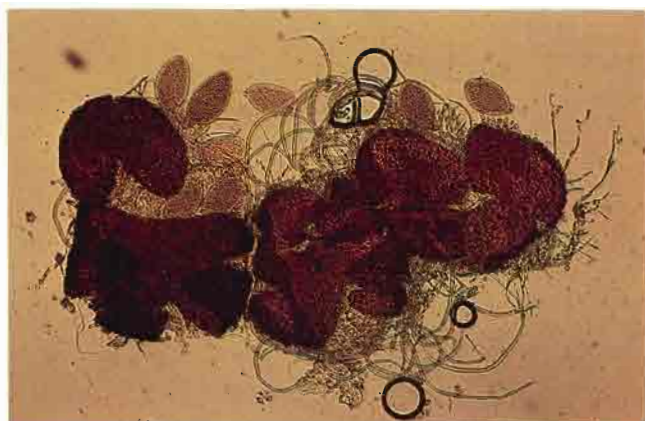


Figura 163. De los cleistotecios de *E. graminis* se liberan ascas inmaduras.

Escaldadura

Rhynchosporium secalis

La escaldadura es principalmente una enfermedad foliar de la cebada y del centeno, aunque también afecta algunos pastos comunes, los cuales pueden servir como reservorios de inóculo primario. Esta enfermedad es muy seria en la cebada que se cultiva en las áreas frías y húmedas de las zonas templadas pero también es muy destructiva en las tierras altas de los trópicos. Por lo general, la escaldadura se restringe a las hojas, aunque bajo condiciones severas de infección también puede infectar las glumas y aristas de la planta de cebada.

La escaldadura es fácilmente identificable por los síntomas foliares. Al comienzo, aparecen lesiones ovales, alargadas o elípticas, con centros gris azulado y bordes de color café oscuro o rojizo (Figura 164). Con el tiempo, las lesiones crecen y coalescen produciendo patrones de varias formas y tamaños. Los centros de las lesiones pasan por varios cambios de color, desde gris azulado (Figura 165) a gris claro y a café paja (Figura 166).

El clima frío y húmedo favorece la esporulación, pero la producción de esporas disminuye o puede cesar

completamente durante el tiempo seco y caliente, o bien conforme las plantas se aproximan a su madurez. Las lesiones de la escaldadura son sitios apropiados para el desarrollo de organismos saprofitos o parásitos facultativos. Los conidios se desarrollan desde una capa de micelio bajo la cutícula. A medida que los conidios se desarrollan la cutícula se desintegra liberándolos. Aparecen como una capa húmeda y compacta de células incoloras semejantes a las de la levadura. Los conidios son hialinos, con una sola septa y tanto su forma como su tamaño varían considerablemente. La mayor parte de las esporas tienen un gancho o pico y miden $16-20\ \mu\text{m} \times 3-5\ \mu\text{m}$ (Figura 167).

El hongo sobrevive como micelio sobre desechos vegetales, en pastos y cereales infectados. La producción de esporas se inicia temprano durante el ciclo de cultivo, con tiempo frío y húmedo. Las infecciones primarias y secundarias son causadas por conidios. Esta enfermedad se logra controlar con el uso de variedades resistentes y por medio de rotaciones, en las cuales se incluyen cultivos diferentes a cebada y centeno.



Figura 164. Síntomas iniciales de escaldadura en una hoja de cebada, causados por *Rhynchosporium secalis*.



Figura 166. Las lesiones de escaldadura se fusionan y tornan de color color café con la edad.

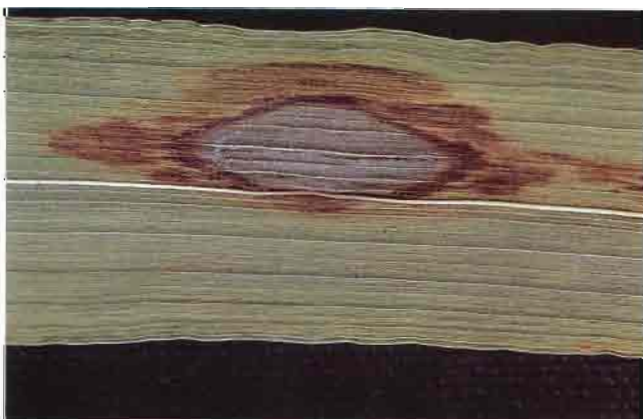


Figura 165. Una lesión inicial de escaldadura (foto: S. Fuentes).

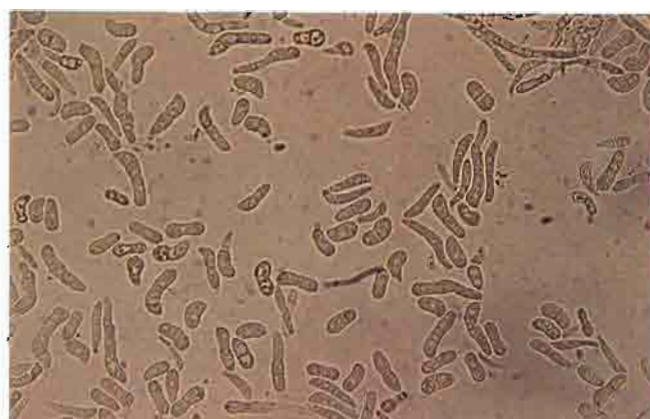


Figura 167. Conidios de *Rhynchosporium secalis* (10 x 40).

Tizón foliar o mancha causada por *Cercospora*

Cercospora apii

Las manchas foliares causadas por *Cercospora apii* son comunes a un amplio rango de plantas herbáceas, pero raramente causan pérdidas económicas serias en los cultivos de cereales. El hongo se comporta generalmente como parásito débil, aunque cuando las condiciones son favorables ocasionalmente causa una enfermedad que mancha las hojas de cereales de grano pequeño. La mancha causada por *Cercospora* se encuentra con mayor frecuencia en trigo y triticale bajo condiciones de alta humedad y temperatura.

La enfermedad se desarrolla como manchitas necróticas de forma rectangular a alargada con áreas más oscuras en el centro de las lesiones (Figura 168). Las estructuras de fructificación se desarrollan superficialmente en grupos de conidióforos oscuros, que usualmente emergen a través

de los estomas, a partir de micelio inmerso en el tejido foliar (Figura 169). Normalmente, los conidióforos no tienen ramificaciones y se presentan ligeramente hinchados en su base. La parte basal de los conidióforos es más oscura que la porción superior. Miden cerca de 30-70 μm de largo, 3-4 μm de ancho en el ápice y 5-9 μm en la base (Figura 170). Los conidios son claviformes, rectos o ligeramente curvos miden 3-5 μm de ancho en la base y se adelgazan gradualmente hasta 1 μm en el ápice. Son lisos, hialinos, tienen de 9 a 17 septas y su longitud varía de 50 μm a 200 μm (Figura 171). No se conocen investigaciones sobre el desarrollo de variedades resistentes a *Cercospora*.



Figura 168. Una lesión oscura y alargada, causada por *Cercospora apii* en trigo.

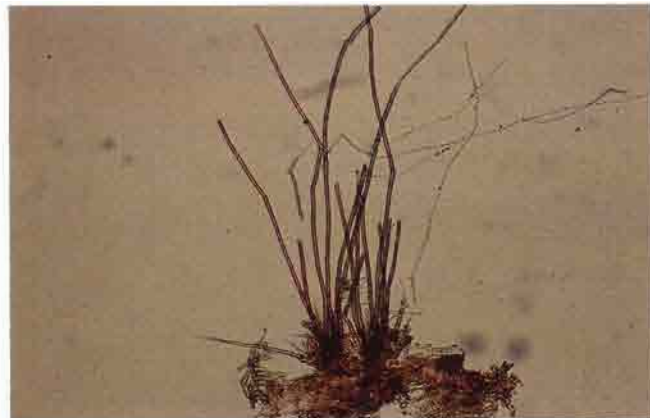


Figura 170. Un acercamiento de una estructura fructífera de *Cercospora apii* (10 x 10).



Figura 169. Aglomeraciones de conidióforos oscuros que dan a las lesiones producidas por *Cercospora apii* una apariencia oscura y arbustiva (50 x).

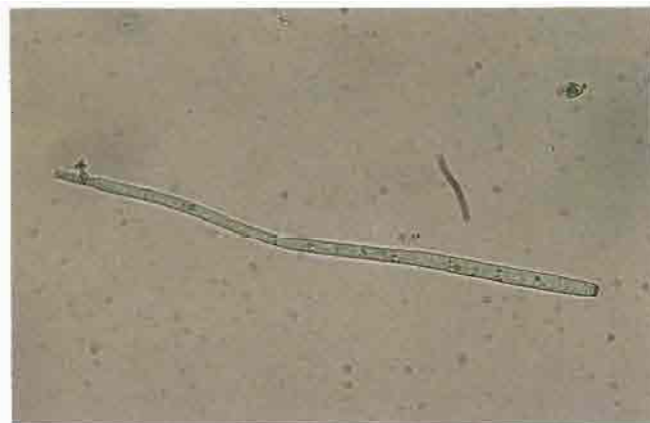


Figura 171. Un conidio de *Cercospora apii*.

Cornezuelo del centeno

Claviceps purpurea

El cornezuelo del centeno se ha considerado como una enfermedad de este cereal, pero también se presenta en triticale, cebada, avena y muchos pastos. El hongo invade sólo los órganos productores de semilla y por lo general las pérdidas de rendimiento causadas por esta enfermedad son menos serias que las causadas por el descenso de la calidad del grano. Los cuerpos del cornezuelo que reemplazan a los granos son tóxicos para el hombre y los animales y es difícil removerlos del grano cosechado sin equipo especial.

El cornezuelo es fácilmente identificable. Los primeros síntomas aparecen durante la floración como gotitas de un exudado pegajoso sobre las florecillas infectadas (la etapa de rocío de miel, Figura 172). Conforme las plantas se aproximan a su madurez, algunos granos son reemplazados por esclerocios de color negro purpúreo que sobresalen de las espiguillas (Figura 173). Los esclerocios oscuros del cornezuelo pueden también ser detectados entre el grano trillado.

El hongo sobrevive el invierno en la superficie del suelo o como esclerocios en residuos vegetales. Durante la primavera y la primera parte del verano, se desarrollan pequeños estromas en forma de talos a partir de los esclerocios (Figura 174). Los peritecios, inmersos en las cabezas

de los estromas que poseen forma de seta, liberan ascosporas que pueden infectar los estigmas y los ovarios de cereales de grano pequeño y pastos. En pocos días, se empieza a exudar de los ovarios infectados el rocío de miel que contiene conidios. Este rocío de miel es diseminado por insectos a otras flores y los conidios causan la infección de florecillas en forma similar a las ascosporas. Los conidios maduros no son septados, son hialinos, cilíndricos con extremos redondeados y miden $6-9 \mu\text{m} \times 5-6 \mu\text{m}$. Conforme pasa la etapa de floración cesa la producción de rocío de miel y los ovarios forman esclerocios del hongo, en lugar de grano. A la madurez, los esclerocios se desarrollan como estructuras sobresalientes de color oscuro, dos o tres veces más grandes que los granos normales.

El cornezuelo se encuentra con mayor frecuencia en climas templados fríos. La prevalencia de la enfermedad en esas áreas puede estar relacionada con la susceptibilidad de los pastos nativos. El grado de infección que muestran las variedades depende generalmente más de los hábitos de floración y de las estructuras florales que de la resistencia genética al hongo. Es más probable que resulten más afectados los cultivos en los cuales las florecillas permanecen abiertas por largos períodos en la época de floración. La incidencia de la enfermedad puede ser reducida cortando los pastos que crecen a lo largo de los caminos y de los bordes de los campos.



Figura 172. Rocío de miel exudado de las florecillas de una espiga de cebada infectada con *Claviceps purpurea* (foto: V. Pederson).



Figura 173. Cuerpos de cornezuelo (esclerocios) de *Claviceps purpurea* (foto: V. Pederson).



Figura 174. Estromas desarrollándose de un esclerocio de cornezuelo después de estar a la intemperie (foto: M. Moore).



Hongos saprofitos y patógenos débiles

Estos organismos, llamados con frecuencia hongos de campo, son agresivos productores de esporas. Están ampliamente distribuidos y se reproducen en tejido vegetal enfermo, maduro o muerto, especialmente durante períodos de alta humedad. A menudo, los hongos saprofitos (de campo) se presentan en plantas afectadas por condiciones desfavorables u otras enfermedades tales como: pudriciones de la raíz, tizones de las hojas, acame, ataques de áfidos, enfermedades bacterianas o virosas. Si los hongos saprofitos no aparecen en un lote o vivero en donde prevalece una enfermedad en particular en plantas individuales, esto indica que es posible que esas plantas escaparan del patógeno primario o que son resistentes.

Los géneros más comunes, tales como *Alternaria*, *Stemphylium*, *Epicoccum*, *Cladosporium* y *Torula* invaden las hojas, tallos y espigas de plantas de cereales que han sufrido efectos severos de factores desfavorables o que se encuentran en la etapa de maduración. A la coloración gris o negra de las espigas y de la semilla debido a estas infecciones fúngicas se le llama moho de hollín, punto negro o tizne (Figura 175). El desarrollo de micelio y decoloración del grano (punta negra) puede reducir rendimiento y calidad.

Algunos patógenos débiles son habitantes regulares de pastos y malezas, pero si las condiciones son propicias pueden infectar los cultivos cerealícolas. Entre este grupo se encuentran especies de los géneros *Phoma*, *Pleospora* y

Cercosporidium. Su presencia en cereales se debe por lo general a una infección secundaria, pero también pueden comportarse como patógenos primarios produciendo manchas en las hojas y brácteas florales. Usualmente, las pérdidas económicas debidas a estos patógenos son insignificantes, pero complican la identificación de enfermedades debido a su presencia junto con los patógenos primarios en las mismas lesiones.

Los hongos saprofitos pueden alterar la apariencia del tejido invadido, ya que rara vez producen síntomas característicos. Se identifican por la morfología de sus estructuras de fructificación, particularmente de las esporas.

Figura 175. Típico moho de hollín en espigas de trigo (página opuesta), causado por *Torula* spp.

Alternaria spp.



Figura 176. Tizón de la hoja en trigo, causado por *Alternaria tritricina*.

En todo el mundo se ha establecido un gran número de especies del género *Alternaria*. La mayor parte de las especies existen como saprofitos o patógenos de cultivos diferentes de los cereales. Algunas especies, tales como *A. tritricina* causan tizones severos en las hojas (Figura 176) y espigas del trigo y triticale, pero no infectan cebada o avena. Estas enfermedades fueron reportadas primero en India y recientemente se informó de su presencia en trigo en el Occidente de Asia y el Norte de Africa.

Las colonias de hongos son de color gris oscuro a negro y se desarrollan a partir de micelio inmerso o parcialmente superficial. Los conidióforos son de color café oscuro a oliváceo, se desarrollan solos u ocasionalmente en pequeños grupos, pueden ser simples o ramificados y usualmente tienen un grosor de 3-6 μm (Figura 177). Los conidios de *Alternaria* spp. tienen características morfológicas únicas, por medio de las cuales este género puede ser fácilmente identificado. Sin embargo, las similitudes entre las especies dentro del género hacen que la identificación de las especies sea muy difícil. Los conidios de la mayoría de las especies saprofitas de *Alternaria* que se presentan en cereales se desarrollan en cadenas, son ovoides o elipsoidales y con frecuencia uno de sus extremos se adelgaza hasta formar un pico. Son de color café de tono medio a oscuro. Tienen paredes lisas o ligeramente rugosas, varias septas transversales, longitudinales u oblicuas y miden 20-90 μm x 8-20 μm (Figura 178).

Las especies que causan manchas foliares desarrollan conidios solos o en cadenas algo más grandes hasta de 100 μm de longitud y 30 μm de ancho, pero son muy similares en otras características (Figura 179). Pueden distinguirse de otras formas saprofitas por su habilidad para parasitar al trigo.



Figura 177. Conidióforos de *Alternaria* spp. (50 x).



Figura 178. Conidios de una especie (silvestre) saprofita de *Alternaria* (10 x 40).

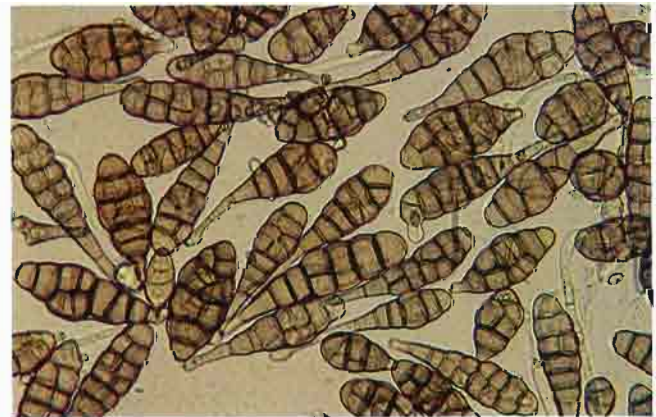


Figura 179. Conidios más grandes de *Alternaria triticina* (10 x 40). Compárese con la Figura 178.

Stemphylium botryosum

Esta especie se presenta en todas partes como un saprofito común de material vegetal muerto. Algunas especies son parásitos de leguminosas y de hortalizas. Las estructuras de fructificación se encuentran en colonias dispersas y se desarrollan conidióforos individuales cortos a partir de micelio o estroma sumergidos de los cuales produce un sólo conidio (Figuras 180 y 181). Los conidióforos desarrollan protuberancias terminales oscuras, una después de otra, en forma sucesiva a medida que se produce cada nuevo conidio. Los conidios varían en forma de globosos ovoides a cilíndricos con extremos redondeados, tienen algunas septas transversales y longitudinales oblicuas pero carecen del pico prominente que caracteriza a *Alternaria* spp. Son de color café oscuro a negro, tienen una superficie ligeramente rugosa y miden 25-40 μm x 20-30 μm (Figura 182).



Figura 180. Lesión en una hoja de trigo, en la cual se están desarrollando estructuras fructíferas de *Stemphylium* spp.



Figura 181. Una colonia densa de *Stemphylium botryosum* esporulando sobre una hoja de trigo (50 x).



Figura 182. Conidios de *Stemphylium botryosum* (10 x 40).

Cladosporium spp.

Este género incluye un gran número de formas que presentan una considerable variación en sus características morfológicas. Dos de las especies más comunes, especialmente abundantes en material vegetal muerto son *Cladosporium herbarum* y *C. macrosporum*.

Las estructuras de fructificación se desarrollan en grupos que semejan arbustos de color gris a verde oliva o café obscuro (Figura 183). Generalmente, los conidióforos son ramificados, particularmente en su extremo superior (Figuras 184 y 185). Los conidios son ovoides, cilíndricos u oblongos con extremos redondeados, de color café de tono medio a oliváceo, tienen paredes lisas o rugosas y el número de septas puede variar de cero a tres. El tamaño de los conidios varía considerablemente dentro de cada especie y entre ellas (Figura 186).

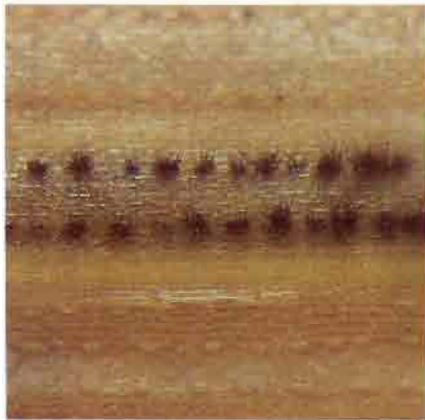


Figura 183. Estructuras fructíferas de *Cladosporium* spp. (50 x). Nótese la apariencia oscura y arbustiva.



Figura 184. Un grupo de conidióforos de *Cladosporium* spp. desarrollándose de un micelio subepidérmico.



Figura 185. Dos conidióforos de *Cladosporium* spp. mostrando el desarrollo de conidios en los extremos superiores.



Figura 186. Conidios de *Cladosporium* spp. (10 x 40). Nótese la variación de tamaño y forma.

Pleospora spp.

Varias especies de *Pleospora* que causan manchas de hojas desarrollan peritecios en cereales y pastos (Figura 187). Estos hongos se presentan como parásitos o saprofitos y pueden producir manchas foliares o invadir lesiones producidas por otros parásitos. Las estructuras de fructificación (peritecios) se presentan en pequeñas colonias diseminadas en áreas necróticas (Figura 188). Las ascosporas varían en tamaño, forma y color, pero todas tienen septas transversales y longitudinales (Figuras 189 y 190). Algunas de las especies que se desarrollan en los cereales tienen ascosporas de color amarillo a café. *Pleospora herbarum* es el estado sexual de *Stemphylium botryosum*.

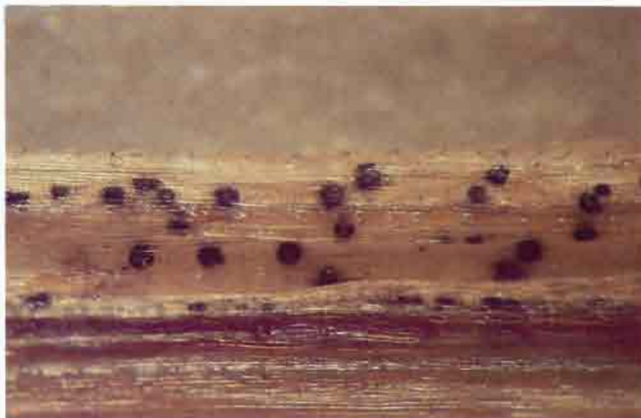


Figura 187. Una colonia de peritecios de *Pleospora* spp. en avena (50 x).

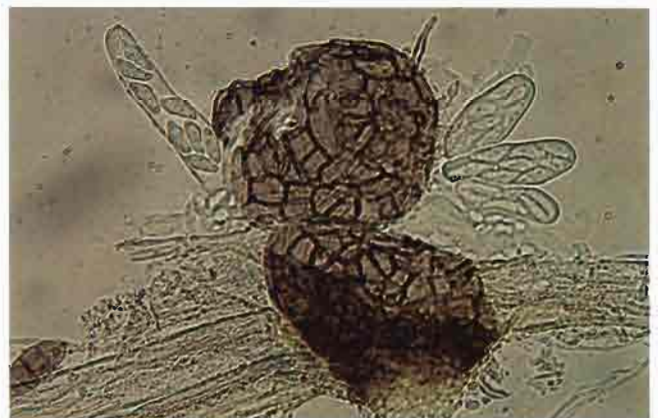


Figura 189. Dos peritecios y las ascas (que contienen ascosporas) de *Pleospora* spp. (10 x 10).

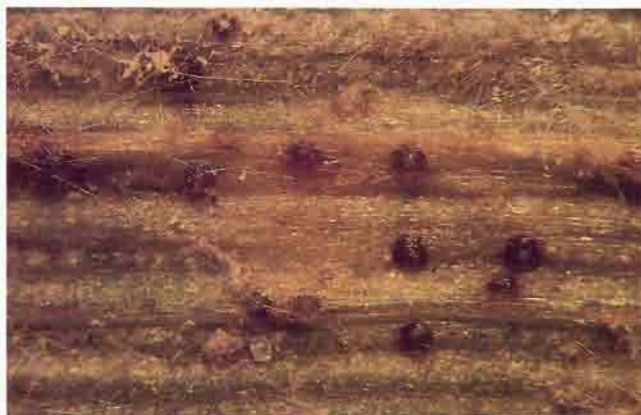


Figura 188. Peritecios de *Pleospora* spp. desarrollándose en tejido foliar verde de trigo (50 x).



Figura 190. Las ascosporas de *Pleospora* spp. típicamente desarrollan septas transversales y longitudinales (10 x 40).

Torula spp.

Las especies del género *Torula* son hongos que producen un típico aspecto de hollín. Invaden espigas, partes superiores de tallos y vainas foliares, las cuales aparecen cubiertas de un crecimiento fungoso aterciopelado, de color gris oscuro a café negruzco (Figura 191). El desarrollo superficial del micelio es restringido y los conidióforos son poco notorios. Los conidios se desarrollan en cadenas largas y parecen levantarse de segmentos de micelio superficial.



Figura 191. Tallos, espiga y granos de trigo afectados por *Torula* spp. (izquierda). Espiga sana a la derecha.

Cuando maduran, las cadenas conidiales se rompen en segmentos de una a muchas células. Los conidios son unicelulares esféricos, con diámetros de aproximadamente $6\ \mu\text{m}$, finamente equinulados y de color café oscuro a negro (Figura 192). El crecimiento fungoso se desarrolla frecuentemente en cereales, en la Meseta Central de México, durante las épocas húmedas de cosecha.



Figura 192. Conidios oscuros y con paredes gruesas de *Torula* spp. que forman cadenas y están cubiertos por una película aceitosa cuando se secan (foto: K.A. Mujeeb—aumento: $10 \times 16 \times 1.25$).

Phoma spp.

Las especies del género *Phoma* se encuentran ampliamente distribuidas y usualmente se presentan como patógenos en muchas plantas tanto herbáceas como leñosas. Su actividad patogénica está considerablemente restringida en los cultivos cerealícolas y los pastos. Se ha observado que *P. glomerata* es el organismo causal de una enfermedad que produce manchas en las hojas de trigo y triticale en México, América Central y América del Sur. Su acción como patógeno se presenta generalmente después de períodos prolongados de tiempo húmedo. Las especies del género *Phoma* se observan frecuentemente como invasores secundarios en hojas (Figura 193) y brácteas florales de los cereales (Figura 194) durante la etapa de maduración.

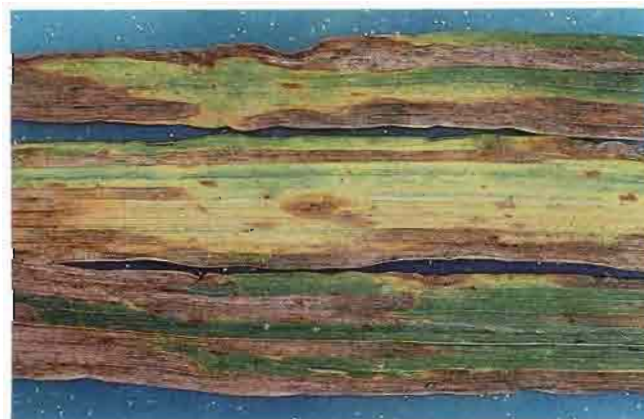


Figura 193. *Phoma* spp. desarrollándose en hojas que han crecido bajo condiciones desfavorables.

Las estructuras fructíferas son picnidios oscuros y esféricos, los cuales pueden estar inmersos en el tejido hospedantes o desarrollarse superficialmente. En los picnidios de la mayoría de las especies que se desarrollan en cereales está presente un cuello sobresaliente (Figuras 195 y 196). Los conidios son de forma ovoide a alargada, unicelulares y subhialinos. Su característica unicelular distingue a *Phoma* spp. de los hongos picnidiales del complejo septoria. Los conidios de *P. glomerata* son subhialinos al principio, se tornan de color café grisáceo claro cuando maduran y miden $4-8 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$ (Figuras 197 y 198).



Figura 196. Los picnidios de *Phoma* spp. se desarrollan con frecuencia en colonias compactas y producen esporas en abundancia (10 x 10).



Figura 194. Espiguillas de trigo cubiertas con picnidios de *Phoma glomerata*.

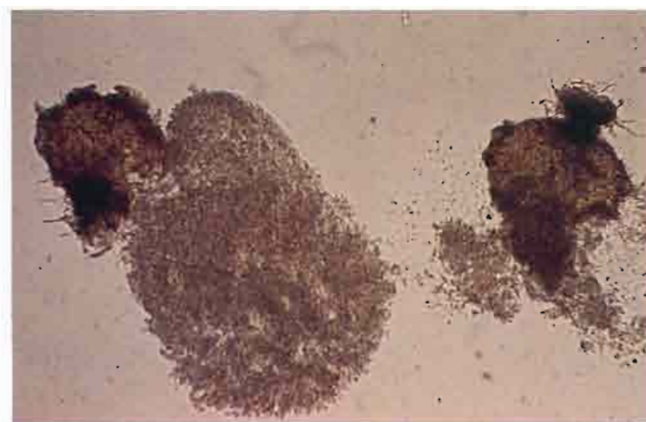


Figura 197. Dos picnidios de *Phoma* spp. liberando conidios. Nótese el prominente cuello a la derecha (10 x 10).



Figura 195. Los picnidios de *Phoma* spp. están parcialmente inmersos en el tejido de la planta hospedante. Nótese la forma esférica y los cuellos prominentes (50 x).

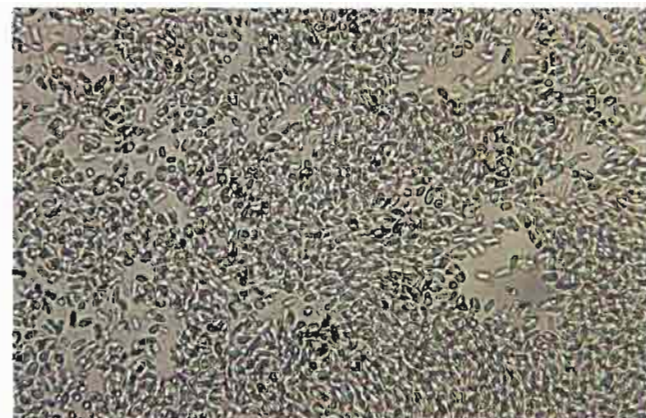


Figura 198. Conidios unicelulares de *Phoma glomerata* (10 x 40).

Epicoccum nigrum

Este hongo se presenta en todas partes como saprofito en material vegetal muerto y también en lesiones de manchas foliares causadas por otros hongos o bacterias. Las estructuras fructíferas crecen en grupos pequeños, semi-esféricos, compuestos de esporas negras que se desarrollan a partir de esporodoquios (Figuras 199 y 200). El micelio se encuentra inmerso en el tejido vegetal. Los conidióforos son compactos, muy cortos, lisos y producen una sola espora terminal. Los conidios maduros son de color café oscuro a negro, globosos o ligeramente angulares e irregularmente septados (Figura 201). Con frecuencia, las septas son obscurecidas por las paredes gruesas y rugosas de la espora.

Fuera de la variación en el tamaño de las esporas, existe en todo el mundo un alto grado de uniformidad en las características morfológicas de las diferentes especies del género *Epicoccum*. En observaciones de campo, los esporodoquios negros pueden confundirse con los picnidios de *Septoria* sp. Sin embargo, los esporodoquios de *Epicoccum nigrum* son fácilmente frotados con el dedo, mientras que los picnidios de *Septoria* permanecen inmersos en los tejidos vegetales.



Figura 199. Esporodoquios de *Epicoccum nigrum* desarrollándose en paja de triticale (50 x).

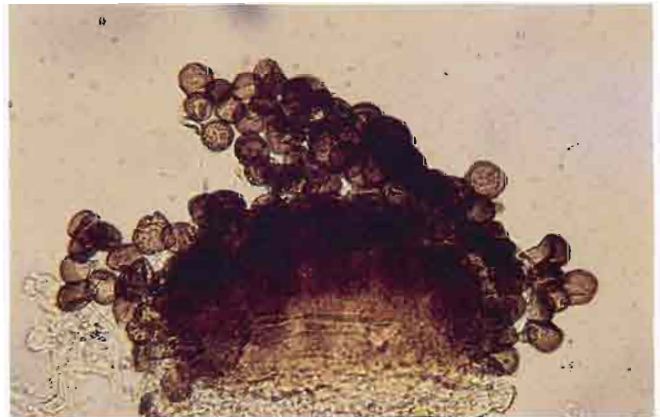


Figura 200. Acercamiento de un esporodoquio liberando conidios de *Epicoccum nigrum* (10 x 40).



Figura 201. Conidios de *Epicoccum nigrum* (10 x 40).

Cercosporidium graminis

Cercosporidium graminis se presenta generalmente como un patógeno foliar en pastos y ocasionalmente infecta centeno, triticale y avena. Las lesiones se desarrollan en manchas o bandas angostas y alargadas. Las manchas aparecen decoloradas, de color verde amarillento a gris pálido, con numerosas manchitas negras esparcidas en las áreas necróticas. Las lesiones en hojas de avena tienen un tinte rojo amarillento (Figura 202).

Las estructuras fructíferas aparecen como un ramillete de puntas levantadas por sobre la superficie foliar. Los conidios se forman individualmente sobre los ápices de los grupos compactos de conidióforos que sobresalen a través de la epidermis (Figura 203). Los conidios son lisos, de color gris pálido a café oscuro, generalmente tienen una o dos septas y se adelgazan gradualmente hasta terminar en un ápice redondeado. Cerca de la base miden de $8\ \mu\text{m}$ a $12\ \mu\text{m}$ de ancho y alcanzan longitudes de hasta $60\ \mu\text{m}$ (Figura 204).

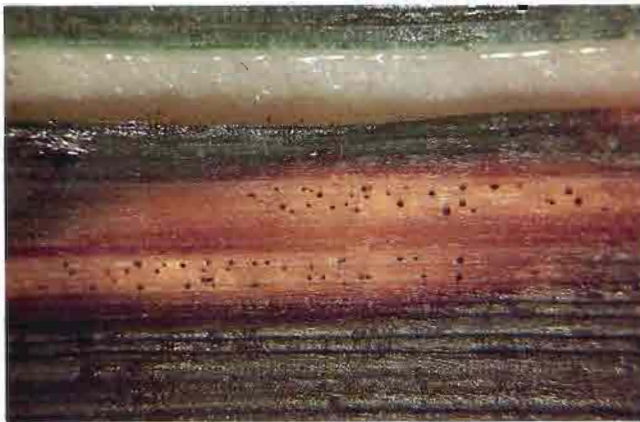


Figura 202. Lesión roja amarillenta sobre una hoja de avena, causada por *Cercosporidium graminis* (50 x). Nótese los grupos de estructuras fructíferas dispersas (véase Figura 203).

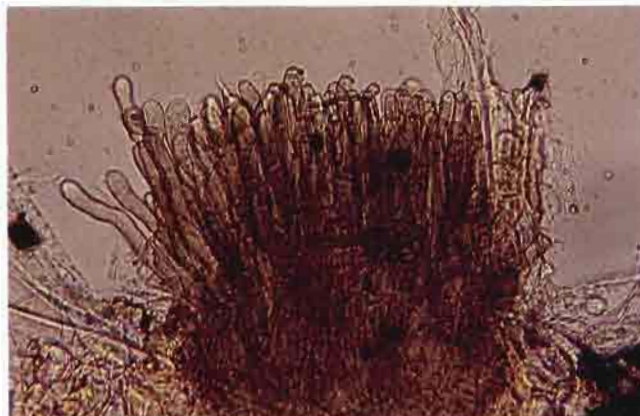


Figura 203. Grupos densos de estructuras fructíferas de *C. graminis* atraviesan la epidermis de las hojas (10 x 10).

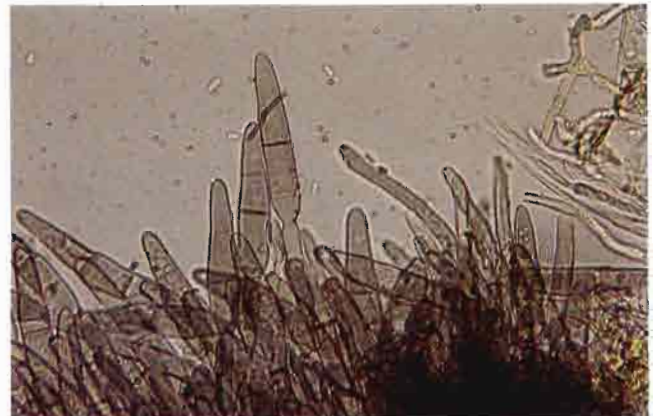


Figura 204. Los conidios de *C. graminis* usualmente son grisáceos y tienen de una a varias septas (10 x 40).



Enfermedades bacterianas

Los patógenos bacterianos de las plantas son bastoncillos unicelulares cuya longitud varía de 1 a 3 μm . No tienen un núcleo bien definido ni tampoco una membrana nuclear. Las bacterias son diseminadas por insectos, corrientes de aire, salpicaduras de lluvia y medios mecánicos. La penetración del tejido hospedante se realiza a través de heridas o aberturas de los estomas y por lo general es necesaria la presencia de agua libre para que se produzca la infección. Estos patógenos invaden el sistema vascular o los espacios intercelulares del tejido hospedante y la necrosis es resultado de la producción de toxinas o la actividad enzimática de las bacterias (Figura 205).

Las infecciones en los cultivos de cereales aparecen como estrías mojadas, manchas o pudriciones. En esa publicación, la identificación de las enfermedades bacterianas está limitada a los síntomas producidos y las especies atacadas. Algunos patógenos bacterianos en condiciones de alta humedad forman gotitas de exudado que emanan lentamente y llegan más allá del área de la lesión (Figura 206). Estas bacterias son capaces de moverse entre las células en una matriz gelatinosa. Algunas otras especies de bacterias no forman exudados sobre la superficie y la diseminación de la enfermedad está entonces más o menos restringida a las lesiones que rodean el punto de infección inicial.

Las bacterias patógenas son diseminadas principalmente por corrientes de aire, agua e insectos. Persisten en la semilla, desechos vegetales y en el suelo. Una medida de control importante es el uso de semilla libre de enfermedades o de semilla desinfectada. Existen variedades resistentes a algunas enfermedades bacterianas. Las aspersiones de bactericidas son usadas efectivamente en hortalizas y plantas ornamentales, pero generalmente son antieconómicas en cereales.

Figura 205. Rayado bacteriano en hojas de cebada (página opuesta), causado por *Xanthomonas translucens* (foto: S. Fuentes).

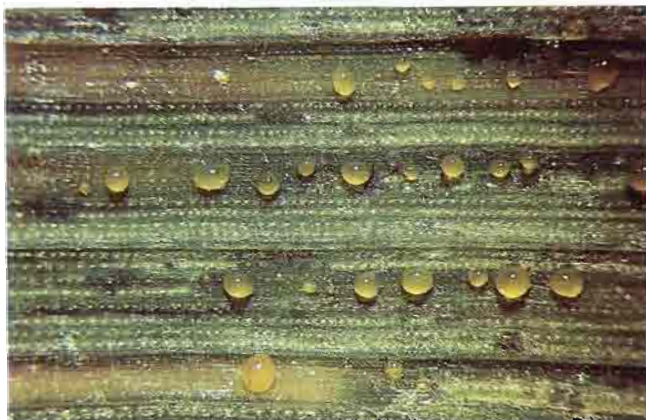


Figura 206. Se pueden presentar gotitas de exudado bacteriano, bajo condiciones de alta humedad sobre la superficie de hojas enfermas. Algunos patógenos bacterianos producen un exudado amarillo claro; otros como *X. translucens* (que se muestra aquí) producen un exudado amarillo turbio.

Rayado bacteriano y pajilla negra

Xanthomonas translucens

El rayado bacteriano y la pajilla negra causados por *X. translucens* son las enfermedades bacterianas más comunes de los cultivos cerealícolas y se presentan en todas las regiones del mundo en donde se les cultiva. Este patógeno ataca al trigo, cebada, centeno, triticale y muchos pastos. Todas las partes de la planta que se encuentran arriba de la superficie del suelo pueden afectarse, pero la enfermedad se presenta con mayor frecuencia en las hojas y las glumas.

Cuando la bacteria ataca las hojas y tallos la enfermedad es conocida como rayado bacteriano. Los primeros síntomas aparecen como pequeñas manchas mojadas o estrías

lineales café claro. Las lesiones tienden a desarrollarse longitudinalmente entre las nevaduras durante sus primeras etapas (Figura 207), pero eventualmente se expanden y coalescen, produciendo manchas irregulares de color café grisáceo. Bajo condiciones de alta humedad, a lo largo de las lesiones se forman gotitas de exudado bacteriano de color amarillo (Figura 208). Cuando el exudado se seca, se forman sobre la superficie de las hojas pequeños gránulos amarillentos o escamas delgadas y brillantes. La enfermedad progresa a las vainas foliares y a los tallos adyacentes causando un manchado obscuro y debilitamiento de los tallos.



Figura 207. *Xanthomonas translucens* en una hoja de cebada. Nótese como las lesiones iniciales tienden a desarrollarse longitudinalmente entre las nervaduras.



Figura 208. Exudado amarillento, turbio típico de *X. translucens* (50 x).

Cuando se infectan las espigas y sus bases, la enfermedad se conoce como pajilla negra. Se reconoce fácilmente por las rayas oscuras, lineales y mojadas que aparecen en las glumas y lemas (Figura 209). Usualmente, la enfermedad aparece primero en las partes superiores de las glumas. Conforme se desarrolla la enfermedad, las lesiones coalescen, produciendo un manchado negro en las glumas, lemas y pedúnculos. Bajo condiciones severas, los granos pueden mancharse y arrugarse.

La enfermedad es a menudo confundida con necrosis café (pág. 132) y tizón de la gluma (pág. 41). Se ha informado que el estriado bacterial de la avena, causado por *Pseudomonas striafaciens*, desarrolla síntomas muy semejantes a los producidos por *X. translucens* (Figura 210).



Figura 209. Síntomas de pajilla negra en una gluma de trigo, causados por *X. translucens*. Nótese las estrías oscuras y angostas que empiezan en la base de la arista y la apariencia viscosa que se debe al exudado bacteriano.



Figura 210. Lesiones de rayado bacteriano en hojas de avena, causadas por *Pseudomonas striafaciens*. Nótese como las lesiones se encuentran cerca o en los bordes de las hojas (foto: M. Moore).

Pudrición basal de la gluma

Pseudomonas atrofaciens

P. atrofaciens se presenta en trigo, cebada, centeno y triticale. Está ampliamente distribuida, pero normalmente es de menor importancia económica. La enfermedad afecta las brácteas florales y el grano; y puede ser reconocida por las decoloraciones de las partes inferiores de las glumas que adquieren una tonalidad café grisácea clara (Figura 211). El manchado oscuro es más pronunciado en el lado interior de las glumas y lemas y puede extenderse al raquis y a los granos (Figura 212). Durante largos períodos húmedos puede formarse un exudado bacteriano de color gris blacuzco sobre las lesiones decoloradas. Las infecciones tempranas de pudrición basal de la gluma causan el arrugado y decoloración de los granos.



Figura 211. Síntomas típicos de pudrición basal de la gluma, causada por *Pseudomonas atrofaciens*. Nótese la decoloración café grisácea de la parte baja de las glumas.



Figura 212. El manchado causado por *P. atrofaciens* es más pronunciado en el interior de las glumas. A la derecha, se muestra una semilla totalmente destruida por las bacterias.

Tizón del halo de la avena

Pseudomonas coronafaciens

El tizón de halo se presenta en la mayoría de las regiones productoras de avena del mundo. Las especies cultivadas de este cereal y algunos pastos son susceptibles. La enfermedad se presenta con más frecuencia en las láminas, pero pueden infectarse también las vainas foliares y las panículas. Las lesiones tempranas son manchas pequeñas, ovales, mojadas y de color paja a café claro (Figura 213). Los bordes que rodean las manchas se vuelven gradualmente de color amarillo pálido y se tornan mojados (Figura 214).

Bajo condiciones de humedad, se puede formar un exudado bacteriano en las lesiones, pero no extendiéndose tanto como en las plantas infectadas con *Xantomonas translucens* o con *Pseudomonas striafacens*. La lesión de la enfermedad tiende a restringirse al área de color café que rodea el punto de infección inicial (Figura 215).

Los áfidos y otros insectos transportan las bacterias de planta a planta y al alimentarse proporcionan un medio apropiado para que las bacterias penetren en el tejido del hospedante. La enfermedad puede transmitirse por medio de la semilla, pero debido a que las bacterias sobreviven en los residuos vegetales y pastos hospedantes, el tratamiento de la semilla no asegura la ausencia de esta enfermedad.



Figura 213. Típica lesión inicial del tizón de halo de la avena, causado por *Pseudomonas coronafaciens*. Nótese la apariencia mojada.



Figura 214. A medida que las lesiones del tizón de halo de la avena envejecen, los bordes que las rodean se tornan de color verde amarillento (foto: M. Moore).



Figura 215. Las lesiones causadas por *P. coronafaciens* tienden a restringirse a las áreas cafés que rodean los sitios de infección.

Tizón bacteriano de la espiga

Corynebacterium tritici

El tizón de la espiga es una enfermedad del trigo y se conoce también como "tundu" y pudrición amarilla de la espiga. Esta enfermedad se presenta en el Norte de Africa, Asia y Australia, generalmente está asociada con *Anguina tritici*, un nematodo que forma agallas. Sin embargo, ha sido observado en algunas áreas de América del Norte, sin estar asociado al tizón bacteriano de la espiga.

Generalmente, la enfermedad se restringe a las espigas y tiene aspecto de lodo pegajoso y amarillo. Estas emergen de su vaina cubiertas con una masa de exudado bacteriano pegajoso. Las hojas y las espigas están distorsionadas y producen poca semilla o semilla no viable (Figura 216). Si el nematodo de agalla se encuentra asociado con la enfermedad, los granos son reemplazados por semillas con agallas (Figura 217). La enfermedad se disemina a través de semillas contaminadas, en el suelo o en asociación de semillas con agallas. Las larvas de *Anguina tritici* son liberadas de las agallas en el suelo y pueden servir como vectores para las bacterias con las cuales se han contaminado (Figura 218).



Figura 216. Hojas de bandera distorsionadas y la formación de un exudado pegajoso en las espigas son síntomas típicos del tizón bacteriano de la espiga, causado por *Corynebacterium tritici* (foto: E.E. Saari).



Figura 217. Una espiga de trigo, semillas normales y agallas (cocleas) causado por una infestación del nematodo *Anguina tritici*. Estos nematodos pueden transportar el inóculo de *C. tritici*.



Figura 218. Acercamiento de una agalla (cocleas) procedente de una espiga de trigo. Se ha cortado la agalla para revelar la masa de nematodos en dormancia.

Tizón bacteriano de la hoja

Pseudomonas syringae

En muchas áreas del mundo esta especie es un patógeno común del maíz, sorgo y frijol, pero sólo recientemente ha sido reconocido como un patógeno serio de los cereales de grano pequeño. La enfermedad prevalece y es destructiva en trigo harinero, trigo cristalino y triticale en las Grandes Planicies de Estados Unidos de América y probablemente también en otras áreas cerealeras.

Las lesiones tempranas aparecen como manchas pequeñas, verdes decoloradas, mojadas, que se expanden rápidamente y bajo condiciones favorables producen manchas irregulares de color café amarillento (Figura 219). Bajo condiciones de alta temperatura y humedad la enfermedad se desarrolla con más rapidez y las lesiones producen exudado bacteriano. *P. syringae* no produce los síntomas típicos de rayado en las hojas o de pajilla negra que caracteriza a *X. translucens*.

Se conoce poco respecto a la etiología de la enfermedad y su control. Se ha informado que algunas variedades de trigo son resistentes a esta bacteria.

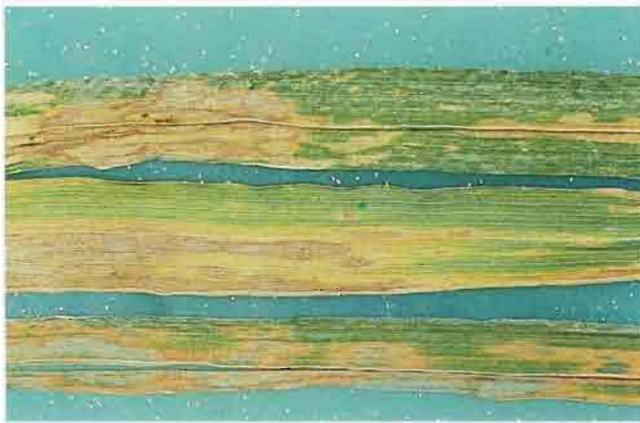


Figura 219. Lesiones típicas en hojas de trigo producidas por *Pseudomonas syringae*.



Enfermedades causadas por virus y micoplasmas

Los virus son formas biológicas muy pequeñas, capaces de infectar células vivas y de causar daños a sus hospedantes. Los micoplasmas durante algún tiempo fueron considerados como virus, debido a que causan enfermedades semejantes a las virosas, pero recientemente se les ha dado una categoría propia entre las bacterias y los virus. Los micoplasmas se parecen de alguna manera a las bacterias, pero son más pequeños y no tienen una pared celular rígida. Tienen una membrana exterior muy fina, lo cual les permite tener una mayor flexibilidad que la que tienen las bacterias.

Los virus y micoplasmas causan enfermedades a los cultivos de cereales y pueden ser transmitidos por: áfidos, chicharritas (cicadélidos y fulgósidos), ácaros, hongos, semillas o bien mecánicamente. Se identifican por los síntomas que producen, el rango de hospedante, los vectores que los transmiten y por medio de procedimientos de laboratorio complicados, que incluyen el uso de microscopio electrónico y de técnicas serológicas.

Las enfermedades virosas, generalmente presentan síntomas que las distinguen de otras enfermedades infecciosas. Los síntomas más comunes son enanismo, macollamiento excesivo y varias formas de rayado de la hoja, manchas, clorosis y necrosis (Figura 220). Los virus no producen estructuras fructíferas visibles o exudados. Muchas enfermedades virosas producen síntomas semejantes y son difíciles de identificar con certeza. La determinación del modo de transmisión ayuda considerablemente a reducir el número de posibilidades. Además de esto, los científicos pueden determinar la especificidad por cultivo y considerar la distribución geográfica de un virus o vector en particular. Con objeto de ayudar a su identificación las enfermedades virosas discutidas aquí están agrupadas por vector.

El éxito del control de las enfermedades virosas depende de los vectores involucrados y sus relaciones con los hospedantes para transmitir la enfermedad. Los virus transmitidos por semilla pueden ser controlados por medio del uso de semillas libres de virus. Las áreas de suelos contaminadas por vectores fungosos deberían ser sembradas con cultivos resistentes en rotaciones de ciclos largos. Los insectos vectores, particularmente los áfidos, pueden transmitir un virus durante períodos de alimentación muy breves. Por esta razón los insecticidas no son muy efectivos para controlarlos, pero pueden ser usados exitosamente contra las chicharritas, las cuales requieren de períodos de alimentación más largos para llegar a ser virulíferas y transmitir los virus. Los insecticidas sistémicos son más efectivos contra los insectos vectores que causan enrollamiento de las hojas, ya que estos forman una cubierta protectora contra los predadores y las aspersiones de insecticidas de contacto. La resistencia genética contra el vector o el patógeno es el medio de control más efectivo, pero no siempre se encuentra disponible.

Figura 220. Estriado, clorosis generalizada y amarillamiento foliar, enanismo y espigas estériles (Figura 236) son síntomas de muchas enfermedades virosas. En la página opuesta se muestran los síntomas del amarillamiento aster, una enfermedad causada por micoplasmas transmitida por una chicharrita (foto: E. Banttari).

Enfermedades virosas transmitidas por áfidos

Los áfidos se encuentran entre los vectores más comunes y eficientes de las enfermedades virosas. El desarrollo de estas enfermedades en cultivos de cereales requiere de infestaciones de áfidos virulíferos. Poblaciones pequeñas de áfidos normalmente emigran de cultivos vecinos o pastos. Las plantas enfermas se presentan individualmente o en pequeños manchones, generalmente al comienzo de los bordes del campo. Bajo ciertas condiciones, la población de áfidos crece hasta el punto en que aparecen migraciones masivas, áfidos alados que transportados por el viento pueden infestar grandes áreas casi simultáneamente.

La clorosis generalizada, amarillamiento y enanismo, han sido considerados como síntomas típicos de las enfermedades virosas transmitidas por áfidos a los cereales. Sin embargo, en años recientes se han reportado enfermedades virosas de los cereales con síntomas de mosaico o estriado que tienen áfidos como vectores.

Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV)

Esta es una de las enfermedades virosas más ampliamente distribuidas en los cereales que puede causar serias pérdidas económicas. Los hospedantes de este virus son: trigo, cebada, avena, centeno, triticale y pastos. La expresión de los síntomas en trigo, avena y cebada es muy notoria, amarillamiento brillante de las hojas en cebada y trigo (Figura 221) o enrojecimiento de las mismas en avena (Figura 222) que comienza en la punta y se desarrolla hacia la base, enanismo, amacollamiento excesivo, desarrollo de espigas blancas estériles y la presencia de áfidos son características comunes de diagnóstico. Muchas especies de áfidos son vectores del virus del enanismo amarillo de

la cebada; pero entre los más comunes están las especies de los géneros *Rhopalosiphum*, *Metopolophium* y *Macrosiphum* (Figura 223). El áfido verde, *Schizaphis graminis*, también puede transmitir el virus (aunque de manera menos eficiente) a la vez que puede producir manchas en las hojas, debido a toxinas que se liberan durante su proceso de alimentación (Figura 224). Se ha enfocado una gran cantidad de investigación al desarrollo de variedades resistentes al virus del enanismo amarillo de la cebada.



Figura 222. Enanismo severo, esterilidad y una decoloración amarillo rojiza de las hojas en plantas de avena pueden deberse al virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).



Figura 221. Una hoja de trigo mostrando síntomas del enanismo amarillo de la cebada (BYDV). Nótese la apariencia amarilla y deslavada de la hoja. Los síntomas son similares en cebada (foto: S. Fuentes).



Figura 223. Varias especies de áfidos pueden servir como vectores del BYDV, incluyendo el *Rhopalosiphum maidis* (en la figura). El vector principal es *R. padi*, el cual es similar en apariencia a *R. maidis*, pero con la parte posterior del abdomen rojiza.

Estriado del Estado Libre

El estriado del Estado Libre es una enfermedad transmitida por áfidos que se presenta en México y en el sur de África. Se le encuentra en trigo, cebada, centeno, triticale y

algunas especies anuales de bromos, pero solo ocasionalmente y en menor grado en avena. En las hojas de las plantas enfermas se desarrollan de una a tres rayas de color verde pálido (Figura 225). Las hojas superiores tienden a enrollarse a lo largo, adquiriendo una apariencia rígida como de "hojas de cebolla". Ocasionalmente se presenta una decoloración rojo pálido o púrpura entre las rayas, en trigo y triticale. Usualmente las espigas son carnosas y distorsionadas y raramente producen grano viable (Figura 226). Los áfidos vectores, conocidos como *Diuraphis noxia* en África (Figuras 227 y 228 página siguiente) y *D. mexicana* en México, se encuentran en el interior de las hojas superiores enrolladas. Las plantas jóvenes tienden a recobrase cuando los áfidos se remueven o mueren.



Figura 224. Afidos verdes (*Schizaphis graminis*) actúan como vectores del BYDV y también causan daños al alimentarse.



Figura 225. Los áfidos vectores del estriado del Estado Libre se encuentran dentro de las hojas superiores enrolladas de las plantas afectadas. Nótese las bandas verde pálido causadas por el virus.



Figura 226. Espigas de cebada distorsionadas y cloróticas son sintomáticas del estriado del Estado Libre.

Otras enfermedades virosas transmitidas por áfidos

En el Centro y el Oriente de Asia, se presentan otras enfermedades virosas transmitidas por áfidos. La hoja amarilla del trigo existe en cultivos de trigo y cebada en Japón. Los síntomas son algo similares a los del virus del enanismo amarillo de la cebada. El vector es el áfido de la hoja del maíz, *Rhopalosiphum maidis*. El mosaico de la cebada y el virus del mosaico rayado del cardamono son enfermedades virales que se presentan comúnmente en India. Poseen como vectores a *R. maidis* y otras especies de áfidos y como huéspedes susceptibles a trigo, avena, cebada y algunos pastos.



Figura 227. Un áfido ruso de los granos (*Diuraphis noxia*), vector del estriado del Estado Libre.

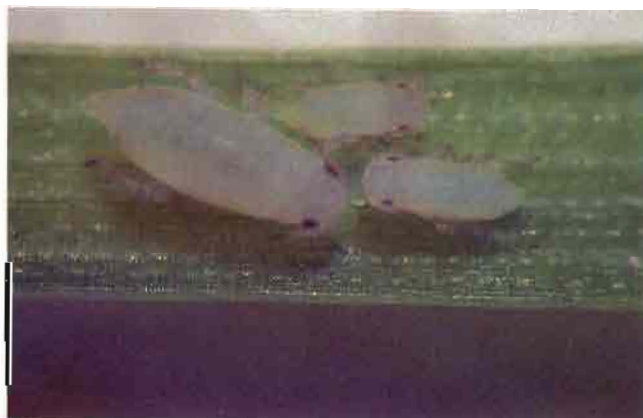


Figura 228. Ninfas del áfido ruso de los granos (*D. noxia*).

Enfermedades virosas transmitidas por chicharritas (Cicadélidos)

Las chicharritas sirven como vectores a varios virus de los cereales y por lo menos a un micoplasma. Varias enfermedades de mosaico estriado del trigo producen síntomas muy similares dificultando mucho su identificación. Los síntomas se presentan como estrías cloróticas delgadas discontinuas, a lo largo de las nervaduras de las hojas (Figura 229). Posteriormente se desarrollan manchas necróticas (Figura 230). Las plantas muestran enanismo y las espigas presentan una considerable esterilidad. El trigo, avena, centeno y varios pastos son hospedantes para la mayor parte de estos virus. Frecuentemente, los cultivos de invierno resultan más dañados que los de primavera, pero el atraso de unas cuantas semanas de la siembra en otoño generalmente reduce la infestación de chicharritas. También, el uso de variedades tolerantes ayuda a reducir las pérdidas.

Mosaico estriado americano del trigo

Esta enfermedad se presenta en el centro y el norte de Estados Unidos de América y en Canadá. Las chicharritas vectores son *Endria inimica* (Figura 231) y *Elymana virescens*. El trigo de invierno es el cultivo afectado con mayor frecuencia, pero también otros cereales de grano pequeño son susceptibles.

Mosaico chloris estriado (mosaico australiano estriado del trigo)

El vector de este virus es la chicharrita *Nesoclutha obscura*. Pasa el invierno en maíz y pastos, los cuales también sirven como hospedantes del virus. La enfermedad es relativamente poco importante en los cultivos cerealícolas de grano pequeño.



Figura 229. Síntomas típicos del mosaico estriado del trigo en hojas de trigo. Nótese que las bandas o estrías son discontinuas, finas y cloróticas.

Mosaico ruso del trigo

Esta enfermedad puede ser seria tanto para el trigo de invierno como para el de primavera, sembrados en Europa Oriental y en Rusia. También se presenta en la cebada, avena y centeno. Los síntomas típicos son similares a aquellos descritos para el estriado americano del trigo y mosaico estriado australiano del trigo. Como consecuencia de la infección de las plántulas se presenta un severo enanismo. Los vectores son dos chicharritas *Psammodettix striatus* y *Macrostelus laevis*.



Figura 230. Síntomas tardíos del mosaico estriado del trigo en cebada (foto: J. Slykhius).



Figura 231. La chicharrita, *Endria inimica*, un vector del mosaico americano estriado del trigo.

Enanismo de Nariño

Este es el nombre dado a un virus que causa enanismo a los cereales y que se presenta en las regiones altas de Colombia y Ecuador. La enfermedad está asociada con la chicharrita *Cicadulina pastusae* (Figura 232). En algunas áreas ha provocado serias pérdidas en cultivos de trigo, avena y cebada. Las plántulas infectadas se achaparran severamente y las plantas que se infectan después de la elongación de los tallos desarrollan enaciones o agallas en las hojas nuevas (Figura 233). Se sospecha que una toxina producida por la chicharrita *C. pastusae* es lo que causa la formación de las agallas.

Amarillamiento del aster

El amarillamiento del aster es una enfermedad menor del trigo, la cebada y de algunas otras gramíneas, pero puede causar pérdidas económicas serias en cultivos hortícolas y ornamentales. Se presenta en muchas áreas de América del Norte, Europa y Asia. Las especies de chicharritas de los géneros *Macrosteles* (Figura 234) y *Endria* son los vectores más comunes. Actualmente, el patógeno está clasificado como micoplasma, aunque los síntomas de la enfermedad y su transmisión son similares a aquéllos asociados con algunas enfermedades virósicas. Las plantas infectadas desarrollan una clorosis general y amarillamiento de las hojas, enanismo y espigas estériles (Figuras 235 y 236). Los síntomas en las plantas de cereales son muy similares a los causados por el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).



Figura 233. Enaciones y distorsiones de la hoja, sintomáticas del enanismo de Nariño.



Figura 232. Una ninfa de chicharrita del género *Cicadulina* (50 x).



Figura 234. La chicharrita, *Macrosteles fascifrons*, un vector común del amarillamiento aster (foto: E. Bantari).



Figura 235. Clorosis general y amarillamiento son síntomas típicos del amarillamiento aster (foto: E. Banttari).



Figura 236. Espigas de cebada afectadas por amarillamiento aster (centro y derecha). Nótese la esterilidad y la apariencia clorótica y distorsionada (foto: E. Banttari).

Enfermedades virosas transmitidas por chicharritas (Fulgósidos)

La mayor parte de las enfermedades virosas transmitidas por chicharritas (Fulgósidos) se presentan en trigo, cebada, triticale, avena, centeno y varios pastos. Los síntomas son similares a los de otras enfermedades virosas. Es común observar rayas blancas a amarillas en las hojas, enanismo, macollamiento excesivo y esterilidad. Las enfermedades virosas transmitidas por estas chicharritas aparecen con mayor frecuencia en Europa y el Oriente de Asia. Al parecer, los vectores más eficientes son especies de los géneros *Laodelphax* y *Javesella*.

Hoja blanca del arroz

La hoja blanca es principalmente una enfermedad del arroz, pero puede infectar a todos los cereales de grano pequeño. Su distribución está restringida a la presencia de los vectores *Sogatodes* sp. y donde existen cultivos de arroz. La característica "hoja blanca" es más pronunciada en las hojas superiores y las espigas. Las hojas inferiores pueden desarrollar manchas moteadas o rayadas. Esta enfermedad se presenta en las áreas arroceras del Sur de Estados Unidos de América, el Caribe, América Central y América del Sur.

Estriado africano de los cereales

Esta enfermedad es común en los cultivos de trigo de Kenia y de Etiopía. Puede presentarse en todos los cereales de grano pequeño y pastos locales. La enfermedad usualmente se presenta en plantas aisladas o en manchones pequeños y es más prevalente en los cultivos durante la estación seca. El virus es transmitido por *Toya catilina*. Los síntomas tempranos aparecen como estrías delgadas pálidas en las hojas. Estas estrías tienden a expandirse, particularmente en las hojas superiores, produciendo bandas pálidas o clorosis general de la hoja (Figuras 237, 238 y 239). Las pérdidas del cultivo son de poca importancia económica.



Figura 238. El enanismo es una característica del estriado africano de los cereales (foto: D.H. Harder).



Figura 237. Hojas y espiga de trigo con estriado africano de los cereales. Nótese las estrías amarillo pálido y la clorosis general.



Figura 239. Un acercamiento de los síntomas típicos del rayado africano de los cereales.

Mosaico europeo estriado del trigo

Esta enfermedad virosa alcanzó proporciones epifíticas en Europa Occidental en la década del sesenta. Se presenta en trigo, avena, cebada, centeno, maíz y algunos pastos. Dos o más especies del género *Javesella* son vectores eficientes. Las plantas infectadas durante el estadio de plántula no sobreviven (Figura 240). Aquéllas infectadas más tarde producen bandas anchas de color amarillo pálido en las hojas superiores (Figura 241). La producción de semilla en estas plantas es muy baja en cantidad y calidad. La siembra tardía en el otoño de los cereales de invierno reduce la exposición del cultivo a las chicharritas virulíferas.



Figura 240. Una comparación de los efectos del mosaico europeo estriado del trigo cuando la infección se presenta en las primeras fases del ciclo de vida de la planta hospedante (izquierda) con los síntomas producidos cuando la infección se presenta un poco más tarde (centro). A la derecha se muestra una planta sana (foto: R. Plumb).

Otras enfermedades virosas transmitidas por chicharritas (Fulgósidos)

En Europa se presentan otras enfermedades virosas transmitidas por chicharritas, particularmente por diferentes especies del género *Laodelphax*. Entre estas enfermedades se encuentran el mosaico amarillo estriado de la cebada, la raya clorótica del trigo y el amacollamiento de los cereales. El enanismo estéril de la avena (que también se presenta en Europa) es transmitido por las chicharritas *Javesella pellucida* (Figura 242) y *Dicranotropis hamata*. La mayor parte de los cultivos de grano pequeño son susceptibles a estos virus.



Figura 241. Síntomas foliares producidos por el mosaico europeo estriado del trigo (foto: R. Plumb).

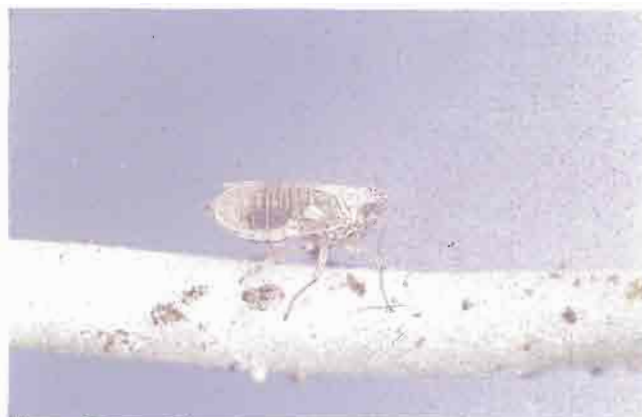


Figura 242. La chicharrita, *Javesella pellucida*, un vector de el enanismo estéril de la avena (foto: R. Plumb).

Enfermedades virosas transmitidas por ácaros

Por lo menos existen tres enfermedades virosas que se transmiten por medio de ácaros en América del Norte y otras regiones productoras de cereales del mundo (Figura 243). Dos especies de ácaros, *Aceria tulipae* (Figura 244) y *Abacarus hyxtrix* son vectores comunes de los virus. Las enfermedades son más severas en trigo que en cebada y centeno.

Mosaico estriado del trigo

El mosaico estriado del trigo es una enfermedad seria del trigo de invierno que se siembra en la faja del centro de Estados Unidos de América. La enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en América del Norte, Europa y el Medio Oriente. El ácaro, *Aceria tulipae* es el vector común del enrollamiento del trigo. Las plantas infectadas desarrollan rayas cloróticas moteadas (Figura 245). El enanismo es más pronunciado en plantas infectadas durante el estadio de plántulas.



Figura 243. Síntomas foliares de tres diferentes enfermedades virosas transmitidas por ácaros: mosaico estriado del trigo (arriba), mosaico del Agropyron (centro) y mosaico manchado del trigo (abajo).



Figura 244. Los ácaros causantes del enrollamiento del trigo (*Aceria tulipae*) son vectores comunes de varios virus (foto: T. Harvey).



Figura 245. Síntomas foliares del mosaico estriado del trigo en trigo (foto: J. Slykhius).

Mosaico del agropyron y mosaico del ballico (rye grass)

El mosaico del agropyron y el mosaico del ballico son enfermedades transmitidas por el ácaro, *Abacarus hyxtrix*. Los hospedantes primarios son especies de pastos, pero los cereales cultivados también pueden infectarse ocasionalmente. En las hojas de las plantas de trigo y de cebada infectadas se desarrollan rayas de color verde amarillento moteadas y estrías angostas cloróticas (Figura 246). La avena es susceptible al mosaico del ballico (Figura 247), pero no al mosaico del Agropyron.

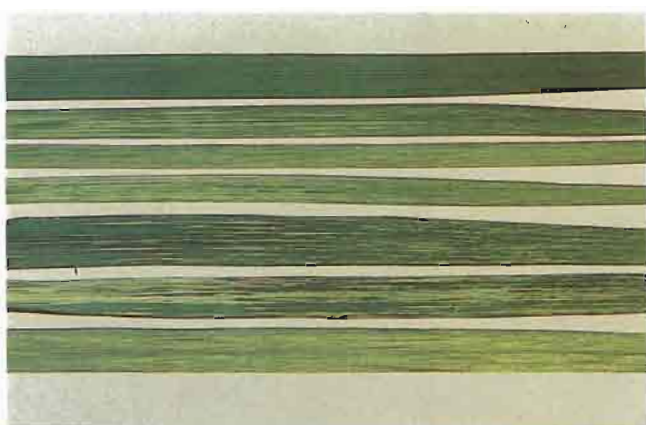


Figura 246. Síntomas foliares del mosaico del Agropyron en trigo (foto: J. Slykhius).

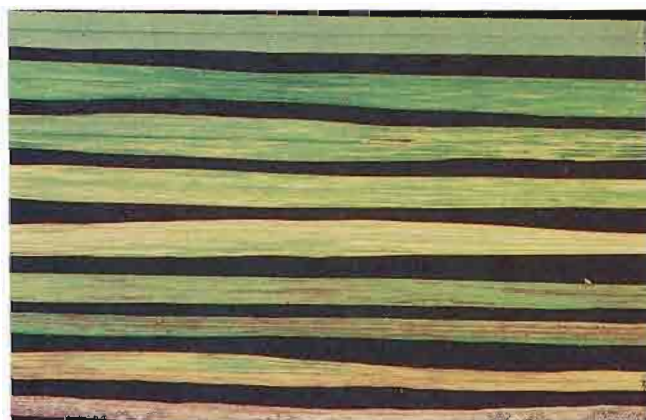


Figura 247. Síntomas foliares del mosaico del ballico (foto: J. Slykhius).

Mosaico manchado del trigo

El mosaico manchado del trigo es una enfermedad transmitida también por *A. tulipae*. Los síntomas son manchas definidas de color verde claro que eventualmente crecen hasta transformarse en áreas necróticas amarillas que empiezan en el ápice de la hoja (Figura 248). Aún no se ha identificado al patógeno que causa esta enfermedad, la cual puede presentarse junto con el mosaico estrafado del trigo en algunas áreas. Las pérdidas causadas a los cultivos de trigo por esta enfermedad no son económicamente importantes.

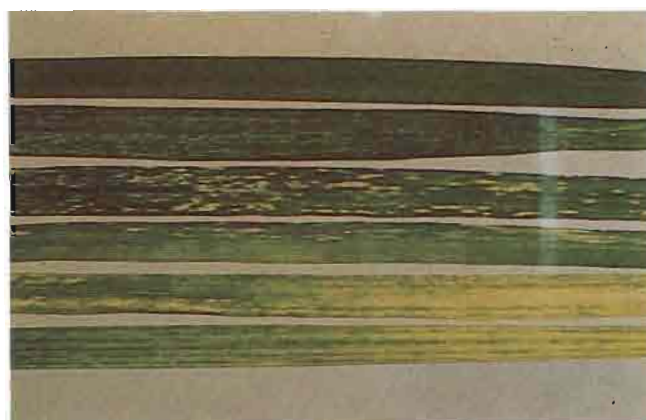


Figura 248. Síntomas foliares del mosaico manchado del trigo (foto: J. Slykhius).

Enfermedades virosas transmitidas por el suelo

Las enfermedades virosas transmitidas por el suelo están ampliamente distribuidas. Aquellas enfermedades que se encuentran en los cultivos de cereales en América del Norte son transmitidas por el hongo que primitivamente habita el suelo, *Polymyxa graminis* (Figura 249). Los nematodos y algunos otros organismos que habitan el suelo sirven como vectores de algunos virus. El trigo, cebada y centeno son hospedantes de algunos virus que se transmiten por medio del suelo, pero las avenas son resistentes o no muestran síntomas. Las enfermedades tienden a incidir en la misma área cada año y generalmente se dispersan lentamente. El vector fungoso es habitante del suelo y difícil de controlar. La fumigación del suelo es eficaz, pero no es económica para cultivos de cereales.

Mosaico del trigo transmitido por el suelo

Esta enfermedad causa serias pérdidas en los cultivos de trigo invernal en América del Norte. La cebada y el centeno también pueden ser afectados. La enfermedad es transmitida por el hongo *Polymyxa graminis* que parece ser más común en suelos húmedos. Las plantas enfermas muestran enanismo y rayado o bien diferentes patrones de clorosis en las hojas (Figuras 250 y 251). Las variedades susceptibles infectadas en el estadio de plántula desarrollan un "mosaico-roseta", y no producen espigas. Existen variedades resistentes de trigo invernal.

Mosaico estriado ahusado del trigo

El mosaico estriado ahusado del trigo es otra enfermedad virosa transmitida por el hongo *P. graminis*. La enfermedad se presenta en la región de los Grandes Lagos de Estados Unidos de América y Canadá. Las plantas infectadas desarrollan síntomas más marcados durante el tiempo frío (Figura 252) y tienden a recuperarse durante el tiempo más cálido.



Figura 250. Mosaico transmitido por el suelo en trigo (foto: S. Fuentes).



Figura 251. Espigas carnosas, distorsionadas y estériles son sintomáticas del mosaico del trigo transmitido por el suelo.



Figura 249. El hongo *Polymyxa graminis*, habitante del suelo, en tejido radical de trigo. Este hongo puede servir como vector de ciertas enfermedades virosas transmitidas por el suelo (foto: D.J.S. Barr).



Figura 252. Síntomas foliares del mosaico estriado ahusado del trigo, transmitido por *P. graminis* (foto: J. Slykhuís).

Enfermedades virosas transmitidas por semilla

Mosaico estriado de la cebada

El mosaico estriado de la cebada es una de las pocas enfermedades virosas de los cereales que se sabe que es transmitida por la semilla. La enfermedad afecta principalmente cebada, pero también pueden infectar trigo, avena, maíz y algunos pastos. La enfermedad se encuentra en todo el mundo. El virus se puede transmitir mecánicamente por el rozamiento de las plantas en el campo, o bien por medio de polen.

Los síntomas de las enfermedades causadas por virus transmitidos por la semilla tienden a aparecer al principio del ciclo del cultivo. Las plantas de cebada infectadas desarrollan estrías o rayas cloróticas en las hojas (Figura 253). Las variedades más susceptibles muestran enanismo severo y amacollamiento excesivo (Figura 254). Los síntomas de estriado son algo similares a los síntomas iniciales del estriado de la cebada causado por *Helminthosporium gramineum* (página 30). Los síntomas en trigo son por lo general más moderados, aunque las variedades susceptibles desarrollan los síntomas típicos del mosaico. El uso de semilla libre de la enfermedad y la eliminación de las plantas enfermas de cebada que aparecen en el campo, procedentes de cultivos anteriores, proporcionan usualmente un control adecuado.

Mosaico de la cebada

El mosaico de la cebada es una enfermedad virosa poco común que se ha reportado en India. Por lo general es transmitida por el áfido *Rhopalosiphum maidis*, pero también puede transmitirse por medio de la semilla y mecánicamente a cebada, trigo y avena. No se conoce de la presencia de esta enfermedad fuera de la India. Cuando el ciclo de crecimiento avanza las plantas enfermas se observan enanas y en sus hojas muestran síntomas de mosaico.

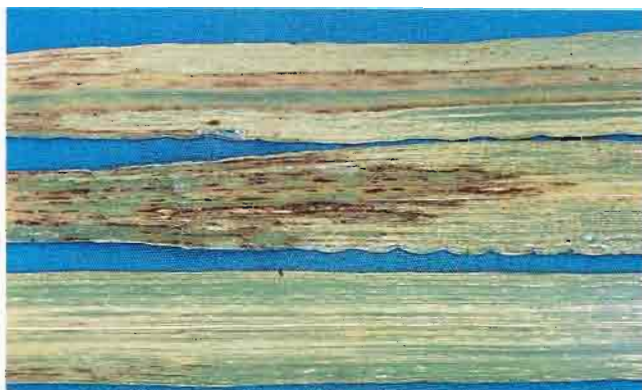


Figura 253. Síntomas foliares típicos del mosaico estriado de la cebada. Nótese como la necrosis tiende a tomar la figura de una "V" o una "W" a través de la hoja.



Figura 254. Enanismo y macollamiento excesivo son síntomas característicos del mosaico estriado de la cebada.



Daños de nematodos y otras plagas

La naturaleza de los daños que sufren los cultivos de cereales por nematodos y otras plagas está generalmente asociado con los hábitos de alimentación de los parásitos y con daños mecánicos. Sin embargo, parásitos tales como nematodos e insectos pueden transmitir patógenos que causan enfermedades. El daño debido a plagas puede ser tan serio como el de organismos causantes de enfermedades. El tamaño, forma y actividad de las plagas varían considerablemente. Con las plagas de animales grandes, la naturaleza del daño provocado al cultivo y la presencia de la plaga o sus desechos proporcionan indicios acerca del agente perjudicial. En el caso de formas más pequeñas, tales como nematodos e insectos pequeños, frecuentemente es necesario examinar los síntomas o signos para identificar la causa mediante una amplificación de la imagen. En esta sección sólo se incluye una breve introducción de algunos de los grupos más importantes de parásitos y plagas de los cereales.

Nematodos

Por más de 300 años se ha reconocido a los nematodos como plagas de los cultivos de cereales, pero sólo recientemente se ha descubierto su capacidad para transmitir enfermedades virósas. Los nematodos se presentan en grandes cantidades y la mayor parte de ellos vive en el suelo, el agua o residuos vegetales y animales, cerca de la superficie del suelo. Son gusanos pequeños y transparentes que pueden ser observados con aumentos menores (Figura 255). Las especies que parasitan las plantas de cereales provocan daños mecánicos, pudriciones, nódulos en las raíces, agallas y distorsión de algunas partes de las plantas (Figura 256). Los nematodos afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos que infestan. Pueden actuar como vectores de algunos virus y proporcionan la entrada a bacterias y hongos a causa de los daños mecánicos a la planta.

Figura 255. Los nematodos son gusanos pequeños y transparentes visibles con aumentos menores (10 x 10). El que vemos en la página opuesta es típico de los que se encuentran en los nudos infectados de trigo en la Meseta Central de México (véase la Figura 256).

La identificación del agente causal puede ser determinada por los síntomas en las raíces o en las partes aéreas de la planta, y por la presencia de agallas, quistes y nódulos en donde se encuentran los huevos.

Entre las formas más importantes que parasitan los cereales cultivados se encuentran: el nematodo de la Agalla de la semilla, *Anguina tritici*; el nematodo del quiste de la avena, *Heterodera avenae*; y los nematodos noduladores de raíces, *Meloidogyne* sp.



Figura 256. Nudos distorsionados de trigo, infestados con nematodos.

Nematodo de la agalla de la semilla del trigo (*Anguina tritici*).

Los nemátodos formadores de agallas en semillas están entre los primeros que se reconocieron como causa de una enfermedad en trigo. El parásito también infesta centeno, triticale y especies afines. La agalla de la semilla se presenta principalmente en trigo, en la parte norte del Hemisferio Oriental, particularmente a través del Cercano y Medio Oriente. Los síntomas aparecen antes del espigamiento como hojas distorsionadas y tallos más cortos. A medida que las plantas se aproximan a la madurez, en las florecillas se forman agallas que reemplazan a la semilla. Las agallas tienen un tamaño similar al de los granos que reemplazan, son de color café oscuro y más difíciles de aplastar que las

masas de carbón (Figura 257). Un gran número de larvas están contenidas en las agallas de las semillas las que llegan a ser activadas después que han sido humedecidas. Cuando las agallas se mezclan con la semilla al ser sembrada, proporcionan un medio de propagación.

Nematodo del quiste de la avena (*Heterodera avenae*). Estos parásitos se encuentran diseminados en todas las áreas cerealeras. El trigo, avena y centeno son susceptibles. Las raíces de las plantas infestadas desarrollan frecuentemente ramificaciones y protuberancias (nódulos). Los quistes pueden ser observados colgando de las raíces (Figura 259) y son de color gris claro cuando jóvenes y café oscuro al envejecer. La hembra de *H. avenae* tiene un cuerpo característico, semejante a un saco, que contiene un gran número de huevos, los cuales permanecen en el saco aún después de su muerte.



Figura 257. Una comparación entre las agallas de la semilla (cocleas) causadas por el nematodo *Anguina tritici* (izquierda) con semilla normal de trigo (derecha).



Figura 258. Las agallas están llenas de nematodos en estado de dormancia (*A. tritici*). Al contacto con la humedad, estos nematodos se activan.

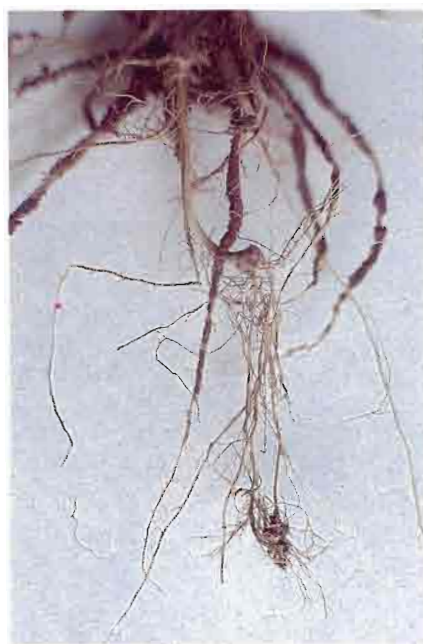


Figura 259. Raíces de trigo infestadas con nematodos del quiste de la avena. Nótese los quistes colgando de las raíces.



Figura 260. Síntomas de una infestación de nematodos noduladores de las raíces. Nótese la ramificación excesiva de las raíces, la apariencia enana, y la clorosis de las partes aéreas de la planta (foto: colección del CIMMYT).

Nematodos noduladores de raíces (*Meloidogyne* spp.). Estos nematodos tienen un amplio rango de hospedantes entre los que se incluyen todos los cultivos cerealícolas. *Meloidogyne naasi* es la especie que más comúnmente ataca los cultivos de cereales y algunos pastos. Las infestaciones de nematodos noduladores de raíces se reconocen por pequeños nódulos o agallas, usualmente curvos o torcidos, que se presentan cerca de los ápices de las raíces. Las partes aéreas de la planta muestran enanismo y amarillamiento (Figura 260). Algunas veces se presenta una ramificación excesiva de las raíces infestadas. Usualmente, los nematodos invaden las plantas durante la primavera o la primera parte del verano. Cada nódulo envuelve de una a varias hembras dentro del tejido radical. Las membranas producen grandes masas de huevos dentro de sus cuerpos en forma de saco.

Los nematicidas y los fumigantes del suelo son efectivos para controlar la mayoría de los nematodos, pero rara vez son económicos en cultivos de cereales. El control más efectivo se logra por medio de rotaciones de cultivos que incluyen especies resistentes. Las larvas de *A. tritici* que persisten en agallas en la semilla, se liberan cuando la semilla contaminada se siembra en suelo húmedo. Por lo tanto, el uso de semilla limpia es una precaución importante.

Insectos



Figura 261. Áfidos en una hoja de triticales. Nótese la mancha decolorada causada por las toxinas emitidas por los áfidos mientras se alimentan.

El número de especies de insectos que se alimentan de cultivos de cereales es muy grande. Solamente se mencionan aquí algunas de las plagas más comunes. Los insectos causan daño al alimentarse y predisponen las plantas débiles a las enfermedades. Los insectos producen heridas que sirven como sitios de infección y con frecuencia acarrean patógenos de una planta a otra. Los insectos son los vectores de virus y micoplasmas más eficientes y numerosos. Algunos insectos, tales como los áfidos producen sustancias tóxicas o subproductos que causan daños a los tejidos vegetales (Figura 261).

La observación cuidadosa del tipo de daño y la presencia de insectos o de sus desechos ayudan a identificar al agente causal. Los insectos que tienen partes masticadoras en su aparato bucal cortan tejidos o plantas jóvenes. Los gusanos alambre, gusanos cortadores y larvas del escarabajo de junio (escarabajo de mayo) se alimentan bajo la superficie del suelo o bien regresan abajo de la misma después de alimentarse de la parte aérea. Usualmente, se pueden encontrar gusanos bajo la superficie del suelo, cerca de las plantas dañadas.

Las larvas de la mosca de Hesse y de la mosca de los brotes son muy destructivas para los cultivos de cereales en muchas áreas del mundo; destruyen macollos individuales de plantas jóvenes y los macollos restantes frecuentemente desarrollan pudriciones de la raíz (Figura 262). Las larvas y pupas viven y se alimentan dentro de los tallos succulentos de macollos jóvenes (Figura 263). Las larvas de la mosca aserradora del trigo (Figura 264) y los gusanos del tallo viven dentro de tallos huecos, causando esterilidad de las espigas y acame. El tipo de daño, la presencia de larvas, pupas y desechos ayudan a identificar la causa del problema.



Figura 262. Daños causados por larvas de la mosca de Hesse.



Figura 263. Pupas de la mosca de Hesse en trigo (foto: colección del CIMMYT).

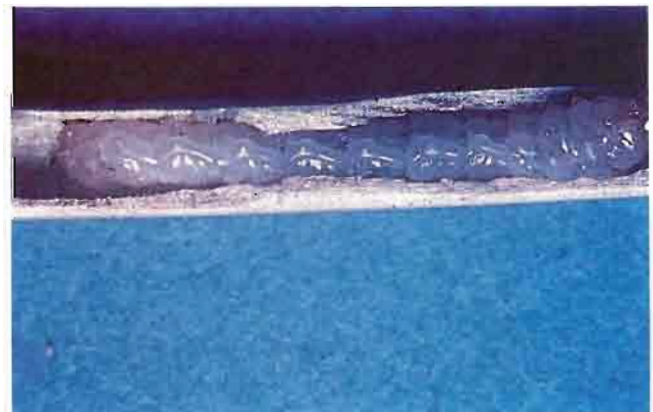


Figura 264. Larva de la mosca aserradora en un tallo de trigo (foto: colección del CIMMYT).

Los insectos que se alimentan en la superficie de las hojas, espigas o tallos de cultivos de cereales son por lo general fácilmente identificados. Los saltamontes (Figura 265), gusanos soldados, áfidos (Figura 266) y chicharritas pueden infestar a los cultivos en gran número, o su población puede aumentar rápidamente. Las especies más pequeñas y poco notorias, tales como trips (Figura 267), escarabajos de la hoja de los cereales y ácaros (Figura 268, 269 y 270 - página siguiente) pasan inadvertidos, especialmente cuando las poblaciones son bajas.



Figura 265. Langosta alimentándose en una espiga de trigo cristalino (foto: colección del CIMMYT).



Figura 266. Afidos de la hoja de maíz en una hoja de cebada (foto: S. Fuentes).

Los insectos destructores del grano son perjudiciales durante las etapas de llenado del grano y madurez. En algunas áreas de África y Asia, las hormigas y termitas son la causa de las pérdidas de grano. Usualmente, las hormigas suben a los tallos y remueven el grano de las florecillas, y los dejan caer al suelo, donde otras hormigas lo acarrean. Las termitas horadan la corona y causan acame de la planta; entonces, construyen túneles de arcilla a lo largo de los tallos hacia áreas subterráneas de almacenamiento (Figura 271). Los gorgojos y perforadores del grano son particularmente destructivos en áreas en donde no se dispone de sitios de almacenamiento secos y herméticos (Figuras 272 y 273). Estos insectos son un problema menor donde predominan temperaturas bajas durante el invierno.



Figura 267. Trips en cebada (foto: colección del CIMMYT).



Figura 268. Larva del escarabajo de los cereales alimentándose en una hoja de trigo (foto: C. Dowsell).



Figura 269. Las larvas del escarabajo de los cereales asperjan sus espaldas con materia fecal (foto: colección del CIMMYT).



Figura 270. Daño típico (patrón de alimentación) de las larvas del escarabajo de la hoja de los cereales (foto: S. Fuentes).



Figura 271. Túneles de arcilla construidos por termitas a lo largo de tallos de trigo acamados.



Figura 272. Gorgojos del grano tomados de semilla de triticale infestada.



Figura 273. Una muestra de grano de triticale dañado, infestado con gorgojos. Nótese los agujeros en el grano y el "polvo de harina" suelto.

Pájaros y mamíferos

Los pájaros son atraídos a los cultivos de cereales desde el estado lechoso del grano hasta la madurez. Remueven el grano de las espiguillas dejando las espigas dañadas y las glumas y lemas esparcidas en el suelo. Los tallos se rompen por el peso de los pájaros que ahí se alimentan (Figura 274). En Asia y Africa, los loros y aves similares cortan las espigas completas, dejando sólo tallos cortados. El daño que causan los pájaros es usualmente más severo a lo largo de los bordes de los campos.



Figura 274. Daño típico causado por pájaros. Nótese los tallos quebrados.



Figura 275. Viveros de trigo cristalino dañados por roedores.



Anormalidades genéticas y fisiológicas

En el desarrollo de plantas de cereales se observan numerosas anomalías que no son causadas por organismos infecciosos. Estos desórdenes pueden ser debidos a anomalías genéticas, a condiciones ambientales desfavorables o a irritantes.

Frecuentemente se presentan en las plantas manchas foliares fisiológicas y clorosis. Ciertas variedades de cebada tienen predisposición a mancharse bajo ciertas condiciones (Figura 276). Algunas manchas aparecen como respuesta a la acción de irritantes u otros factores ambientales, pero otras son completamente impredecibles. Las variedades difieren ampliamente en su predisposición a desarrollar las manchas y en la apariencia física de las mismas. Algunas formas de manchado y de necrosis son resultado de inestabilidad cromosómica o de combinaciones genéticas, tales como la necrosis causada por la hibridación en trigo y en triticales (Figuras 277 y 278). Usualmente, se observan estos desórdenes en las primeras generaciones de los programas de mejoramiento y se eliminan a medida que progresa el desarrollo de las variedades.



Figura 276. Manchas foliares fisiológicas en hojas de cebada.



Figura 278. Una forma moderada de necrosis debida a hibridación en triticales.

Figura 277. Un ejemplo de inestabilidad cromosómica en triticales (página opuesta). Nótese las estrías cloróticas.

La necrosis café se presenta en algunas variedades de trigo cuya resistencia a la roya del tallo proviene de progenitores tales como Hope y H44. Bajo ciertas condiciones ambientales, se desarrolla una pigmentación de color café oscuro en las glumas y pedúnculos (Figura 279). Esta condición se puede confundir con la pajilla negra, causada



Figura 279. Necrosis café en espiguillas de trigo. Compare estos síntomas con los mostrados en la Figura 280 y 281 (foto: S. Fuentes).

por la bacteria *Xanthomonas translucens*, o con tizón de la gluma causado por *Septoria nodorum* (Figura 280 y 281 - ver también páginas 102 y 41).

El raquis quebradizo y la brotación antes de la cosecha son problemas genéticos asociados con algunas líneas de triticale. Hay ciertos genotipos con tendencia a producir un número mayor de plantas con el raquis quebradizo (Figura 282). Una manera efectiva de eliminar el problema es hacer la selección de 10 días a dos semanas después de que las plantas han madurado.



Figura 281. Síntomas de tizón de la gluma causado por *Septoria nodorum*. Nótese la decoloración gris-café que progresa desde la base de las aristas hacia abajo, el borde café y los picnidios inmersos.



Figura 280. Síntomas de pajilla negra, causada por *Xanthomonas translucens*. Nótese las estrías características de color café que principian en la base de la arista.



Figura 282. Raquis quebradizos que resultan en caída de las espiguillas en una línea de triticale que tiene a *Secale montanum* como uno de sus progenitores.

La tendencia a la germinación prematura varía considerablemente; algunas líneas tienden a brotar en la espiga tan pronto como maduran (Figura 283). La selección de líneas en poblaciones segregantes que no brotan en la espiga, (especialmente durante períodos largos y húmedos en tiempo de la cosecha) ha aumentado el grado de dormancia.

El añublo es un problema común en avena y tiene como consecuencia la producción de espiguillas vacías, bajo ciertas condiciones ambientales (Figura 284). Entre los factores que han sido implicados como causantes de añublo se encuentran: relaciones desbalanceadas de N y P, temperaturas desfavorables y alta humedad del suelo. Las variedades difieren considerablemente en el grado de añublo que presentan.



Figura 283. Germinación de la semilla de triticale en las espigas antes de la cosecha.



Figura 284. Añublo en avena (derecha) en comparación con una planta sana (foto: M. Moore).

Deficiencias nutricionales y condiciones ambientales desfavorables

Las deficiencias nutricionales en las plantas son el resultado de bajos niveles de nutrimentos en el suelo o debido a que éstos se encuentran en forma no disponible para las plantas. Esta última condición puede ser ocasionada por el pH del suelo, o por otras propiedades físicas o químicas anormales del mismo. Algunas condiciones pueden corregirse mediante la aplicación de fertilizantes comerciales o de cal, mientras que otras requieren de aplicaciones foliares o de tratamientos de la semilla con compuestos químicos específicos.

Nitrógeno, fósforo y potasio son los tres nutrimentos que más frecuentemente son agotados por los cultivos en crecimiento. Las deficiencias pueden ser determinadas por medio de análisis de los suelos o por experimentos agronómicos. Los cultivos deficientes en nitrógeno aparecen de color verde pálido, cloróticos o amarillos durante las primeras etapas de su desarrollo (Figura 285). En la medida que se desarrollan las plantas, sus hojas inferiores mueren prematuramente. La deficiencia de fósforo se manifiesta usualmente por decoloraciones rojas, púrpuras, o de tonos cafés y una necrosis que comienza en el ápice de las hojas. Otro síntoma de la deficiencia de fósforo es el escaso desarrollo de los sistemas radicales (Figura 286). Los síntomas de deficiencia de potasio son en alguna forma similares a los causados por la deficiencia de nitrógeno; el amarillamiento se observa primero en los ápices de las hojas más viejas y evoluciona a estriado o a necrosis general.



Figura 285. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en trigo. Nótese el amarillamiento general.

Las deficiencias de **elementos menores** tales como manganeso, cobre y zinc son las más frecuentes en los cultivos de cereales. Generalmente estas insuficiencias son más difíciles de identificar que las de N, P o K y pueden reducir sustancialmente los rendimientos.

La deficiencia de manganeso es relativamente fácil de identificar en cultivos tales como avena y guisantes (arvejas). Los síntomas son más aparentes en el estadio de plántula, especialmente durante el tiempo frío. En las hojas, se presentan manchas irregulares de color verde pálido a gris, las cuales, crecen, coalescen y se tornan de color paja a café claro (Figura 287). Las hojas moribundas se tuercen o se distorsionan. Esta condición se denomina manchita gris y las plantas se pueden recobrar rápidamente con aspersiones foliares de sulfato de manganeso.



Figura 286. Parcela testigo en suelo deficiente en fósforo. Los efectos de la aplicación del fósforo se observan a la derecha (foto: P. Wall).

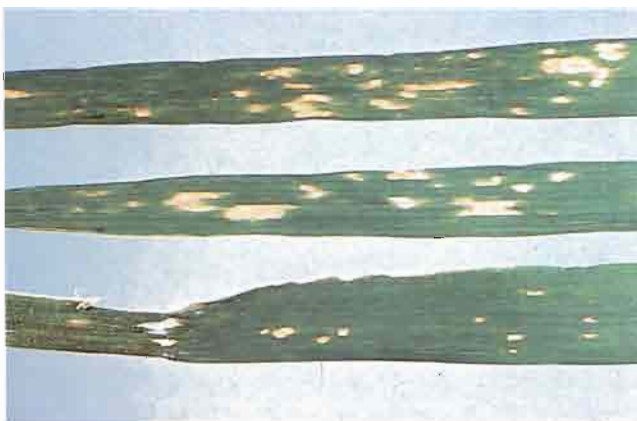


Figura 287. Síntomas de deficiencia de manganeso en hojas de avena (foto: V. Clark).

Las deficiencias de cobre son comunes en algunas áreas de Australia, Europa, Asia y Africa Oriental. Las plántulas deficientes desarrollan una necrosis y un enrollamiento típico en los ápices de las hojas (Figura 288). Las plantas se achaparran, se tornan de color verde pálido y producen espigas decoloradas. El tratamiento de la semilla con compuestos de cobre es bastante efectivo para controlar este problema.

La deficiencia de zinc se presenta con frecuencia en suelos alcalinos pero no se restringe a éstos. El problema tiende a aumentar bajo fertilización continua y altas dosis con fósforo. Las plantas deficientes en zinc son achaparradas, cloróticas y muestran bandas blancas características a lo largo de las nervaduras centrales de las hojas nuevas. En las hojas de algunos cultivos se presenta una decoloración de

color café rojizo, con manchitas. Las aspersiones foliares o el tratamiento de las semillas con sulfato de zinc son medidas correctivas efectivas.

pH del suelo

Muchos problemas relacionados con el suelo son el resultado de niveles anormales del pH. Por lo general, los cereales son sensibles a la acidez del suelo, aunque algunas variedades de centeno toleran niveles moderados de acidez (pH 6.0-4.5) bastante bien. Los suelos ácidos tienden a reducir la cantidad de fósforo disponible e incrementan los niveles de aluminio y manganeso libres. En suelos ácidos se pueden presentar ambos elementos a niveles tóxicos (Figura 289).

La acidez del suelo se puede corregir hasta cierto límite por medio de aplicaciones de cal agrícola. Los suelos alcalinos y calcáreos tienen usualmente niveles de pH por arriba de 7.5. Aunque la cebada es probablemente la más tolerante a estos suelos, los cereales como grupo no lo son (Figura 290). Usualmente, la concentración de sal en el suelo puede ser reducida por medio de drenaje y lixiviación.



Figura 288. Síntomas de deficiencia de cobre en trigo. Nótese el enrollamiento del ápice de las hojas,



Figura 289. Los suelos ácidos pueden retardar drásticamente el crecimiento de ciertos cereales de grano pequeño,



Figura 290. El drenaje deficiente puede resultar en una acumulación de sales, las cuales inhiben el crecimiento de la mayoría de los cereales de grano pequeño (foto: T. Harris).

Toxicidad del suelo

Varios elementos minerales están presentes en los suelos a niveles que causan detrimento al crecimiento de las plantas. Los elementos que más frecuentemente se encuentran en concentraciones tóxicas son: Aluminio, selenio, cobre y boro. La toxicidad del aluminio generalmente existe en suelos ácidos y en muchos de los suelos lateríticos intemperizados. Las variedades de cereales cultivados difieren en su reacción al aluminio (Figura 291, 292). El centeno y el triticale son por lo general más tolerantes que otros cereales. La cal y el fósforo ayudan a reducir el efecto de la toxicidad del aluminio. La absorción del cobre puede ser reducida por medio de la aplicación de fosfato de calcio y la aplicación de cal reduce la disponibilidad de boro.

Sequía

La escasez de agua es probablemente el factor más importante que limita la producción de los cultivos (Figura 293 y 294). En los programas de mejoramiento de plantas se ha avanzado muy poco en lo que se refiere a resistencia genética contra la sequía en cereales cultivados. La conservación del agua por medio de prácticas de labranza mejoradas y el uso de técnicas para escapar de la sequía, (tales como, el uso de variedades precoces y la determinación cuidadosa de las fechas de siembra), han sido efectivas para elevar los rendimientos.



Figura 291. Reacciones diferenciales de trigo a un alto contenido de aluminio en el suelo.



Figura 293. Espigas de trigo que sufrieron una fuerte sequía al principio del ciclo de crecimiento.



Figura 292. Una parcela experimental de trigo mostrando susceptibilidad a la toxicidad por aluminio (foto: S. Fuentes).



Figura 294. Necrosis foliar causada por sequía, altas temperaturas y vientos.

Exceso de humedad

El encharcamiento del agua que resulta de un drenaje deficiente reduce de diversas maneras la productividad de las plantas de cereales (Figura 295). Algunos de los principales factores asociados con altos niveles de humedad en el suelo son: disponibilidad reducida de oxígeno, reducción de la absorción de nutrimentos, baja temperatura del suelo y alta incidencia de enfermedades transmitidas a través del suelo. Los suelos muy húmedos también tienden a acumular altos niveles de sales. El mejor medio para controlar el encharcamiento del agua es mejorar el drenaje.

Daño químico directo y efecto residual en el suelo

Los pesticidas usados para proteger los cultivos de las malezas, insectos y enfermedades producen ocasionalmente efectos colaterales que son dañinos a las plantas cultivadas (Figura 296 y 297). El daño se provoca usualmente cuando las sustancias químicas se aplican en cantidades

excesivas, o a cultivos susceptibles, o durante estadios de desarrollo impropios de las plantas. Los fertilizantes aplicados demasiado cerca de la semilla durante la siembra o directamente aplicados al follaje causan daños a las plántulas. La atrazina es un herbicida efectivo en la producción de maíz, pero su efecto residual es nocivo para los cultivos de cereales de grano pequeño (Figura 298).



Figura 295. Primeros síntomas de encharcamiento en trigo irrigado. Nótese el amarillamiento de las hojas.



Figura 297. Deformación de las espiguillas de trigo debido a una aplicación excesiva del herbicida 2,4-D (foto: S. Fuentes).



Figura 296. Mancha gris en trigo, causado por una aspersión de herbicida no selectivo.



Figura 298. Amarillamiento y necrosis foliar en trigo, causados por efecto residual del herbicida (atrazina).

Daños por heladas y granizo

El grado del daño que causa una helada está determinado por varios factores (Figura 299 y 230). Entre estos se incluyen la condición fisiológica de las plantas al momento de la helada, su tolerancia al frío y su estadio de desarrollo. Los cultivos sembrados durante el otoño requieren de un acondicionamiento a temperaturas cercanas a la congelación antes de poder soportar heladas severas. La tolerancia a heladas inherente de los cultivos de invierno es mayor en centeno y trigo que en cebada o avena. Los cultivos de grano pequeño son más sensibles al daño de las heladas después de espigar y durante el estadio de masa suave y son menos sensibles durante el estadio de amacollamiento.

El granizo es un riesgo en la mayor parte de las áreas productoras de cereales de grano pequeño. Los cultivos de cereales tienden a recobrase de los daños causados por granizo durante las primeras etapas de su desarrollo, pero su capacidad de recuperación disminuye después de la elongación de los tallos. Se puede esperar muy poca recuperación si el daño por granizo se presenta después de la floración. El daño por granizo aparece en forma de tallos quebrados al azar, manchas decoloradas en láminas y vainas foliares y espigas distorsionadas o dañadas (Figura 301). El daño causado por granizo predispone a los cereales a los ataques de diversos tizones de las hojas, tallos y espigas especialmente a los causados por bacterias y diferentes especies de *Septoria*.



Figura 299. Daño de helada en hojas de trigo (foto: colección del CIMMYT).



Figura 300. Esterilidad de las porciones superiores de espigas de trigo, causada por heladas durante las primeras etapas de crecimiento (foto: colección del CIMMYT).



Figura 301. Espigas dañadas, tallos quebrados y hojas desgarradas son síntomas típicos del daño causado por granizo (foto: S. Fuentes).

Glosario

- Acérvulo**—estructura de fructificación con forma de platillo que produce conidios desde una capa compacta de conidióforos; a menudo rodeado de setas
- aecio**—cuerpo fructífero de los hongos causantes de royas
- aeciosporas**—esporas en series encadenadas dentro de un aecio
- agalla**—crecimiento anormal usualmente producida por organismos patógenos, nematodos o insectos
- aislamiento**—un cultivo de un organismo
- ápices**—plural de ápice
- ascas** (pl. asca)—saco oval o tubular que contiene ascosporas
- ascocarpo**—cuerpo fructífero fungoso que contiene ascos y ascosporas
- ascomicete**—clase de hongos que produce ascosporas dentro de ascas
- ascospora**—espora producida dentro de una estructura semejante a un saco (asca)
- aseptado**—sin paredes transversales (septas)
- avirulento**—no patógeno
- basidio**—una estructura filiforme resultante de teliosporas que germinan y que da origen a basidiosporas o esporidias; también se le llama promicelio en los hongos que causan carbones
- basidiomicete**—una clase de hongos que producen esporas sexuales en un basidio
- basidiospora**—espora sexual haploide producida sobre un basidio
- biotipo**—grupo de organismos morfológicamente similares pero que difieren en sus propiedades fisiológicas
- célula apical**—célula localizada en la punta o ápice
- célula basal** (célula del pie)—célula al pie o base de un conidio o de un conidióforo
- cirrus** (cirro)—columna de esporas semejante a una cinta expulsada por los ostiolas de los picnidios o peritecios
- clamidospora**—espora con paredes gruesas, en dormancia
- clavada**—forma de bastón
- cleistotecio**—estructura de fructificación cerrada que contiene ascas
- clorosis**—amarillamiento o pérdida del color de tejido vegetal normalmente verde
- conidio**—cualquier espora asexual formada sobre un conidióforo
- conidióforo**—estructura filiforme sobre la cual se producen conidios
- cuerpo o estructura fructífera**—la estructura del hongo en la cual se producen esporas
- diploide**—que tiene dos juegos de cromosomas
- elipsoide**—forma de elipse u ovalo
- enación**—una condición de enfermedad en la cual se desarrollan tejidos deformados o agallas sobre las hojas o los tallos de las plantas
- epifítico**—ocurrencia esporádica de una enfermedad, usualmente en un área amplia y afectando gran número de plantas susceptibles
- equinulado**—que tienen proyecciones cortas sobre la superficie de las esporas
- errumpente**—habilidad de algunos hongos de crecer vigorosamente desde abajo de la superficie de la hoja reventando a través de la epidermis y crecer posteriormente sobre ella
- esclerocio**—masa micelial densa y compacta, capaz de permanecer en dormancia durante largos períodos
- espora**—unidad reproductiva muy pequeña de hongos y plantas inferiores
- esporodoquio**—cuerpo fructífero en forma de cojín que produce conidios y conidióforos en su superficie
- esporulación**—producción activa de esporas
- espora asexual**—espora producida por división celular que es capaz sin conjugación de dar origen a un nuevo individuo
- espora de descanso**—espora que permanece en dormancia por un período antes de su germinación
- espora sexual**—una espora producida durante la etapa sexual del ciclo de vida del hongo
- esporangio**—masa compacta fungosa, dentro de la cual se producen esporas que usualmente son asexuales
- esporidia**—espora sexual haploide que se desarrolla a partir de un basidio; basidiospora
- estado basidial**—parte del ciclo de vida de los basidiomicetes durante el cual se forman esporas haploides
- estado imperfecto**—período asexual durante el ciclo de vida de un hongo
- estado perfecto**—etapa de reproducción sexual
- etiología**—todos los factores que contribuyen a la causa de una enfermedad
- estriado**—que presenta rayas o bandas estrechas paralelas
- estroma**—masa de micelio, de la cual se desarrollan esporas
- expulsar**—liberar o descargar esporas
- exudado**—acumulación de esporas o de bacterias
- filamentoso**—semejante a un hilo
- filiforme**—semejante a un hilo
- formas fisiológicas**—grupos dentro de las especies que son morfológicamente similares a los demás, pero que difieren en patogenicidad u otras características
- fungicida**—sustancia química o toxina que mata o inhibe hongos
- fusoide** (fusiforme)—alargándose a los extremos
- globoso**—de forma más o menos esférica
- haploide**—que tiene un juego de cromosomas
- haustorio**—estructura especializada para extraer nutrientes que se forma de las hifas de algunos hongos después de penetrar la célula de la planta hospedante

- herbicida**—sustancia química tóxica para algunas plantas herbáceas
- hialino**—transparente o incoloro
- hifa**—filamento tubular cuyo conjunto forma el micelio del hongo
- himenio**—la capa de un cuerpo fructífero que produce esporas
- hospedante alterno**—un segundo hospedante requerido por royas u otros organismos para completar su ciclo de vida
- inmune**—no afectado por patógenos
- inóculo**—esporas u otro material del patógeno que puede causar infección
- inóculo primario**—esporas o fragmentos de micelio capaces de iniciar una enfermedad
- latente**—periodo después de la infección cuando aún no se hacen visibles los síntomas
- lesión**—área visible de tejido enfermo sobre una planta infectada
- macroconidios**—conidios más grandes y generalmente los más comunes producidos por hongos
- micelio**—masa de hifas que forman el cuerpo del hongo
- micoplasma**—organismos unicelulares, más pequeños que las bacterias, de forma variable y que no tienen paredes celulares rígidas
- microconidios**—los conidios más pequeños producidos por los hongos
- mojado**—apariencia húmeda, oscurecida y parcialmente translúcida
- morfología**—referente a la forma o estructura de un organismo
- mosaico**—patrón de síntomas de enfermedad en el que se observa una mezcla de colores verdes y blancos
- móvil**—capaz de movimiento
- multiseptado**—que tiene varias septas (paredes transversales)
- necrosis**—muerte de tejido vegetal generalmente acompañada de decoloración
- oospora**—espora con paredes gruesas, en descanso o quiescencia de phycomycetes
- ostiolo**—poro o abertura de picnidios o peritecios, a través del cual se liberan las esporas
- ovoide**—en forma de huevo
- parásito facultativo**—organismo saprofito capaz de comportarse como patógeno
- parásito obligado**—organismo que se desarrolla solamente en tejido vivo de su hospedante
- paredes reticuladas**—paredes de esporas que presentan un patrón de líneas o arrugas superficiales
- patógeno**—microorganismo que causa enfermedad
- potogenicidad**—capacidad de inducir enfermedades
- patogénico**—capaz de causar enfermedad
- peritecio**—ascocarpo cerrado que tiene un ostiolo o abertura
- persistente**—referente a virus que permanecen infecciosos por largos períodos en insectos vectores
- phycomycetes**—clase de hongos cuya forma varía de una masa indiferenciada a micelio bien desarrollado con muchas ramificaciones
- picnidio**—cuerpo fructífero en forma de botella que produce esporas asexuales
- promicelio**—hifa de una teliospora en germinación sobre la cual se producen basidiosporas
- podredumbre del pie**—síntomas de la enfermedad, tales como decoloración, necrosis y pudrición afectando las raíces y porciones basales de la planta
- pústula**—masa de esporas que se desarrolla debajo de la epidermis y a la que normalmente rompen al madurar
- raza**—grupo de organismos de la misma especie que se distinguen por su patogenicidad
- resistencia**—capacidad inherente de una planta hospedante para impedir o retardar el desarrollo de una enfermedad
- rocío de miel**—exudado pegajoso (que contiene conidios) producido durante una de las etapas del ciclo vital de *Claviceps purpurea*
- roseta**—crecimiento racimoso muy corto
- saprofito**—organismo que se alimenta de materia orgánica muerta
- senectud**—la fase del desarrollo de una planta que se extiende desde la madurez completa hasta la muerte
- septa**—pared transversal o división
- serología**—una técnica para identificar antígenos y anticuerpos
- seta**—cerdas cortas semejantes a pelos
- signos**—estructuras fructíferas u otras características del patógeno visibles en la planta hospedante
- síntoma**—una respuesta visible de una planta hospedante a un organismo causal de enfermedad
- sistémico**—capacidad de algunos patógenos o de algunas sustancias químicas de extenderse a través de las plantas en lugar de permanecer localizados
- soro**—masa de esporas que emerge a través del tejido hospedante o que lo reemplaza
- susceptible**—sujeto a infección o daño por un patógeno
- telios (pl. telia)**—pústulas conteniendo teliosporas
- teliosporas**—una espora de descanso con paredes gruesas, producida por hongos causantes de royas y carbones
- tolerante**—habilidad de una planta hospedante para desarrollarse y reproducirse de manera bastante eficiente en presencia de una enfermedad
- toxina**—veneno producido por un organismo
- transmisión**—la diseminación de un organismo patógeno o virus entre hospedantes individuales
- tubo germinal**—la hifa de una espora en germinación
- urediospora**—espora asexual de los hongos causantes de royas

vector—organismo capaz de transmitir inóculo

vermiforme—en forma de gusano

virulencia—habilidad relativa de un microorganismo para vencer las defensas de su hospedante

virulífero—que porta un virus

zoospora—espora de hongo que es móvil en el agua

Referencias selectas

Commonwealth Mycological Institute. 1968. *Plant Pathologist's Pocketbook*. Kew, England: CAB.

Commonwealth Mycological Institute. *Description of Pathogenic Fungi and Bacteria*. Kew, England: CAB (Publicado en series).

James, W.C. 1971. *Manual of Assessment Keys for Plant Diseases*. Canadian Development Agency: Pub. no. 1458.

Jones, D.G.; and Clifford, B.C. 1978. *Cereal Diseases: Their Pathology and Control*. BASF United Kingdom Limited, Agrochemical Division: Perivan Press Limited.

Mathre, D.E., ed. 1982. *Compendium of Barley Diseases*. American Phytopathological Society.

Schaad, N.W., ed. 1982. *Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. American Phytopathological Society.

Wiese, M. V. 1977. *Compendium of Wheat Diseases*. American Phytopathological Society.

Cita correcta: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT, El Batán, México. Enfermedades comunes de los cereales de grano pequeño: Una guía para su identificación. Zillinsky, F.J., 1984.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) recibe apoyo de las agencias gubernamentales de Arabia Saudita, Australia, Canadá, Dinamarca, España, EUA, Filipinas, Francia, India, Irlanda, Japón, México, Noruega, los Países Bajos, Reino Unido, República Federal de Alemania, Suiza y del Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional, la Comisión Económica Europea, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Internacional para la Reconstrucción y Desarrollo, el Centro Internacional para el Desarrollo de la Investigación, la Fundación OPEC para el desarrollo Internacional, la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La responsabilidad de esta publicación es solamente del CIMMYT.



CIMMYT

**CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40, Apdo. Postal 6-641, 06600, México, D.F., México**



CIMMYT

**CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40, Apdo. Postal 6-641, 06600, México, D.F., México**