

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAIZ  
CAUSADAS POR HONGOS

SEMINARIO  
(OPCION II-A)

Que para Obtener el Título de:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

**VICTOR MANUEL PEDRAZA GONZALEZ**

MARIN, N.L.

NOVIEMBRE DE 1987

040.633

FA30

1987

C.5



8608

12

1

040.633

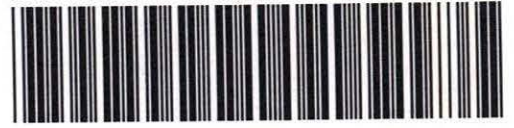
FA30

1987

C.5

MAR

T  
SE  
.M  
P4  
C.



1080062679



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAIZ  
CAUSADAS POR HONGOS

SEMINARIO  
(OPCION II-A)

Que para Obtener el Título de:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

VICTOR MANUEL PEDRAZA GONZALEZ

MARIN, N.L.

NOVIEMBRE DE 1987

09738

T  
SB 608  
o.m.2  
P4

040.673  
FA 30  
1987  
C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidandad

F. tesis

BURAU  
1987  
F. tesis  
TESIS LICENCIATURA

A MIS PADRES:

Sr. Antonio Pedraza Treviño  
Sra. Ernestina González de Pedraza

Con todo mi cariño y respeto dedico este humilde trabajo a mis padres que siempre se han esforzado por mi superación en mis estudios y la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Ernestina  
Marco Antonio  
Rosa María

Por su gran apoyo y comprensión en los momentos difíciles de mi carrera.

A mis compañeros de estudio,  
que hicieron que mi permanencia  
en la Facultad fuera sumamente  
agradable.



A MI ASESOR:

Ph.D. José Luis de la Garza González  
Por su gran orientación y colaboración  
desinteresada por el término del presente  
escrito.

A MI PRIMO:

Ing. Agr. Javier González Narvaéz  
Por su cooperación y orientación en  
este trabajo.

# I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION. . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA. . . . .	3
2.1. Generalidades. . . . .	3
2.2. Características de los Hongos Fitopatógenos. . . . .	4
2.2.1. Morfología. . . . .	4
2.2.2. Reproducción. . . . .	5
2.2.3. Ecología y Diseminación. . . . .	6
2.3. Clasificación de los Hongos. . . . .	7
2.4. Mildiús del Maíz. . . . .	10
2.4.1. Cabeza loca. . . . .	10
2.4.2. Mildiú del Sorgo. . . . .	13
2.4.3. Mildiú de los Cereales. . . . .	15
2.4.4. Mildiú rayado café. . . . .	16
2.4.5. Mildiú de la Caña de Azúcar. . . . .	18
2.4.6. Mildiú de las Filipinas. . . . .	22
2.4.7. Mildiú de Java. . . . .	24
2.5. Royas del Maíz. . . . .	24
2.5.1. Roya común del maíz o Chahuixtle. . . . .	24
2.5.2. Roya del sur. . . . .	26
2.5.3. Roya tropical. . . . .	28
2.6. Tizones del Maíz. . . . .	31
2.6.1. Tizón norteco de la hoja o quemazón. . . . .	31
2.6.2. Tizón sureño de la hoja o mancha foliar sureña. . . . .	34

	Página
2.6.3. Tizón de la hoja por <u>Helminthosporium</u> . . . . .	41
2.6.4. Enfermedad foliar por <u>Helminthosporium</u> . . . . .	42
2.6.5. Tizón amarillo por <u>Phyllosticta</u> . . . . .	45
2.7. Manchas Foliars del Maíz. . . . .	46
2.7.1. Mancha café. . . . .	46
2.7.2. Mancha en ojo. . . . .	48
2.7.3. Mancha foliar por <u>Phaeosphaeria</u> . . . . .	52
2.7.4. Antracnosis. . . . .	53
2.7.5. Mancha foliar por <u>Curvularia</u> . . . . .	55
2.7.6. Mancha foliar por <u>Fusarium</u> . . . . .	56
2.7.7. Mancha foliar por <u>Cercospora</u> . . . . .	57
2.7.8. Mancha foliar zonada. . . . .	57
2.7.9. Manchas foliars de la vaina por <u>Ascochyta</u> . . . . .	58
2.7.10. Mancha alquitranosa. . . . .	59
2.7.11. Mancha foliar por <u>Didymella</u> . . . . .	59
3. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS. . . . .	61
4. RESUMEN. . . . .	63
5. BIBLIOGRAFIA. . . . .	65



## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esporangióforos y esporangios de hongos causales de mildiús: (A) <u>Scleroothora macrospora</u> Thirum; Shaw y Naras; (B) <u>Pernosclerospora sorghi</u> (Weston and Uppal), Shaw; (C) <u>Sclerospora graminicola</u> (Sacc) Schroet; (D) <u>Sclerophthora rayssiae</u> var. <u>zeae</u> , Payak and Renfro, Fuente: Muller, G.J. (19). . . . .	19
2	Uredosporas y teliosporas de hongos causales de royas; (A) <u>Puccinia sorghi</u> Schw; (B) <u>Puccinia polysora</u> Underw; (C) <u>Physopella zeae</u> (Mains) Cummins y Ramachar, Fuente: Muller, G.J. (19). . . . .	30
3	Escala para estimar el tizón foliar causado por <u>Exserohilum turcicum</u> (USDA). . . . .	35
4	Ciclo de enfermedad de tizón foliar del maíz producido por la raza T. <u>Helminthosporium</u> . . . . .	39
5	Conidióforos y conidios de hongos causales de Tizones: (A) <u>Exserohilum turcicum</u> Pass ( <u>Trichometasphaeria turcica</u> Luttrell); (B) <u>Bipolaris maydis</u> Nisik and Miy. ( <u>Cochliobolus heterostrophus</u> Drechs); (C) <u>Helminthosporium carbonum</u> Ullstrup ( <u>Cochliobolus Carbonum</u> Nelson); (D) <u>Helminthosporium rostratum</u> Drechs..	44
6	Ciclo biológico de <u>Physoderma maydis</u> P. <u>zeae-maydis</u> Shaw. . . . .	50
7	Conidióforos y conidios de patógenos del maíz: (A) <u>Cercospora sorghi</u> (según Saccas); (B) <u>Gloeocercospora sorghi</u> (según Saccas); (C) <u>Ascochyta maydis</u> Stout; (D) <u>Ascochyta zea</u> Stout; (E) <u>Phyllachora maydis</u> Muabl.	60

## 1. INTRODUCCION

Las enfermedades de las plantas han sido un gran problema en el esfuerzo continuo de aumentar la producción de los cultivos, desde que el hombre empezó a domesticar las plantas que le eran útiles para su subsistencia.

Las plantas se encuentran enfermas cuando una o varias de sus funciones son alteradas por los microbios patógenos o por determinadas condiciones del medio ambiente. Los procesos específicos que caracterizan las enfermedades, varían considerablemente según el agente causal y a veces, según la planta misma. Las células y los tejidos afectados de las plantas enfermas comúnmente se debilitan o destruyen a causa de los agentes que ocasionan la enfermedad. La capacidad que tienen esas células y tejidos para llevar a cabo sus funciones fisiológicas normales disminuye o se anula por completo; como resultado, la planta muere o merma su crecimiento. El tipo y monto de las pérdidas ocasionadas por las enfermedades de las plantas varía de acuerdo a la especie de planta o los productos que se obtienen de ella, así como el agente patógeno, la localidad, el medio ambiente, las medidas de control practicadas, etc., o en base a la combinación de todos estos factores.

El maíz está sujeto a muchas enfermedades foliares diferentes, pero sólo unas cuantas causan daños serios. La mayoría de estas enfermedades producen royas, manchas o pústulas en las hojas. Por lo general, estas lesiones tienen esporas del hongo causal en las partes muertas de las hojas. Los residuos del cultivo generalmente, son la fuente principal de inóculo. Algunas de estas enfermedades foliares pueden producir manchas

en las plántulas y matar a la planta en una edad temprana. Penetran en todas las parte de la planta y afectan la totalidad del sistema. Generalmente la infección tardía sólo afecta la hoja.

Las enfermedades de la hoja varían en prevalencia y severidad de un año a otro, y de una área a otra, dependiendo de las condiciones ambiantes. Estas enfermedades parasitarias de la hoja son favorecidas por la humedad elevada, las temperaturas cálidas, humedad ambiental y los rocíos fuertes. La mayoría de los hongos permanecen en los campos de una estación a otra en los residuos. El viento, la salpicadura de la lluvia o los insectos esparcen las infecciones de planta en planta y de campo en campo.

El objetivo del presente trabajo es el de tener un conocimiento general de las principales enfermedades del maíz causadas por hongos, así como también la distribución, síntomas, etiología, ciclo y control de cada una de ellas.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades

Las enfermedades de los vegetales pueden ser infecciosas y no infecciosas, las primeras resultan de la interacción de un organismo vivo, el patógeno, con otro, la planta huésped. Los principales grupos de fitopatógenos lo forman los hongos, bacterias, virus, nemátodos. El conocimiento del ciclo de vida del patógeno y de su comportamiento en la naturaleza es importante en el control de la enfermedad (10).

De los patógenos enunciados, solo se tratarán con algún detalle los primeros. Los hongos son pequeños organismos generalmente microscópicos, que carecen de clorofila y de tejidos conductores (3). Son comunes en lugares oscuros o húmedos, y su reproducción puede ser asexual o sexual (6). Causan la mayor parte de las enfermedades de las plantas, y también muchas de las enfermedades en los animales y del hombre (1). Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo y cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas. Algunos hongos crecen y se reproducen sólo cuando establecen una cierta asociación con las plantas que les sirven de hospedero durante todo su ciclo de vida, otros requieren de una planta hospedante durante una cierta etapa de su ciclo de vida, y aún otros, se desarrollan y reproducen en plantas vivas lo mismo que en materia orgánica muerta (3).

Todas las plantas superiores pueden sufrir infección debido a uno o más hongos patógenos. A escala mundial, los hongos originan pérdidas que ascienden a miles de millones de dólares al año. Cualquier órgano de la planta (raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas) pueden ser ata

cados. Los hongos patógenos reducen la vitalidad y la capacidad para germinar de las semillas, destruyen las plántulas y dañan al huésped en etapas posteriores de su vida. También atacan los productos cosechados, tales como tubérculos, tallos subterráneos, bulbos, rizomas, fibras y maderas, en tránsito y almacenados. A diferencia de otros patógenos, los hongos presentan mayor variedad en forma, función y ciclo de vida; también han sido generalmente reconocidos desde la antigüedad como causa de enfermedades de las plantas, como se comprueba mediante las referencias al tizón, roya, añublo y mildiú, en los escritos antiguos (10).

## 2.2. Características de los hongos fitopatógenos

### 2.2.1. Morfología

El talo, o cuerpo vegetativo de los hongos, recibe el nombre de micelio. El micelio está formado por hifas o filamentos que se extienden y ramifican para constituirlo (22). Cada hifa o micelio pueden tener un grosor uniforme, o pueden terminar en porciones más delgadas o más anchas. Las hifas de algunos hongos tienen un diámetro de tan solo 0.5  $\mu\text{m}$ , mientras que otros tienen un espesor de más de 100  $\mu\text{m}$  (3). Las hifas están formadas por células semejantes a las de los vegetales superiores, con diferencias tales como la ausencia de clorofila, complejidad, etc. (20).

En algunos hongos, el micelio está constituido por células que contienen uno o dos núcleos cada una. En otros, el micelio es cenocítico, es decir, contiene muchos núcleos y está integrado por una célula multinucleada continua y tubular que puede o no ramificarse, o bien puede estar dividido por varias septas, de ahí que cada segmento representen una hifa multinucleada. El crecimiento del micelio se producen en las puntas

de las hifas (3). La pared celular de los hongos está formada por quitina, celulosa, o ambas, permitiéndoles un alto grado de interacción con el substrato; en el caso de los hongos fitopatógenos, esto tiene gran importancia, tanto para la absorción de nutrimentos como para la secreción de enzimas y metabolitos (14).

### 2.2.2. Reproducción

Los hongos se reproducen principalmente mediante esporas. Las esporas son estructuras reproductoras o especializadas para la propagación del hongo, que constan de una o varias células. Estas estructuras pueden formarse asexualmente o ser el resultado de un proceso sexual.

En los hongos inferiores, las esporas asexuales se forman en el interior de un saco denominado esporangio y son diseminadas en el momento en que se rompe esta estructura o a través de una abertura que posee. Otros hongos producen esporas asexuales denominadas conidios, que se desprenden de las células terminales o laterales de hifas especializadas denominadas conidióforos (3). En algunos grupos, los conidios se forman en el interior de una fructificación ampliamente abierta o cerrada y en forma de pera.

Para resistir el frío o la desecación, algunos hongos emiten unas esporas con la cubierta muy gruesa, llamadas clamidosporas.

La reproducción sexual es muy compleja y sirve de base para la clasificación de los hongos. Se caracteriza por la fecundación, es decir, por la unión de dos núcleos que pueden proceder de hifas distintas o de partes diferentes de una misma hifa. En las especies inferiores, esta fecundación se realiza en el seno del micelio y las esporas que resultan son libres, pero protegidas por una membrana espesa. En los hongos más desa-

rrollados, la fecundación está unida a la aparición de frutificaciones más o menos carnosas en cuyo interior maduran las esporas de la fase sexual (4).

### 2.2.3. Ecología y Diseminación

La mayoría de los hongos fitopatógenos pasan parte de su ciclo de vida en las plantas que le sirven de hospedero y otra parte de él en el suelo o en los residuos vegetales depositados en este sustrato.

Durante su forma de vida como parásito, los hongos asumen varias posiciones con respecto a las células y tejidos vegetales. Algunos hongos como en el caso de las cenicillas, se desarrollan fuera de la superficie de la planta a la que infectan, pero envían sus órganos de alimentación (haustorios) hacia el interior de las células epidérmicas de esas plantas. Algunos (como Venturia) sólo se desarrollan entre la cutícula y las células epidérmicas. Más aún, otros hongos se desarrollan indistintamente entre las células de su hospedero y a través de ellas. Los parásitos obligados sólo se desarrollan cuando se asocian a las células vivas de sus hospederos y son incapaces de nutrirse de células muertas. Por otra parte, el micelio de algunos hongos parásitos no obligados nunca llega a entrar en contacto con las células vivas de las plantas, debido a que sus enzimas maceran y destruyen a las células vegetales que se localizan frente a él. Sin embargo, en la mayoría de los casos, a pesar de la posición que tenga el micelio en su hospedero, los cuerpos reproductores (esporas) del hongo se forman en la superficie de los tejidos de su hospedero (o muy cerca de ella), la cual asegura su rápida y eficiente diseminación.

La supervivencia y función de la mayoría de los hongos fitopatóge-

nos depende ampliamente de las condiciones predominantes de temperatura y humedad.

La distancia a la que las esporas son diseminadas varía con respecto al agente de diseminación (3).

### 2.3. Clasificación de los Hongos

Reino **Myceteae**  
 Clase **Myxomycetes**  
 División **Mastigomycota**  
 Subdivisión: **Haplomastigomycotina**  
 Clase : **Chytridiomycetes**  
 Clase : **Hyphochytridiomycetes**  
 Subdivisión: **Diplomastigomycotina**  
 Clase : **Oomycetes**  
 Clase : **Plasmodiophoromycetes**  
 División **Amastigomycota**  
 Subdivisión: **Zygomycotina**  
 Clase : **Zygomycetes**  
 Clase : **Trichomycetes**  
 Subdivisión: **Ascomycotina**  
 Clase : **Ascomycetes**  
 Subclase : **Hemiascomycetidae**  
 Subclase : **Plectomycetidae**  
 Subclase : **Pyrenomycetidae**  
 Subclase : **Discomycetidae**  
 Subclase : **Laboulbeniomycetidae**  
 Subclase : **Loculoascomycetidae**  
 Subdivisión: **Basidiomycotina**  
 Clase : **Basidiomycetes**  
 Subclase : **Holobasidiomycetidae**  
 Subclase : **Phragmobasidiomycetidae**  
 Subclase : **Teliomycetidae**  
 Subdivisión: **Deuteromycotina**



Clase: Deuteromycetes  
 Subclase: Blastomycetidae  
 Subclase: Coelomycetidae  
 Subclase: Hyphomycetidae (5)

A continuación, se explican algunas clases importantes de los Principales Grupos de Hongos.

#### Clase Oomycetes

Estos hongos se caracterizan porque sus zoosporas tienen dos flagelos; las zoosporas se forman en esporangios terminales alargados, ovoides o limoniformes separados de la hifa por un septo.

Los oogonios y los anteridios son las estructuras sexuales; la reproducción sexual es oogámica y da como resultado la formación de oosporas.

La pared micelar está formada por celulosa y glucanas. Esta clase tiene un amplio rango de parásitos que pueden ser facultativos y obligados. Las órdenes comprendidas en esta clase son Saprolegniales, Leptomitales, Lagenidiales y Peronosporales.

#### Clase Ascomycetes

Los ascomicetos comprenden una diversidad de hongos que han sido utilizados industrialmente en la fabricación de vinos, maduración de quesos y obtención de antibióticos y otras drogas.

En su estado telomórfico, las fructificaciones se conocen como ascocarpos, dentro de los cuales, se pueden observar el asco con sus ascosporas, generalmente en número de ocho. Los ascomicetos presentan estructuras sexuales que reciben el nombre de ascogonio al femenino y anteridio al masculino (5).

## Clase Basidiomycetes

Esta clase comprende a los hongos superiores, cuya principal característica es la presencia de basidios sobre los cuales se producen las basidiosporas.

Las principales características de las basidiomycetes son:

- a). Basidios con dos o cuatro esterigmas en Agaricales y Aphyllophorales.
- b). Basidiosporas sobre los esterigmas
- c). Fíbulas, estructuras en forma de codo o hebilla que participan en la formación de micelio dicariótico.
- d). Un micelio diferenciado, en un cuerpo fructífero; el basidiocarpo que puede presentar himenóforo con lamelas con algunas venaciones, tubos lisos, etc.(5).

## Clase Deutoromycetes

Los ascomicetos, basidiomicetos y algunos hongos inferiores, presentan una fase conidial o de repetición conocida como forma imperfecta o amorfa. Esta fase asexual, es la más frecuentemente observada. En la determinación de los hongos imperfectos, se requiere tener conocimiento de las estructuras reproductivas asexuales, además de las características de los conidios y el proceso de conidiogénesis. Este método facilita la identificación de los hongos imperfectos.

Dado que estos hongos carecen de fase sexual (estado perfecto), los llamamos por lo común hongos imperfectos y técnicamente, fungi immerfecti. Muchos de ellos son saprobios, pero hay muchos otros de gran importancia, porque siendo parásitos causan enfermedades en las plantas, en los animales y en el hombre. Los estados conidiales de la mayoría de es-

tos hongos son muy similares a los estados conidiales de algunos Ascomycetes (5).

## 2.4. Mildiús del Maíz

Los mildiús son principalmente, tizones del follaje de las plantas, que atacan y se desarrollan con gran rapidez en tejidos verdes, tiernos y jóvenes que incluyen hojas, ramitas y frutos. La reproducción y propagación de estos hongos es rápida, de ahí que las enfermedades que ocasionan produzcan pérdidas considerables en cortos períodos de tiempo. Los mildiús verdaderos se deben a un grupo de oomicetos que pertenecen a la familia de Peronosporaceae, todas las especies de esta familia son parásitos obligados de plantas superiores y producen mildiús en numerosas plantas, que incluyen a la mayoría de las hortalizas y gramíneas cultivadas, así como a muchas plantas de ornato, de cultivo, arbustos y vides (3).

### 2.4.1. Mildiú Cabeza Loca (Crazy top)

A.C. Sclerophthora macrospora Thirum., Shaw y Naras

#### Distribución

Esta enfermedad se presenta en las áreas donde los suelos se llegan a inundar o a anegar en cualquier momento, entre la germinación y cuando las plántulas tienen 15-25 cm de altura (15).

La deformación de las inflorescencias aparece en la mayoría de las zonas con climas templados cálidos. Es muy raro que aparezca en las zonas tropicales, pero está muy difundida en Estados Unidos de América y se le registró en Canadá, México, este y sur de Europa, Africa y Asia. La deformación de las inflorescencias provoca pérdidas sustanciales sólo en áreas muy localizadas (19).

## Síntomas

Los síntomas varían enormemente de acuerdo con el momento en que se produce la infección y el grado de invasión del huésped por el hongo. Generalmente, primero aparece una producción excesiva de tallos (de 6 a 10 por planta), enrollamiento y retorcimiento de las hojas superiores. El síntoma más característico es la proliferación parcial o completa de la panoja, se asemeja a una masa de estructuras foliosas. Estas inflorescencias semejantes a hojas se describen como "deformación de las inflorescencias" (2, 19). Otros síntomas comunes es el secamiento de las plántulas cuando la infección se presenta en etapa de plántula. Las plantas afectadas se achaparran y presentan hojas amarillo-pálido y estrechas. Aparece un moho suave y blanco en ambas caras de la hoja (15).

## Etiología

Los esporangios (conidios) son hialinos, con forma de limón, de 60 a 100 x 30 a 65  $\mu\text{m}$  y adheridos a esporangióforos (conidióforos) cortos, simples, hifoides. Las esporas germinan mediante la liberación de zoosporas biciliadas, subesféricas a reniformes, hialinas y a veces, mediante tubos germinativos. Las oosporas son hialinas a amarillentas, multinucleadas, algo globosas, tienen 45 a 75  $\mu\text{m}$  de diámetro, y un contenido granular. Germinan mediante un tubo de paredes finas con un esporangio que a su vez produce zoosporas. El micelio es conócítico, de paredes finas, intercelular y abundante en los tejidos meristemáticos (19). En la Figura 1(A), se observan los esporangios típicos de Sclerophthora macrospora mostrando la germinación mediante un tubo germinativo y la liberación de zoosporas.

## Ciclo de la Enfermedad

Las oosporas germinan en suelo saturado produciendo esporangios y zoosporas que penetran en los tejidos del huésped. El micelio se desarrolla sistémicamente y es más abundante en los tejidos meristemáticos. Los esporangios pueden formarse directamente en los esporangióforos proyectándose desde los estomas hacia las hojas, pero estas esporas rara vez se producen en el maíz. Las oogonias se forman abundantemente en los tejidos infectados (19).

## Epidemiología

La deformación de las inflorescencias aparece en los suelos saturados poco después del cultivo o antes de que las plantas se encuentren en estado de 4a-5a hoja. La saturación durante 24 a 48 horas es suficiente para que ocurra la infección, iniciándose, probablemente mediante la germinación de las oosporas que están en la tierra y proporcionando el líquido para que las zoosporas se muevan hasta los sitios de infección en el maíz. La infección se da en diversas temperaturas del suelo. La óptima para la esporulación en las hojas afectadas es 24 a 28°C y de 12 a 16°C para la germinación esporangial. Se sabe muy poco acerca de la especialización fisiológica del parasitismo en S. macrospora. Se demostró la transmisión del patógeno por semilla, pero en general se le considera de poca importancia para la diseminación del hongo.

S. macrospora tiene diversos huéspedes entre las gramíneas. Se incluye el pasto de Cuaresma (Digitaria sanguinalis), Panicum capillare, Setaria viridis y Echinochloa crusgalli (19).

## Control

El método de control más directo es proporcionar un drenaje adecua-

do del suelo. Se sabe poco de la resistencia relativa de líneas puras e híbridos. El tratamiento de la semilla no influye en el control (15, 16).

#### 2.4.2. Mildiú del Sorgo

A.C. Peronosclerospora sorghi (Weston and Uppal) Shaw

##### Distribución

Esta enfermedad se encuentra difundida en Africa, Egipto e India (21).

##### Síntomas

Las plantas infectadas sistemáticamente están cloróticas, chaparras y pueden tener hojas con rayas blancas (15).

Algunas hojas pueden tener bordes transversales bien definidos entre el tejido enfermo y el sano dando la apariencia de una "hoja enferma" por la mitad". Las hojas de las plantas infectadas son más angostas y erguidas que las de las plantas sanas. Puede aparecer un crecimiento veloso en ambas superficies de las plantas infectadas, y las plantas enfermas pueden tener panojas tipo filodio. Las plantas de variedades tolerantes pueden mostrar síntomas de infección sistémica pero su producción de semillas es normal. En algunas líneas de maíz se desarrollan lesiones largas, angostas, cloróticas y locales (19).

##### Etiología

Los esporangióforos son erectos, frágiles, hialinos, de 180 a 300  $\mu\text{m}$  de longitud, en general dicotómicamente ramificados y emergen a través de los estomas en los lados inferiores de las hojas. Los esporángios son hialinos, ovales a esféricos, de 15 a 26.9 x 15 a 28.9  $\mu\text{m}$  y nacen en los esterigmas alargados. Los mismos germinan mediante un tubo germinativo bajo condiciones de humedad elevada. Los oogonios son esféricos de 40 a 55  $\mu\text{m}$  de diámetro y están incrustados entre las células del mesófilo de

los haces fibrovasculares. Las oosporas miden 25 a 42,9  $\mu$ m y son hialinas y esféricas con paredes amarillo claro (19). En la Figura 1(B) se observa las esporangióforos y esporangios de Peronosclerospora sorghi. Un esporangio está desarrollando un tubo germinativo.

#### Ciclo de la Enfermedad

Las oosporas de P. sorghi sobreviven varias estaciones en el suelo y constituyen probablemente el inóculo primario. Las oosporas germinan mediante tubos germinativos e infectan las hojas de las plántulas de maíz susceptibles. No se determinó aún las interacciones huésped-patógeno. Los esporangios en las hojas son transportados por el viento y proveen el inóculo secundario (19).

#### Epidemiología

La germinación conidial (esporangial) requiere una humedad elevada y temperaturas inferiores a 20°C. Los conidios son delicados y pierden su viabilidad después de 3 a 4 horas. P. sorghi puede también infectar al Sorghum bicolor, S. alnum, S. halepense, Euchlaena mexicana. Existen pocas pruebas de la especialización fisiológica en P. sorghi.

Hasta el momento no se comprenden bien otras características epidemiológicas (19).

#### Control

El control comprende variedades resistentes y saneamiento (15). Destrucción de los restos de los cultivos infectados y evitar las rotaciones maíz-sorgo en los campos en donde ocurrió la enfermedad (19).

Un nuevo fungicida se ha reportado en Estados Unidos de América para el control del mildiú del maíz y sorgo, el Ridomil con acción espectral



cular en diversas enfermedades, tales como el mildiú de la lechuga Bremia loctucae, y el de la cebolla Peronospora destructor (17).

### 2.4.3. Mildiú de los Cereales

A.C.C. Sclerospora graminicola (Sacc.) Schroet.

#### Distribución

Esta enfermedad también denominada "espiga verde" aparece en diversas gramíneas en todo el mundo. No tiene importancia económica en el maíz (19).

#### Síntomas

Los síntomas incluyen pústulas y motas en las hojas, con crecimiento polvoriento blanco en el área descolorida(15). El veteado clorótico y la atrofia son síntomas comunes. Los síntomas aparecen generalmente 10 días después de emerger la plúmula (19).

#### Etiología

Los esporangióforos son largos, no septados y semejantes a tallos con bases algo bulbosas. Los esporangios nacen en esterigmas cortos, 2 a 6 en una rama, miden 14 a 23 x 11 a 17  $\mu\text{m}$  y tienen una papila prominente en el extremo. Son ampliamente elípticos y algo puntiagudos en el extremo libre. Cada esporangio germina liberando tres o más zoosporas con forma irregularmente arriñonada, biciliadas y de 9 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro. La germinación puede dar lugar a veces, a la aparición de tubos germinativos. Las oosporas son de color marrón claro, de 22.5 a 35  $\mu\text{m}$  de diámetro y germinan mediante tubos germinativos. Las oosporas tienen un diámetro de 30 a 60  $\mu\text{m}$  y son marrón rojizas o ámbar, con paredes gruesas e irregulares, de 4 a 12  $\mu\text{m}$  de espesor (19). En la Figura 1(C) se observan las esporangioforas y esporangios de Sclerospora graminicola.

### Ciclo de la Enfermedad

La infección primaria se presenta a partir de las oosporas que pasan el invierno en el suelo. Las oosporas pueden también nacer en las semillas. Las mismas germinan mediante la formación de tubos germinativos e infectan las hojas de las plántulas de maíz. El desarrollo de la enfermedad y su propagación se ven favorecidos por la humedad alta y las temperaturas nocturnas moderadas, que son óptimas para la producción de esporangios. La propagación secundaria se realiza mediante esporangios diseminados por el viento y producidos superficialmente (19).

### Epidemiología

Las temperaturas de 24 a 32°C durante dos días después de la siembra son favorables para las infecciones graves. La temperatura óptima para la formación conidial y germinación es de 17°C con una máxima de 34°C. Especies Euchlaena, Holcus, Pennisetum, Saccharum y Setaria son susceptibles (19).

### Control

No se requieren medidas de control (19).

#### 2.4.4. Mildiú rayado café

A.C. Sclerophthora rayssiae var. zeae Payak & Renfro

### Distribución

Esta enfermedad es muy destructiva en la India y se le registró en la mayoría de las zonas de cultivo de este país (15).

### Síntomas

Esta enfermedad es muy destructiva en la India. Las lesiones se desarrollan en las hojas como rayas angostas, cloróticas o amarillentas. Puede suprimirse el desarrollo de la semilla y puede ocurrir la muerte pre-

tura (15). Los esporangios en las hojas se dan como un crecimiento vellosos o lanoso en ambas superficies de las lesiones. Las partes vegetativas no presentan malformaciones y las hojas no se fragmentan. (19).

### Etiología

Las oogonias son subglobosas, de paredes finas, hialinas a levemente pajizas, de 33 a 44.5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Las oosporas son esféricas o subesféricas, de 29.5 a 37  $\mu\text{m}$  de diámetro, con paredes lisas, brillantes de 4  $\mu\text{m}$  de espesor que confluyen con la pared oogonial. Las oosporas están ubicadas en el centro dentro de las oogonias y poseen un contenido hialino, incluyendo un glóbulo de aceite prominente. Las oosporas y oogonias son numerosas y diseminadas en el mesófilo de la hoja o bajo los estomas. Los esporangióforos son cortos, definidos y emergen de los espacios subestomáticos. Los esporangios se producen simpódicamente en grupos de 2 a 6, son hialinos, ovales a cilíndricos, con un pedúnculo prominente, de paredes lisas, de 29.0 a 66.5 x 18.5 a 26  $\mu\text{m}$  y producen individualmente de 4 a 8 zoosporas durante la germinación. Las zoosporas enquistadas son hialinas y esféricas, de 7.5 a 11  $\mu\text{m}$  de diámetro (19). En la Figura 1 (D) se observa tres esporangios y una oospora de Sclerophthora rayssiae var. zeae.

### - Ciclo de la enfermedad

S. rayssiae sobrevive como oospora en los restos infectados en el suelo. Durante la germinación, la oospora producen un esporangióforo que libera zoosporas, las cuales constituyen el inóculo primario. Con una humedad suficiente y temperaturas elevadas, el esporangio puede producir un tubo germinativo, el cual puede también infectar las hojas de maíz.

El patógeno puede también pasar el invierno (o el verano) en las gramíneas huéspedes como micelio, a partir del cual se producen los esporangios. Esta constituye otra fuente de inóculo. La propagación secunda-

ría se realiza mediante esporangios producidos después de establecida la infección primaria (19).

### Epidemiología

La gravedad del mildiú o peronospora de franja marrón está influida por la temperatura y la humedad. Los esporangios se forman a temperaturas bajas (20 a 22°C), pero las oosporas lo hacen a temperaturas elevadas. Las temperaturas del suelo de 28 a 32°C favorecen el desarrollo de la enfermedad. La germinación e infección por esporangios requiere una capa de humedad durante 12 a 96 horas. La germinación de las zoosporas ocurre bajo diversas temperaturas (15 a 30°C), siendo la óptima de 22 a 25°C. Las esporas del patógeno las disemina el viento, la lluvia y los animales. Las oosporas en las hojas pueden también propagarse mediante el viento y los animales. El patógeno puede infectar a Digitaria sanguinalis. La deficiencia de Zinc predispone a las plantas a contraer la infección (19).

### Control

El control comprende el uso de variedades resistentes, la siembra antes de que se inicie la estación de lluvias y el uso de fungicidas (15).

Los fungicidas son prometedores en forma de: a) pulverización foliar después de la aparición de los síntomas, ó b) como un humedecimiento del suelo (19).

#### 2.4.5. Mildiú de la Caña de Azúcar

A.C. Sclerospora sacchari Miyake

#### Distribución

La enfermedad parece limitarse a las regiones tropicales y subtropicales y se le registró en Australia, Islas Fidji, India, Guinea, Filipinas, Taiwán y Tailandia. Constituye una amenaza potencial para la produc

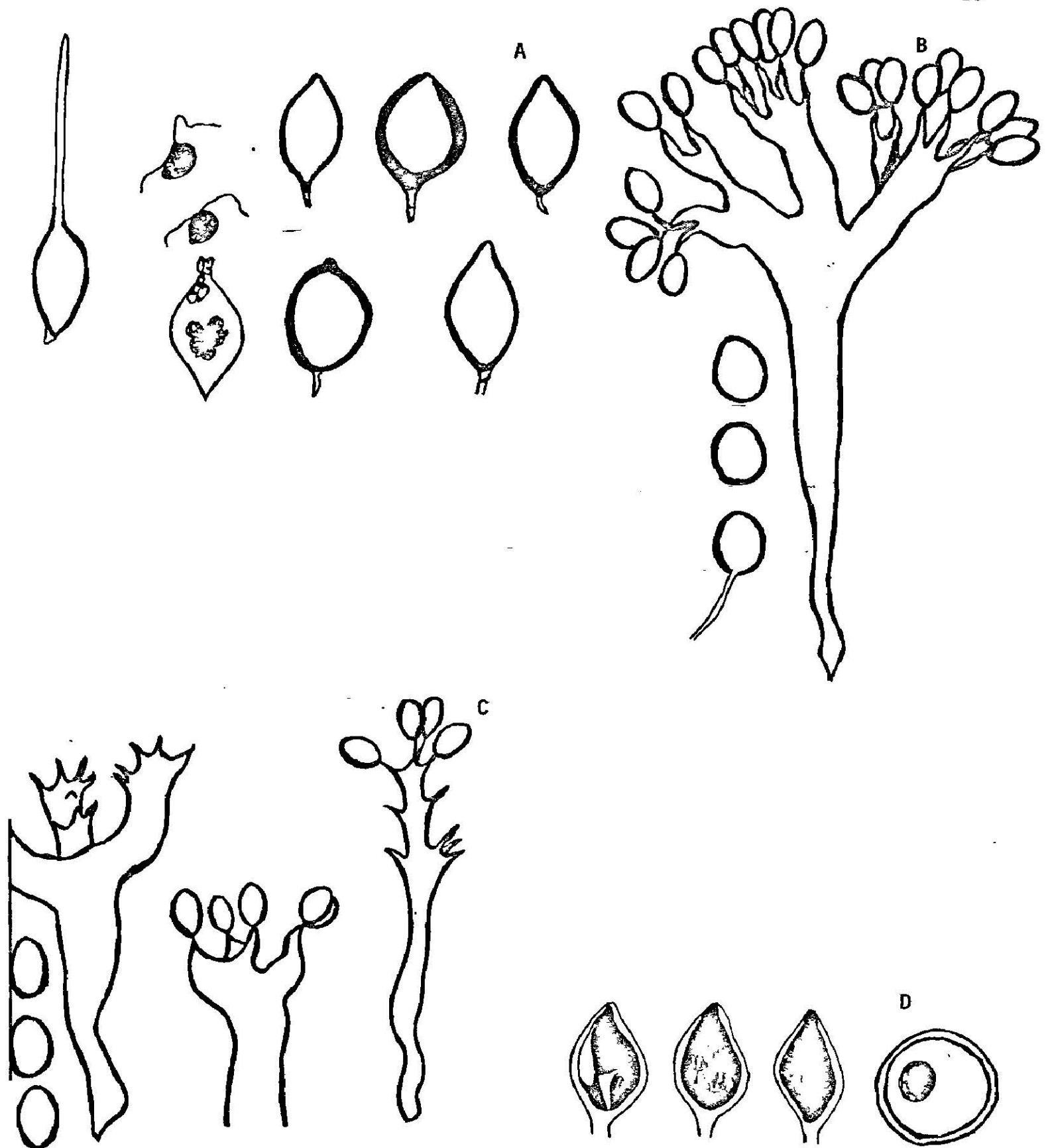


FIGURA 1. Esporangioforos y esporangios de hongos causales de mildiús: (A) *Sclerophthora macrospora* Thirum; Shaw y Naras; (B) *Peronosclerospora sorghi* (Weston and Uppal) Shaw; (C) *Sclerospora graminicola* (Sacc) Schroet; (D) *Sclerophthora rayssiae* var. *zae*, Payak and Renfro.  
FUENTE: Müller, G.J. (19)

ción de maíz, especialmente en Asia (15, 19).

### Síntomas

Los síntomas se caracterizan por lesiones locales y la infección sistémica (15). Las lesiones inicialmente son manchas pequeñas, redondas y cloróticas en las hojas, las cuales aparecen 2 a 4 días después de la infección. Los síntomas sistémicos aparecen como franjas amarillo pálidas a blancas o vetas a nivel de la base de las hojas más viejas, de la tercera a sexta hojas. Puede formarse varias vetas en la misma hoja y extenderse en toda su longitud. En las plantas infectadas tardíamente o en forma leve, las vetas pueden desaparecer a medida que las plantas llegan a la madurez. Aparecen masas de esporangios y esporangióforos de color blanco, vellosos o pulverulentos en ambas superficies foliares, vainas florales y chalas. Este crecimiento vellosos se produce en general durante la noche bajo temperaturas moderadas (25°C) y humedad elevada, en especial cuando hay rocío (19).

### Etiología

Los esporangióforos son rectos, hialinos, de 160 a 170  $\mu\text{m}$  de longitud y emergen solos o en pares a partir de los estomas. Los esporangios son hialinos, elípticos, cilíndricos u ovoides, de 25 a 41 x 15 a 13  $\mu\text{m}$ , con un extremo redondo y paredes lisas y finas. Las oosporas son globulares o algo angulares, de 40 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro y paredes de 3.8 a 5  $\mu\text{m}$  de espesor. Los esporangios y oosporas germinan mediante tubos germinativos hialinos delgados, no septados, de 3.8  $\mu\text{m}$  de ancho (19).

### Ciclo de la Enfermedad

El hongo sobrevive como micelio en la caña de azúcar, bajo condiciones favorables, el micelio penetra en las hojas de maíz a través de los estomas formando lesiones pequeñas, redondas, cubiertas de micelios ectofíticos en los sitios de infección. El micelio se propaga intercelularmente mediante la inserción de haustorios con forma de botón en las células del huésped. Después que el micelio endofítico invade los tejidos a nivel del punto de crecimiento, aparecen en las hojas jóvenes las primeras vetas. Una vez establecido en las plántulas de maíz, el hongo produce numerosos esporangios que sirven como inóculo secundario para las plántulas de maíz o de caña de azúcar (19).

### Epidemiología

La humedad, la temperatura y la edad de las plantas son los factores más importantes para el desarrollo de la enfermedad. La temperatura óptima para la formación y germinación de los esporangios es de 20 a 25°C en presencia de agua libre. La esporulación es nocturna y disminuye con el aumento de la intensidad de la luz. Las plantas menores de un mes son muy susceptibles a la infección, tornándose resistentes con la edad. Los esporangios son transportados por el viento, pero son visibles sólo durante unas pocas horas, incluso bajo condiciones óptimas. Los huéspedes de S. sacchari incluyen al teosinte, maicillo y maíz de Guinea (19).



## Control

### 1. Prácticas culturales

- a. Prevención, eliminar el hongo en la caña de azúcar mediante el empleo de material certificado libre del patógeno.
- b. Aislamiento: sembrar maíz en las zonas libres de la enfermedad, en donde se cultiva la caña de azúcar en forma extensiva.
- c. Erradicación: extraer y destruir las plantas enfermas.
- d. La pulverización: con fungicidas constituye una práctica general en algunas zonas.

### 2. Emplear variedades resistentes (15).

#### 2.4.6. Mildiú de las Filipinas

A.C. Sclerospora philippensis Weston

Esta enfermedad ocasiona serias pérdidas en el rendimiento del maíz en Filipinas y es menos seria en la India, Indonesia y Nepal.

Las hojas presentan rayas cloróticas largas. El resultado de ataques serios puede ser espigas mal formadas, achaparramiento de las plantas y esterilidad. El control incluye el rastreo ligero, variedades resistentes y aspersiones con fungicidas (15).

## PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS MILDÍUS DEL MAÍZ

NOMBRE CIENTIFICO (NOMBRE COMUN)	ESPORANGIOFOROS (CONIDIOFOROS)	ESPORANGIOS (CONIDIOS)	OO SPORAS	DISTRIBUCION GEOGRAFICA	OTROS HUESPEDES APARTE DEL MAÍZ
<u>Sclerophthora macrospora</u> (deformación de las inflorescencias o "cabeza loca")	Cortos (promedio 13.8 $\mu$ ), simples, hifoides.	Con forma de limón; 60-100x30-65 $\mu$ ; en general germinan mediante zoosporas.	Hialinas, amarillo pálido, se desarrollan principalmente en los haces vasculares, 45-75 de diámetro; germinan mediante esporangios	América del Norte, México, Europa, África, Asia.	<u>Avena sativa</u> <u>Digitaria spp.</u> <u>Panicum spp.</u> <u>Setaria spp.</u> <u>Sorghum spp.</u> <u>Triticum spp.</u>
<u>S. roysiae</u> var. <u>zeae</u> (lista o franja marrón)	Hialinos, cortos.	Hialinos, ovales a cilíndricos, 29-66.5x18.5-26 $\mu$ ; germinan mediante zoosporas.	Esféricas a subesféricas, 29.5-37 $\mu$ de diámetro, germinan mediante esporangios	India	<u>Digitaria spp.</u>
<u>Sclerospora graminicola</u> (mildíu gramínicola).	Largos (promedio 268 $\mu$ ) no septados.	En general elípticos con el extremo algo puntiagudo y papilas prominentes, 14-23x11-17 $\mu$ ; germinan mediante zoosporas.	Marrones pálidos, 23-25 $\mu$ de diámetro, germinan mediante un tubo germinativo	Mundial	<u>Euchlaena spp.</u> <u>Holcus spp.</u> <u>Pennisetum spp.</u> <u>Saccharum spp.</u> <u>Setaria spp.</u> <u>Sorghum spp.</u>
<u>P. sorghi</u> (mildíu del sorgo)	Hialinos, 180-300 $\mu$ de larga	Hialinos, ovales a esféricos, 15-26.9x15-28.9 $\mu$ ; germinan mediante tubo germinativo.	Hialinos, esféricas, 25-42.9 $\mu$ de diámetro; germinan mediante tubo germinativo.	América del Norte, África, India, Italia.	<u>Euchlaena spp.</u> <u>Panicum spp.</u> <u>Pennisetum spp.</u> <u>Sorghum spp.</u>
<u>S. philippensis</u> (mildíu de Las Filipinas)	Largos, 150-400 $\mu$ , dicotómicamente ramificados 2-4 veces.	Elipsoidales a cilíndricos, hialinos, 27-39x17-21 $\mu$ .	Esféricas, 15.3-22.6 $\mu$ de diámetro.	Filipinas Indonesia, India, Nepal, Rep. de Sudáfrica, África.	<u>Avena sativa</u> <u>Euchlaena spp.</u> Híbridos de <u>E. mexicana</u> x <u>Z. mays</u> <u>Saccharum spp.</u> <u>Sorghum spp.</u>
<u>S. sacchari</u> (mildíu de la caña de azúcar)	Hialinos, 160-170 $\mu$	Hialinos, elípticos, cilíndricos a ovales, 25-41x15-23 $\mu$ con un extremo redondeado, germinan mediante tubo germinativo.	Globulares algo angulares, amarillos, 40-50 $\mu$ de diámetro, germinan mediante tubo germinativo.	Islas Fidji, India, Guinea, Filipinas, Taiwán, Tailandia, Japón.	<u>Euchlaena spp.</u> <u>Miscanthus spp.</u> <u>Saccharum spp.</u> <u>Sorghum spp.</u>
<u>S. maydis</u>	Largos, 150-550 $\mu$ , dicotómicamente ramificados 2-4 veces	Hialinos, esféricos a subesféricos, 27-39x17-23 $\mu$		India, Indonesia.	Híbridos de teosinte por maíz

#### 2.4.7. Miñdiú de Java

A.C. Sclerospora maydis (Roc.) Butler.

Esta enfermedad es muy seria en Indonesia y de menor importancia en la India. Los síntomas comprenden un rayado de color blanco o amarillo seguido por necrosis y la evolución a una coloración café de las hojas. Las variedades de maíz difieren en su resistencia (15).

### 2.5. Royas del Maíz

Las royas ocasionadas por Basidiomycetes del orden Uredinales, se encuentran entre las enfermedades de las plantas más destructivas, han ocasionado hambre y arruinado la economía de grandes áreas y países enteros.

Las royas atacan principalmente a las hojas y los tallos y en ocasiones a los verticilios florales. Por lo común, las infecciones causadas por las royas tienen el aspecto de numerosas manchas rojizas, anaranjadas, amarillas o incluso de color blanco que ocasiona el rompimiento de la epidermis, la formación de hinchamientos e incluso de agallas (3).

#### 2.5.1. Ruya común del maíz o chahuixtle

A.C. Puccinia sorghi Schw.

##### Distribución

Según Stakman y Harrar Puccinia sorghi es común en toda América Latina. También se le ha hallado en Estados Unidos, aunque la mayoría de las variedades son resistentes a las razas que se encuentran ahí. Es mucho más perjudicial en América Latina, pudiéndosele encontrar esencialmente en todo el maizal cultivado por debajo de los 500 metros de altura sobre el nivel del mar (21).

## Síntomas

Las manchas abultadas o pústulas aparecen en cualquier parte de la planta del primer entrenudo del nivel del suelo, pero son más evidentes en las hojas jóvenes e intermedias estando dispersas por ambos lados de las mismas (13, 18).

Las pústulas circulares o alargadas, de color marrón-dorado a marrón-canela están diseminadas separadamente en ambas superficies foliares y se tornan negro-amarronadas a medida que la planta madura y se desarrollan las teliosporas. En los casos graves, puede darse la clorosis y muerte de las hojas y vainas foliares. Las pústulas irrumpen y se pulverizan precozmente en su desarrollo (18, 19).

## Etiología

Las uredosporas son de color marrón-canela, esféricas o elipsoidales y miden 22 a 29 x 24 a 32  $\mu\text{m}$ . Las paredes de las esporas tienen un espesor de 1,5 a 2  $\mu\text{m}$ , son moderadamente espinulescentes con tres o cuatro poros ecuatoriales. Cada espora es binucleada al igual que el micelio que se desarrolla durante la germinación. Las teliosporas que reemplazan a las uredosporas en las pústulas son de color negro-amarronado, lisas, oblongas a elipsoidales, biceluladas, con una leve constricción a nivel del tabique, miden 16 a 23 x 25 a 50  $\mu\text{m}$  y están adheridas a los pequeños pedicelos las que tienen una, dos veces la longitud de las esporas. Las eciosporas son de color amarillo pálido, esféricas o elipsoidales, de 15 a 24  $\mu\text{m}$  del diámetro y se presentan en forma de capas en las especies de Oxalis (19). En la Figura 2 (A) se observa las uredosporas y teliosporas de Puccinia sorghi.

### Ciclo de la enfermedad

Las teliosporas germinan en la primavera a partir de los basidios, en los cuales se producen basidiosporas pequeñas, de paredes finas, hialinas y haploides. Estas esporas germinan y penetran en las hojas de las especies de Oxalis formando espermagonios con espermacios en la superficie superior de la hoja. Los espermacios se unen con las hifas flexuosas (receptivas) del tipo de apareamiento opuesto, iniciando el estado aecial en la superficie inferior de las hojas de Oxalis. Las ecidiosporas binucleadas en los ecidios son transportados por el viento e infectan a las hojas de maíz. Estas infecciones dan nacimiento a las uredosporas, el estado repetitivo del hongo. Las uredosporas pueden pasar el invierno en regiones templadas e iniciar las infecciones primarias, evitando así la necesidad del huésped intermediario, Oxalis (19).

### Epidemiología

Las condiciones óptimas para el desarrollo del hongo son de 15 a 23°C y alta humedad relativa (13).

El tejido más viejo del maíz es generalmente resistente al P. sorghi se pueden distinguir numerosas razas fisiológicas de P. sorghi de acuerdo con sus reacciones en dos o más líneas de maíz (19).

### Control

Emplear variedades resistentes y aplicaciones de fungicidas en el momento de la aparición de las primeras pústulas (19). Destrucción de los residuos de cosecha (13).

#### 2.5.2. Roya del sur

A.C. Puccinia polysora Underw

## Distribución

La roya del sur causada por el hongo Puccinia polysora, está comúnmente distribuida en todas las áreas donde se cultiva maíz y es mucho más dañina que la roya común (13).

Se ha informado de la roya del sur del maíz en el sur y centro de Norteamérica, México, Africa, Asia, Australia y Sudamérica. En estas regiones, las royas con frecuencia son severas y pueden matar prematuramente a las plantas (15). Un hecho importante es que el maíz enviado a Nigeria desde América Central y México parece ser resistente a las razas de P. polysora que se encuentra allí y por ello, se le está utilizando ahora en el desarrollo de variedades mejoradas resistentes (21).

## Síntomas

Puccinia polysora es un hongo que produce la roya del sur en el maíz. Es difícil diferenciar P. sorghi de P. polysora partiendo de los síntomas (11). En ambos lados de las hojas se presentan las pústulas que son pequeñas, circulares a ovales, de 0,2 a 2,0  $\mu\text{m}$  de longitud y de un color marrón canela claro y están densamente esparcidas en ambas superficies foliares, esto nos ayuda para poder distinguirla de la roya común. Las hojas de maíz infectadas se tornan cloróticas y se secan (13, 19).

## Etiología

Las uredosporas son amarillentas a doradas, globulosas a ovoides, miden 22 a 30 x 28 a 38  $\mu\text{m}$ . Las paredes son diminutas y raramente espinulocentes, de 1 a 2  $\mu\text{m}$  de espesor, con 4 a 5 poras ecuatoriales. Las teliosporas son de color marrón-castaño y lisas, angularmente elipsoidales u ovoides, redondeadas en ambos extremos y miden 16 a 25 x 25 a 50  $\mu\text{m}$ . Son bice-luladas, con un estrechamiento a nivel del tabique y nacen en pedicelos cortos (10 a 30  $\mu\text{m}$ ), persistentes de 1 a 4 veces o menos la longitud de

las esporas (19).

En la Figura 2(B) se observan las uredosporas y teliosporas de Puccinia polysora.

#### Ciclo de la enfermedad

Las teliosporas de P. polysora son raras y no se tiene conocimiento de su germinación. Parecen no tener importancia en el ciclo de la enfermedad. Las uredosporas constituyen un inóculo tanto primario como secundario, y son transportados al maíz por el viento o los materiales infectados. No se ha encontrado ningún huésped intermediario para P. polysora. Por lo tanto, sólo se conocen los estados uredial y telial de esta roya (19).

#### Epidemiología

Los rocíos intensos, las temperaturas elevadas (27°C), humedades relativas también elevadas parecen incrementar la infección y extender la enfermedad (15, 19).

Las alturas superiores a los 1,200 m son desfavorables para el desarrollo de la enfermedad, mientras que las inferiores a 900 m favorecen el inicio temprano de la roya. Se han registrado varias razas de P. polysora (19).

#### Control

Siembra de variedades resistentes y destrucción de los residuos de cosecha (13).

### 2.5.3. Roya tropical o roya blanca de Guatemala

A.C. Physopella zeae (Mains) Cummins y Ramchar

#### Distribución

La roya tropical parece restringirse a las regiones calientes y húmedas de México, Centro, Sudamérica y el Caribe (15).



## Síntomas

Esta enfermedad se asemeja a la roya común. Las pústulas presentan una coloración blanco-cremoso o pálido en el centro, con un pequeño poro y están rodeadas por márgenes de color oscuro, varían de forma ya sea redondas u ovaladas (13). Posteriormente se desarrollan manchas de color morado, circulares u oblongas, con centros color crema de 0,6 cm de diámetro. Las teliosporas de color marrón-achocolatado oscuro aparecen generalmente esparcidas en grupos alrededor de las uredias (19).

## Etiología

Las uredosporas son sésiles, elipsoidales, de 16 a 20 x 22 a 34  $\mu\text{m}$  incoloras o amarillentas, con paredes casi hialinas, algo espinulescentes, de 1,5 a 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Las teliosporas son cilíndricas, de color marrón-dorado y unicelulares, aparecen en cadenas de 2 a 3 esporas y miden de 12 a 18 x 16 a 38  $\mu\text{m}$ . Las teliosporas oblongas o angularmente elipsoidales son sésiles con paredes lisas y de color marrón-dorado, con un espesor de 1,0 a 3,0  $\mu\text{m}$  (19). (Ver Figura 2C).

## Ciclo de la enfermedad

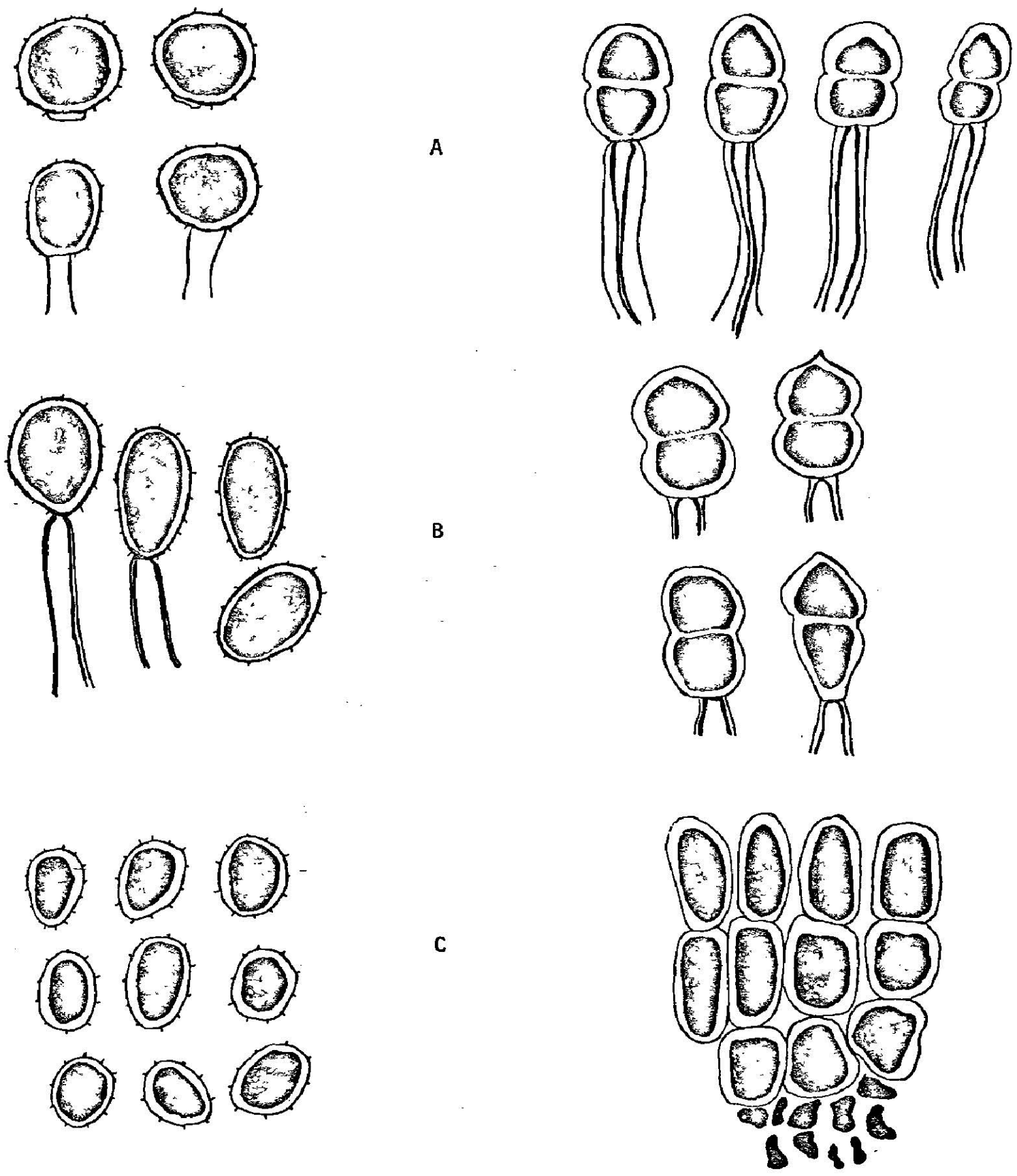
Ver roya sureña. No se registró ningún huésped alternativo (19).

## Epidemiología

Esta enfermedad se ve favorecida por un tiempo templado a cálido y húmedo y bajas latitudes. Se conocen por lo menos dos razas de P. zeae (19).

## Control

Emplear variedades resistentes y destrucción de los residuos de cosecha (13).



A

B

C

FIGURA 2. Uredosporas y teliosporas de hongos causales de royas: (A) Puccinia sorghi Schw; (B) Puccinia polysora Underw; (C) Physopella zae (Mains) Cummins y Ramachar.  
 FUENTE: Muller, G.J. (19).

## 2.6. Tizones Foliares del Maíz

Los tizones foliares del maíz son enfermedades que se encuentran ampliamente distribuidas por todo el mundo y son muy comunes y severas en muchas plantas de cultivos importantes. Así, diferentes especies de Helminthosporium, que en la actualidad se conocen bajo los nombres de Bipolaris o Drechslera y Exserohilum, producen los tizones foliares del maíz, la mancha parda o el tizón del arroz, la pudrición de la corona y raíz del trigo; el tizón Victoria y otras manchas foliares de avenas, etc.

Las enfermedades de tizón y manchas foliares, así como las pudriciones de la corona y de la raíz de varias plantas debidas a Helminthosporium tienen muchas semejanzas, pero también algunas diferencias significativas. Tres de ellas, la mancha parda o tizón del arroz, el tizón foliar meridional del maíz y el tizón de las avenas por Helminthosporium, produjeron epidemias repentinas y devastadoras que dieron como resultado enormes pérdidas en los cultivos, sufrimientos humanos y la aplicación de nuevos métodos para el control de dichas enfermedades. Todas las enfermedades que ocasiona Helminthosporium destruyen varias zonas de la superficie de la hoja, atacan y destruyen parte del tallo o de las raíces o bien ataca directamente a los granos y en cualquiera de los casos, produce pérdidas considerables en la producción (3).

### 2.6.1. Tizón norteno de la hoja o quemazón

A.C. Exserohilum turcicum Pass (Trichometasphaeria turcica Luttrell).

#### Distribución

Esta enfermedad está ampliamente difundida en las zonas maiceras de los Estados Unidos e infecta a todos los tipos de maíz (8).

El tizón norteño de la hoja se encuentra casi todos los años en las regiones maiceras del sur y del este. Es menos común en la parte central de la "zona del maíz", pero ha llegado a ser grave en el oeste hasta Nebraska y en el norte hasta Minnesota y Dakota del Sur (2).

### Síntomas

El tizón norteño de la hoja generalmente infecta primero a las hojas inferiores de las plantas y se mueve hacia arriba en forma gradual (8).

Al principio se desarrollan lesiones alargadas, elípticas de color verde-grisáceo o canela, de 2,5 a 15 cm de longitud en las hojas inferiores.

La infección grave causa la muerte prematura y da una apariencia grisácea asemejándose así al daño provocado por la helada o la sequía (19).

El daño más severo de la enfermedad es en áreas húmedas que tienen rocíos intensos, abundantes lluvias y tiempo cálido en verano y se ve favorecido por las temperaturas moderadas entre 15 a 26°C (13).

En condiciones cálidas y húmedas, en ambas caras de las áreas afectadas se desarrollan esporas en abundancia produciendo una apariencia aterciopelada. Si las infecciones son severas, matan a grandes porciones de las hojas y los granos no llegan a desarrollarse por completo. La enfermedad es de ocurrencia más bien esporádica, pero en una área dada puede ser prevalente durante varios años (8). En la Figura 3 se muestra la escala para estimar el tizón foliar causado por Exserohilum turcicum.

### Etiología

Las esporas son de color gris-oliva, de forma ahusada, algo curvas, con 3 a 8 tabiques de 20 a 105  $\mu$ m con un hilo que sobresale y germinan mediante tubos germinativos polares. Los conidioforos son oliváceos, con

2 a 4 tabiques y miden 7 a 9 x 150 a 250  $\mu\text{m}$ .

El estado sexual T. turcica, es muy raro de hallar en la naturaleza, pero en el laboratorio produce pesitecios negros, globosos. Los ascos son cilíndricos con un talo corto y contienen de la 6 ascosporas, pero en general presenta de 2 a 4, las cuales son hialinas, rectas, o algo curvas, típicamente septadas con tres tabiques y miden 13 a 17 x .42 a 78 $\mu\text{m}$ . En la Figura 5(A) se observa los conidios y conidioforos de Exerohilum turcicum (19).

#### Ciclo de la enfermedad

E. turcicum pasa el invierno como micelio y conidios en las hojas infestadas, chalas y otras partes de la planta, excepto en las zonas más boreales del cinturón maicero de Estados Unidos.

Los conidios pueden transformarse en clamidosporas. Los conidios son llevados por el viento a grandes distancias hacia las hojas de las plantas de maíz. La diseminación secundaria dentro y entre los campos ocurre mediante la producción abundante de conidios en las lesiones foliares (19):

#### Epidemiología

El tizón foliar norteño aparece esporádicamente en la mayoría de las zonas húmedas del mundo dedicadas al cultivo del maíz. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por las temperaturas moderadas (18 a 27°C) y fuertes rocíos durante la época de crecimiento.

El desarrollo de la enfermedad se retarda con tiempo seco. Si la enfermedad se establece antes de la formación de la espiga, las pérdidas en el rendimiento de grano pueden alcanzar hasta un 50%. Si la infección es moderada o se retrasa hasta seis semanas después de la formación de

de la espiga, las pérdidas de cosecha son mínimas.

E. turcicum ataca al sorgo, pasto sudán, sorgo de Alepo y teocintle. Las razas de E. turcicum en el sorgo y pasto sudán no infectan aparentemente al maíz, pero algunos aislamientos de maíz pueden infectar al pasto sudán.

Se conocen por lo menos dos tipos de resistencia:

1. Tamaño reducido de la lesión y pocas lesiones
2. Lesiones cloróticas con poca o ninguna esporulación (19).

#### Control

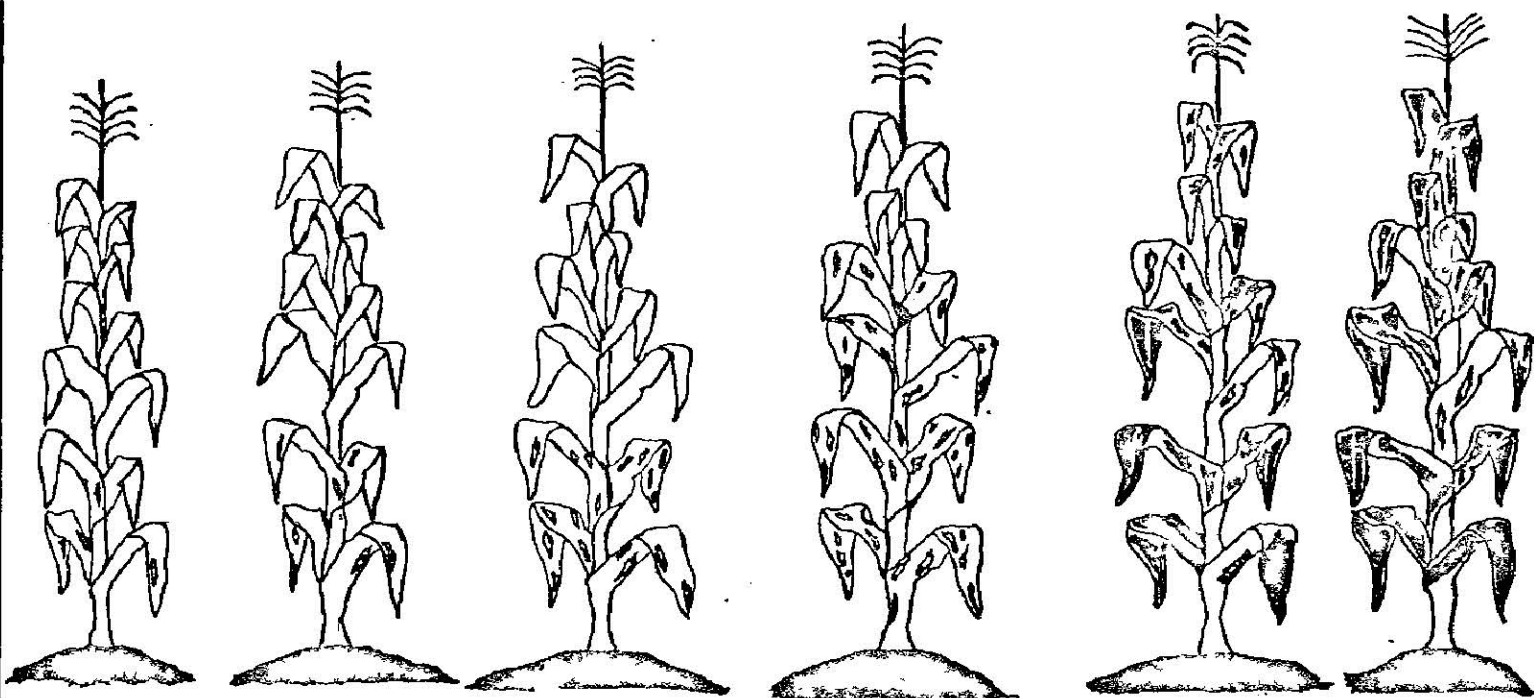
Usar variedades resistentes y aplicación de fungicidas, comenzando en el sitio donde se descubren las primeras lesiones o manchas; como por ejemplo Manzate D con dosis desde 180 a 240 gramos por cada 100 litros de agua con intervalos de 7 a 10 días (13, 2).

Se ha reportado que las plantas que crecen en suelos ricos en potasio sufren menos por la enfermedad. Tanto el Dithane como el Parzate se han usado para controlar la enfermedad, pero se requieren de 6 a 8 aplicaciones y a veces más para dar los resultados apetecidos. A menos que el cultivo tenga un valor elevado, el uso del fungicida es demasiado costoso para ser práctico (8).

#### 2.6.2. Tizón sureño de la hoja o mancha foliar sureña

A.C. Bipolaris maydis Nisik. and Miy. (Cochliobolus heterostrophus Drechs).

En Estados Unidos se ha demostrado la existencia de dos razas que difieren en su patogenicidad en plántulas de maíz con diferentes citoplasmas. Las denominó: raza T, la que ataca plantas con citoplasma de Texas



1 Interacción muy leve: una o dos lesiones restringidas en las hojas inferiores

2 Infección leve: unas pocas lesiones diseminadas en las hojas inferiores.

3 Infección ligera: número moderado de lesiones en las hojas inferiores.

4 Infección moderada: lesiones abundantes la mayoría sobre las hojas inferiores y unas pocas en las hojas intermedias.

5 Infección fuerte: lesiones abundantes sobre las hojas inferiores. Intermedias, tendiéndose hacia las hojas superiores.

6 Interacción muy fuerte: abundantes lesiones sobre todas las hojas, las plantas pueden morir prematuramente.

FIGURA 3. Escala para estimar el tizón foliar causado por Exserohilum turcicum (USDA)

citoplasma T) para androesterilidad, y raza 0 que es la común en los Estados Unidos, y probablemente, donde quiera que este patógeno exista. La raza T de este hongo ha sido responsable de la crisis maicera en los Estados Unidos del año agrícola 1970/1971, causando daños enormes en los híbridos con citoplasma androestéril de Texas, estimándose que entre el 70-90% de estos maíces tenían ese citoplasma.

### Distribución

Predomina en las zonas cálidas. En el mapa 316, ed 2º de 1962 del CMI de Londres, se señala la existencia de la raza común ó 0 en Africa, Asia, Australia en Oceanía y para Sudamérica, en Surinam. También se menciona para Brasil. En la Argentina B. maydis ha sido hallado en cultivos del norte y del litoral, pero no en la zona maicera tradicional.

Más recientemente se ha determinado la raza T en maíces cultivados en las provincias de Corrientes y del Chaco.

Distintos aislamientos efectuados en 1970 en varios hospedantes provenientes de diversos países, indican que la existencia de la raza T, que hasta 1970 solo había sido determinada en Filipinas en los Estados Unidos no es nueva ni tiene una distribución geográfica tan restringida como se creyó (12).

### Síntomas

La raza común 0 produce lesiones alargadas de lados paralelos de color castaño grisáceo. A medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve limitado por las nervaduras adyacentes, de manera que la forma final de la lesión es rectangular (2 a 3 cm de largo). Las lesiones pueden fusionarse, llegando a producir la quemadura completa de una área foliar



considerable. Durante los años 1972 a 1973, la raza "T" causó perjuicios severos a las variedades cultivadas de maíz en los Estados Unidos de América, a las que se había incorporado la fuente Texas de androesterilidad. Las lesiones producidas por la raza "T" son ovales y más grandes que las producidas por la raza "O". Una diferencia importante es que la raza "T" afecta las brácteas y las vainas de las hojas, mientras que la raza "O" normalmente no lo hace (7, 12).

### Etiología

Cochliobolus heterostrophus Drechs

Syn: Ophiobolus heterostrophus Drechs

Forma conídica:

o asexual: Drechslera maydis (Nisikado) Subram y Bl Jain

Syn : Bipolaris maydis (Nisikado) Shoem.

Helminthosporium maydis Nissikado y Miyake

Tiene peritecios desarrollados en los tejidos desintegrados irrumpentes, negros de 400 a 500  $\mu\text{m}$  de diámetro, ostíolados; ascos 160-180 x 24-28  $\mu\text{m}$  conteniendo 1-4, raramente ocho ascosporas, pero típicamente cuatro; ascosporas filamentosas de 6-7  $\mu\text{m}$  de diámetro, excepto en los extremos que son levemente atenuadas; 130-340  $\mu\text{m}$  de largo con 5-9 tabiques. Los peritecios en las condiciones de Florida, Estados Unidos, fueron comúnmente hallados en hojas senescentes del campo en la unión de la hoja con la vaina del tallo.

Conidióforos en grupos de 2-3 o solos, emergiendo de los estomas con conidios oliváceos 30-115 x 10-17  $\mu\text{m}$  a menudo fuertemente curvados. Germinan rápidamente produciendo dos tubos germinativos polares (12). En la Figura 5(B) se observan los conidiosforos y conidios de Bipolaris maydis.

### Ciclo de la enfermedad

El hongo pasa el invierno como micelio y esporas en los restos del maíz en el campo, en los granos, en los graneros y elevadores.

Los conidios son transportados por el viento o por el agua que salpica hacia la planta en crecimiento, en donde se producen las infecciones primarias. La esporulación en las lesiones produce un inóculo adicional primario o secundario. El ciclo de la enfermedad puede completarse en 60 a 72 horas (raza T) bajo condiciones ideales. Los granos infectados pueden constituir un medio potencial para la supervivencia invernal y diseminación de H. maydis. Los granos infectados no son tóxicos para el ganado (19). (Ver Figura 4).

### Epidemiología

La enfermedad aparece generalmente en todo el mundo, siendo importante en las regiones templadas (20 a 32°C) de clima húmedo. La raza T se desarrolla en las zonas más boreales que la raza O, más vieja. Los períodos secos prolongados, con tiempo soleado entre lluvias, son desfavorables para el desarrollo de la enfermedad. Las razas O y T de H. maydis son difíciles de identificar según los síntomas de la hoja solamente en el citoplasma normal (N) del maíz. La muerte prematura de las hojas predispone a las plantas a contraer podredumbre del tallo (19).

### Control

Sembrar variedades resistentes y destruir los residuos de cosecha, mediante prácticas culturales. Se pueden aplicar fungicidas en los momentos apropiados, comenzando alrededor de la época de formación de la panoja (19). Dado que la raza T de H. maydis ataca solamente al maíz con citoplasma T y P, la solución práctica está en producir nuevos híbridos

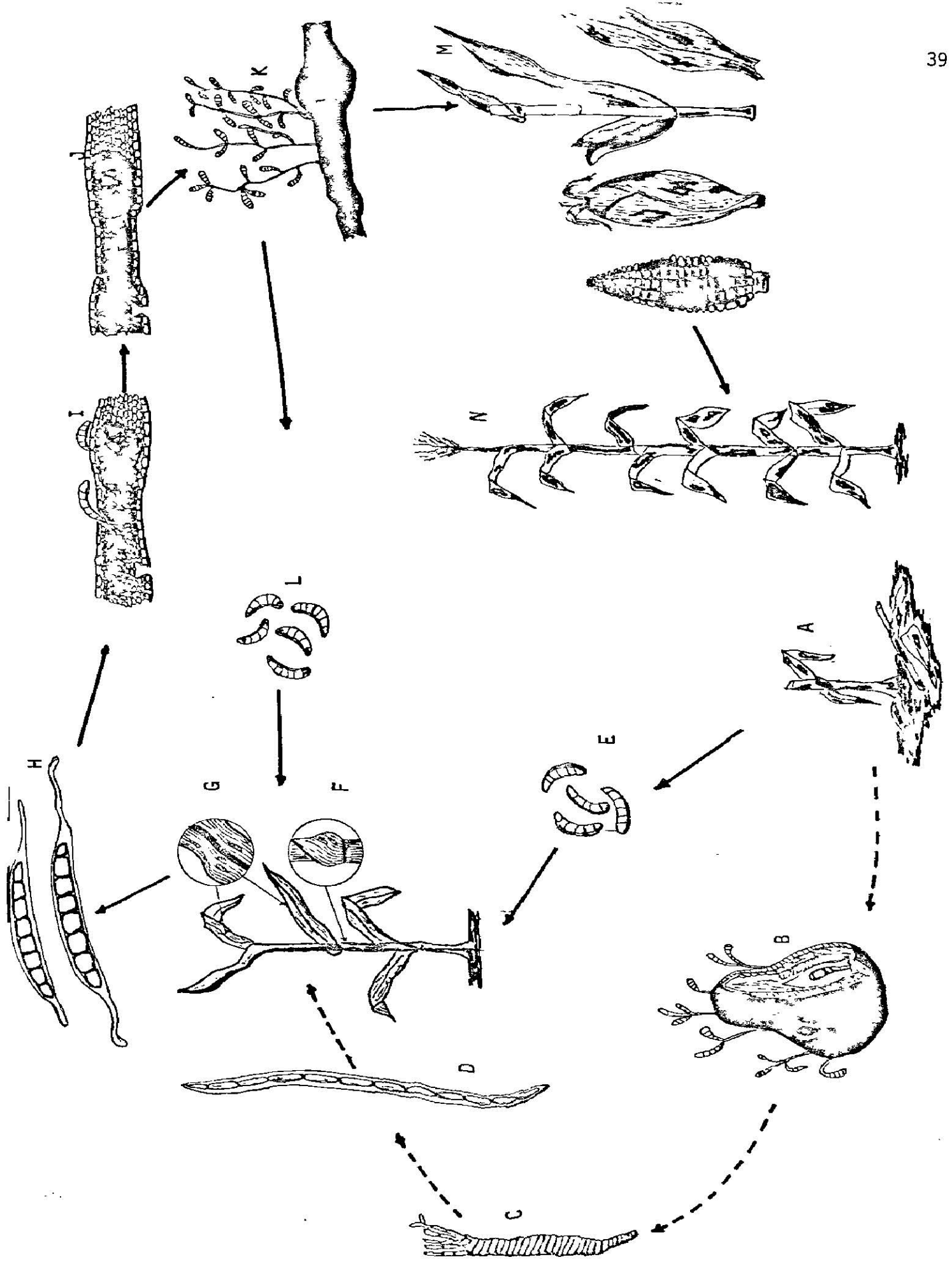


FIGURA 4. Ciclo de enfermedad de tizón foliar del maíz causado por la raza I. de Helminthosporium.

- A. El hongo inverna como micelio y esporas en los restos del maíz.
- B. Peritecio con ascos y ascosporas y portando conidiofóros y conidios del tipo de Cochliobolus: muy raros en la naturaleza.
- C. Asco maduro con ascosporas
- D. Ascosporas
- E. Conidios, son llevados hasta la planta de maíz por el viento la lluvia.
- F. Conidios sobre la vaina foliar
- G. Conidios sobre la hoja
- H. Los conidios emiten tubos germinales polares y germinan sobre los tejidos de la planta
- I. Los tubos germinales penetran a las hojas directamente o a través de los estomas de ésta.
- J. El micelio invade los tejidos parenquimatosos de la hoja y las células de estos tejidos se tornan cafés y se colapsan
- K. Conidioforos y conidios sobre las zonas infectadas, las zonas infectadas se colapsan y mueren
- L. Los conidios salen de las lesiones de las plantas infectadas y producen nuevas infecciones.
- M. Síntomas del tizón sureño foliar del maíz en mazorcas, vainas de la mazorca, tallo y hoja
- N. Planta de maíz infectada

FUENTE: Agrios, G.N. (3).

con otros citoplasmas machos estériles que no sean susceptibles, pero no existe garantía de que maíces con citoplasma normal continúen siendo resistentes. El tratamiento de la semilla con silicato de metoxietilmercurio y combinación de caboxin y thiram, ha dado buenos resultados (18).

### 2.6.3. Tizón de la hoja por *Helminthosporium* o helmintosporiosis

A.C. *Helminthosporium carbonum* Ullstrup (*Cochliobolus carbonum* Nelson)

#### Distribución

Esta enfermedad es más común en zonas húmedas con temperaturas intermedias (7).

#### Síntomas

Las tres razas fisiológicas conocidas de este hongo producen síntomas diferentes, aunque ninguno de ellos es de gran importancia económica. Las tres razas son similares en tamaño, forma y color de las esporas. La enfermedad causada por la Raza I produce lesiones de color canela en las hojas, que miden 1.2 x 2.5 cm. Las lesiones son ovales o circulares, con zonas concéntricas del área afectada. Las hojas de las líneas susceptibles pueden estar cubiertas con lesiones. La enfermedad también ataca a las mazorcas, dando a los granos una apariencia carbonosa característica. La raza II del hongo produce manchas oblongas de color chocolate, cuyo tamaño es mayor de 0.5 x 2.5 cm (15).

#### Etiología

Los conidios son de color marrón-oliva oscuro, alargados-elípticos a ahusados, con bordes redondeados, 2 a 12 tabiques y de 7 a 18 x 25 a 100  $\mu$ m. Los peritecios producidos en un cultivo puro son negros, elipsoidales a globosos y contienen ascos cilíndricos o con forma de masa, rec=

tos o algo curvos. Las ascosporas son filiformes hialinas con 5 a 9 tabiques, miden 6.4 a 9.6 x 182 a 30  $\mu$ m y se enrollan en una espiral cerrada (19). En la Figura 5(D) se observa las conidioforas y conidios de Helminthosporium carbonum.

#### Ciclo de la enfermedad

Similar a los tizones foliares norteño y sureño

#### Epidemiología

Las temperaturas moderadas y la humedad relativa alta favorecen la enfermedad. Las esporas se producen en forma abundante en tiempo húmedo. La raza I es altamente patógena en algunas línea endocriadas. La raza II es mucho menos patógena y no presenta ninguna caracterización en cuanto al huésped. La enfermedad no se produce en los híbridos comerciales de cruzamiento único o doble (19).

#### Control

El tizón de la hoja causado por Helminthosporium puede controlarse usando líneas puras resistentes. Puesto que sólo un gene determina la susceptibilidad y puesto que se espera una proporción 1:1 de plantas resistentes y susceptibles en la cruzada regresiva, sólo son necesarios de 10 a 12 plantas para seleccionar con efectividad los tipos resistentes en una generación de cruzada regresiva (15).

#### 2.6.4. Enfermedad foliar por Helminthosporium

A.C. Helminthosporium rostratum Drechs

#### Distribución

#### Síntomas

Las lesiones aparecen en las plantas maduras como manchas pequeñas de color amarillo pálido, alargadas, de 1 a 2 x 2 a 5 mm, las cuales se

extienden gradualmente para formar bandas o franjas longitudinales entre las nervaduras. En los casos graves, las lesiones se unen y extienden a lo largo de las nervaduras. Las lesiones maduras toman un color pajizo con bordes marrón claro y miden de 2 a 3 x 2 a 40 mm (15, 19).

### Etiología

Los conidios son oscuros, oliváceos, rectos o algo curvos, adelgazándose hacia ambos extremos, con un hileo prominente y sobresaliente, con 3 a 15 tabiques y miden 14-22 x 32 a 184  $\mu$ m. Los tabiques proximal y distal son en general más gruesos y más prominentes que los otros. En la Figura 5(C), se muestra los conidioforos y conidios de Helminthosporium rostratum

### Ciclo de la enfermedad

Similar a los tizones foliares norteño y sureño

### Epidemiología

Entre los factores importantes en el desarrollo de la enfermedad se encuentran la temperatura y la humedad (15). La infección es más grave a 30°C, en una atmósfera saturada de humedad. El tejido viejo es más susceptible que el joven.

H. rostratum se presenta también en las hojas de Eragrostis spp., Sorghum spp., Pennisetum glaucum (L.) R. Br. y muchas otras gramíneas huéspedes.

### Control

El principal control es el uso de variedades resistentes (19).

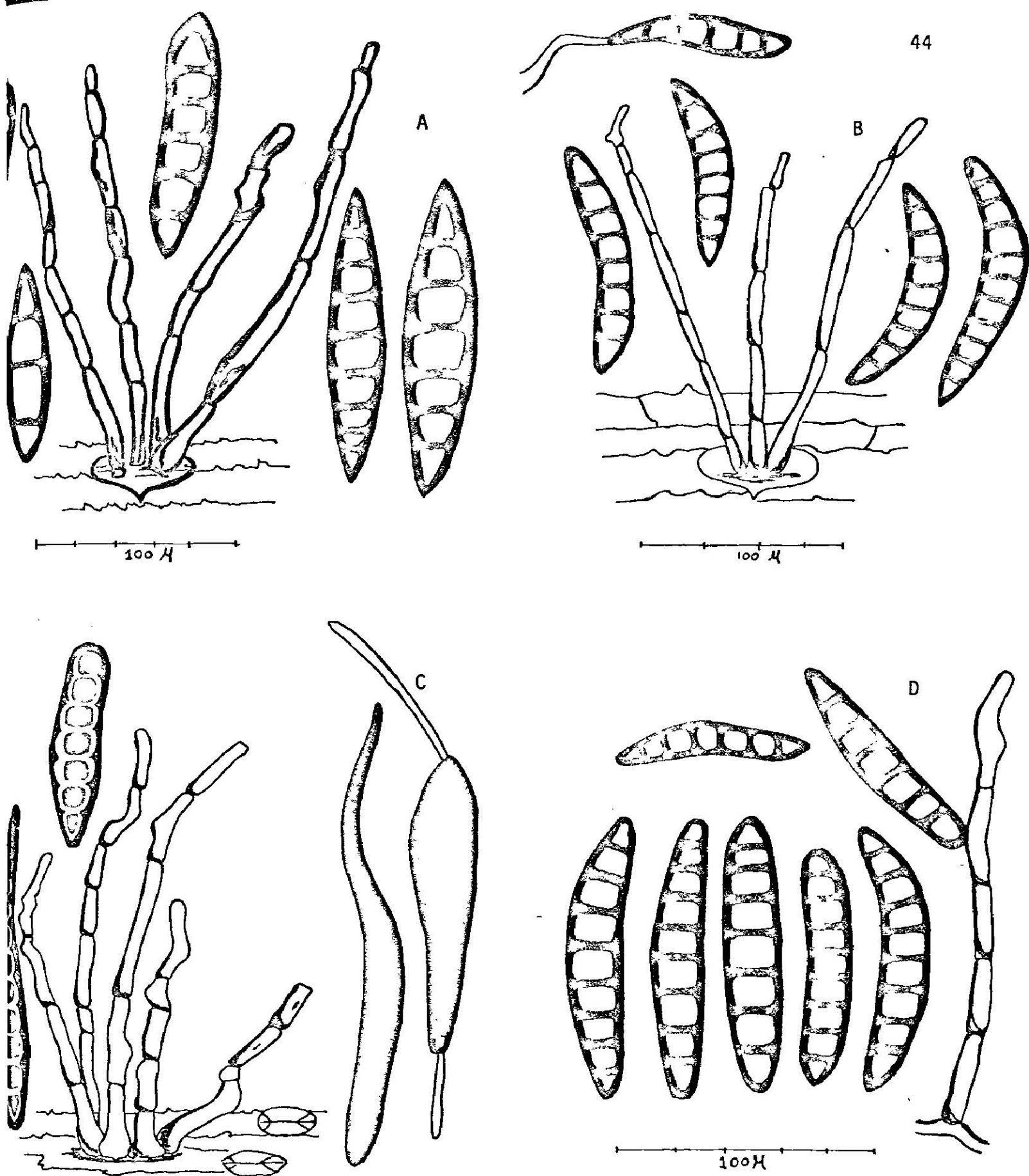


FIGURA 5. Conidióforos y conidios de hongos causales de Tizones: (A) *Exserohilum turcicum* Pass (*Trichometasphaeria turcica* Luttrell); (B) *Bipolaris maydis* Nisik and Miy. (*Cochliobolus heterostrophus* Drechs); (C) *Helminthosporium carbonum* Ullstrup (*Cochliobolus carbonum* Nelson); (D) *Helminthosporium rostratum* Drechs.



### 2.6.5. Tizón amarillo de la hoja del maíz

A.C. Phyllosticta sp Arny y Nelson

#### Distribución

Esta enfermedad fue observada por primera vez en 1967, en Wisconsin (Estados Unidos), y en 1969 en Ontario (Canadá). Según estos autores, se haya difundida en la parte norte del cinturón maicero de los Estados Unidos y en el sudeste del Canadá, habiendo ocurrido epidemias de importancia económica en esos países.

Esta enfermedad atribuida a Phyllosticta sp. como Phyllosticta zeae ha sido mencionada en lugares tan apartados como Africa Ecuatorial Francesa, Checoslovaquia, Rumanía, Brasil y Tanganika, además de los ya citados.

#### Síntomas

Los ataques se pueden producir durante los primeros estados de crecimiento, o bien en plantas adultas después de la floración. Las hojas son los órganos afectados; si el ataque ocurre en plántulas, el amarillamiento de los tejidos foliares es visible y se asemeja al síntoma común de deficiencia de nitrógeno.

Las lesiones en plantas adultas son angostas, cuatro o seis veces más largas que anchas (aproximadamente 15 x 4 mm), color paja y frecuentemente con un borde oscuro; son paralelas a las nervaduras, pero no delimitadas por ellas. En las hojas superiores de la planta se agrupan generalmente alrededor de la nervadura central y en las hojas inferiores las manchas confluyen, atizonándolas si el ataque es muy severo. Existe una gran similitud con los síntomas causados por Bipolaris maydis.

#### Etiología

Mycosphaerella zeae-maydis Mukunya y Boothroyd

Estado conídial: Phyllosticta maydis Arny y Nelson

La forma sexual de este hongo fue recientemente hallada en los Estados Unidos en 1973.

Los pesudotecios se producen dentro de los tejidos de las hojas afectadas y a la maduración del cultivo. Son oscuros, globosos, miden promedio 141  $\mu\text{m}$  de diámetro. Ascosporas con medidas promedio de 49x11  $\mu\text{m}$  y cada una contiene ocho ascosporas hialinas, rectas o curvadas con una medida promedio de 16 x 5  $\mu\text{m}$ .

El estado asexual se caracteriza por producir picnidios epifilos de 60x150  $\mu\text{m}$ , con ostiolo subpapilado y conidios hialinos, bigutulados, oblongos, de 8-20 x 7,5  $\mu\text{m}$  (promedio 12-15 x 4-6  $\mu\text{m}$ ). (Ver Figura 7E).

#### Control

Solo puede obtenerse mediante la obtención de híbridos resistentes. En los Estados Unidos, se ha encontrado cierta resistencia en líneas endocriadas e híbridos simples; pero también se observó que ésta se pierde cuando a estos materiales se les incorpora el factor de androesterilidad "Texas" (12).

## 2.7. Manchas Foliares del Maíz

### 2.7.1. Mancha café

A.C. Physoderma maydis Miyabe P. zea-maydis Shaw

#### Distribución

La mancha de la vaina o enfermedad por Physoderma es, en general, de menor importancia en Estados Unidos, aunque se informó de graves brotes localizados. Se limita principalmente a la zona sureste de los Estados

Unidos, pero se le hayó en algunos Estados del medio oeste (19).

### Síntomas

El primer síntoma lo constituye la presencia de manchas amarillentas en las hojas, tallos y vainas; más tarde las manchas se vuelven amarillo oscuro y después café. Las manchas se presentan en forma circular rodeadas de tejidos rotos; en la epidermis afectada se forman pequeñas protuberancias que al fin se rompen liberando un fino polvo compuesto de esporas del hongo, las manchas pueden ser pequeñas y entonces se unen y forman áreas grandes en la parte inferior del tallo los tejidos se rompen y la planta muere (6).

### Etiología

Los esporangios producidos en las pústulas del tejido infectado son lisos, marrones y aplastados en un lado con una tapa y opérculo circular, miden 18 a 24 x 20 a 30  $\mu\text{m}$  Durante la germinación, la cual se da únicamente con luz, un esporangio libera de 20 a 50 zoosporas, que miden de 3 a 4 x 5 a 7  $\mu\text{m}$  con flagelos cuyo largo es 3 a 4 veces la longitud de la espora. Las zoosporas germinan produciendo hifas finas fibrosas. El micelio es cenocítico (19).

### Ciclo de la enfermedad

Los esporangios pasan el invierno en el tejido infectado o en el suelo y germinan bajo condiciones de humedad, produciendo numerosas zoosporas. Estas se mueven en el agua sobre las superficies de las hojas y atacan los tejidos jóvenes del maíz, en general dentro del verticilo de la hoja, formando hifas infecciosas. El micelio resultante penetra en las células del mesófilo o parénquima formando grandes estructuras vegetativas a partir de las cuales se desarrollan los esporangios, 16 a 20 días después de la

infección. Existen pruebas de diseminación mediante zoosporas secundarias producidas en los esporangios de paredes finas (Ver Figura 6).

#### Epidemiología.

La infección provocada por la mancha de la vaina aparece generalmente en los tejidos meristemáticos en el verticilo y está muy relacionada con el desarrollo morfológico del huésped. Las zoosporas de P. maydis pueden infectar el tejido del huésped solo durante determinados períodos del día y durante unas pocas horas de su desarrollo. La infección ocurre en un ciclo diurno resultando en bandas laterales alternadas de tejidos foliares infectados y no infectados. Los esporangios requieren para germinar la presencia de agua en la superficie de la hoja y temperatura relativamente elevadas (23 a 30°C). El teosintle (Euchlaena mexicana) es también susceptible a P. maydis (19).

#### Control

Rotación de cultivos, quemar los restos de la cosecha anterior, aplicación o espolvoraciones de Azufre, y selección de grano procedente de plantas sanas para la siembra en el siguiente ciclo agrícola (6).

#### 2.7.2. Mancha en ojo

A.C. Kabatiella zeae Narita & Hiratsuka

#### Distribución

La misma se registró como "mancha marrón" en Japón en 1959 y desde entonces se le hayó en diversos Estados de Centro-Norte de Estados Unidos Ontario, Canadá y se piensa existe en Austria, Argentina y Brasil (19).

En 1968 se identificó por primera vez la enfermedad de la mancha de ojo como una epidemia en varias áreas del norte de la faja maicera (15).

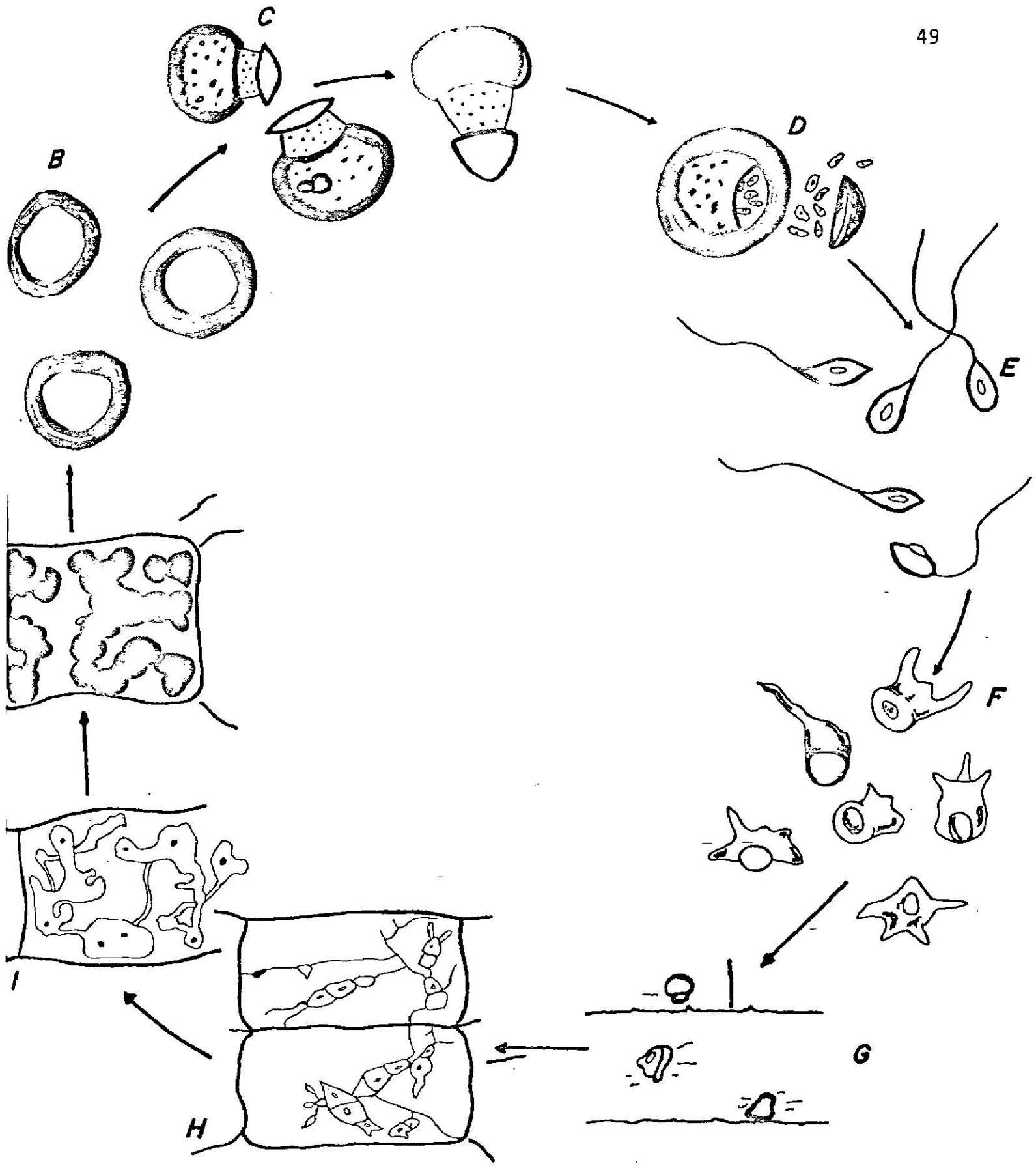


FIGURA 6. Ciclo biológico de Physoderma maydis, P. zae-maydis Shaw.

- A. Célula de la hoja de maíz llena de esporangios en reposo maduros.
- B. Tres esporangios (esporas en reposo), dos vistas de arriba y uno de costado.
- C. Etapas de la apertura de los esporangios mostrando los primeros momentos de la formación de la zoospora.
- D. Zoosporas maduras escapándose de la espora en reposo a través del extremo roto.
- E. Zoosporas con un flagelo proveniente de una espora en reposo germinada
- F. Zoosporas en germinación, estado ameboidal
- G. Zoosporas germinando mediante hifas de estructura semejante a hilos, los cuales han penetrado en las células epidérmicas de la hoja de maíz y comenzaron a formar células agrandadas.
- H. Micelio de Physoderma entre dos células de la hoja de maíz, mostrando las fibras y células agrandadas.
- I. Rizomicelio con una célula epidérmica de maíz mostrando esporangios jóvenes en los extremos de las hifas cortas.

(A, D, E, F, G y H, según Tisdale; B y C según Sparrow; I según Worf).

## Síntomas

Por lo general, las hojas infectadas muestran gran número de manchas pequeñas, ovales o circulares, de aproximadamente 1-4 mm de diámetro. El centro de cada mancha es de color canela o crema y puede tener un margen púrpura, café o húmedo. Cada mancha está rodeada por un halo amarillo, que aparece transparente cuando la hoja se coloca a contraluz, un útil síntoma de diagnóstico. Las plantas pueden infectarse desde la etapa de plántula hasta la madurez, pero parece ser más susceptible con la edad. En ocasiones se presentan depresiones de infección en un campo, inclusive en un clima seco (15).

## Etiología

Los conidios son largos, curvos o falcados con extremos en punta, hialinos, no septados y miden de 3 a 4 x 18 a 33  $\mu\text{m}$ . Las esporas se producen ya sea sucesivamente en los conidióforos cortos que se desarrollan a través de los estomas de las hojas del maíz, o a lo largo de las hifas cerca de los tabiques. La esporulación puede inducirse colocando el tejido enfermo en una cámara húmeda durante 24 a 48 horas. El aislamiento puede hacerse a partir de tejido joven en agar de agua acidulada o en el agar papa-dextrosa. En el APD a 24°C, las colonias son amarillas o rosa, tornándose azul oscuro o negro con la edad y el crecimiento es vigoroso o coriáceo. El hongo crece bien también en el agar de jugo V-8 (19).

## Ciclo de la enfermedad

K. zeae pasa el invierno en los restos de tallos de maíz. Las esporas producidas en esos residuos son transportadas a las plántulas cercanas en donde pueden germinar y provocar infección. Las lesiones aparecen 7 a 10 días después de la infección foliar. La diseminación secundaria

se realiza mediante las esporas llevadas por el viento (19).

### Epidemiología

El desarrollo de la enfermedad se ve favorecida por un tiempo frío y húmedo. Las hojas jóvenes del maíz parecen ser más resistentes a la infección que las maduras y determinadas líneas endocriadas e híbridos parecen tener cierta tolerancia a la enfermedad. La resistencia es por lo menos parcialmente dominante. En cultivo, la temperatura óptima para la germinación de las esporas es de 24°C (19).

### Control

Existen variedades resistentes. Las prácticas agrícolas parecen tener poca influencia en la enfermedad, ya que las esporas fungales son transportadas fácilmente por el aire (15).

#### 2.7.3. Mancha foliar por Phaeosphaeria

A.C. Phaeosphaeria maydis (P. Henn.) Rane, Payak y Renfro

### Distribución

Puede encontrarse en la India, cerca de las laderas de las Himalayas orientales y centrales y en Brasil (15).

### Síntomas

Las lesiones de la mancha de la hoja por Phaeosphaeria en un principio son pequeñas, verde pálido o cloróticas. Las lluvias intensas favorecen la enfermedad (16). Las manchas son redondas, alargadas u oblongas, miden 0.3 a 2.0 cm y se dispersan sobre la hoja. En las lesiones se desarrollan peritecios y, con menor frecuencia, picnidios (15).

### Etiología

Los peritecios son esféricos o subglobosos con ostíolos papilados.



Los sacos son hialinos, en forma de clava o cilíndricos, rectos o curvos, con 8 esporas y miden 44.5 a 70 x 7.5 a 8.5 $\mu$ m. Las ascosporas son hialinas, rectas o algo curvas, triseptadas, alto estrechas a nivel de los tabiques y miden 14.5 a 17.5 x 3.5 a 5.0 $\mu$ m. En cultivo, el hongo produce un micelio blanco, el cual luego se torna gris oscuro. En el estado picnidial, los picnidios (Phyllosticta sp.) son esféricos o globosos, de color marrón oscuro a negro con un ostiolo redondo. Las esporas son hialinas, elipsoidales, alargadas o redondeadas y miden 3.2 a 9 x 2.4 a 3.2 $\mu$ m (19).

#### Ciclo de la enfermedad

En el campo, el hongo perdura en las partes enfermas de la planta. Bajo condiciones favorables, las esporas germinan e infectan las hojas de maíz (19).

#### Epidemiología

La enfermedad se ve favorecida por las lluvias intensas y se encuentra en la India, adyacente a las colonias del este y centro del Himalaya y en Brasil.

#### Control

Aplicar rotación de cultivos, usar variedades resistentes, efectuar el saneamiento del cultivo (19).

#### 2.7.4. Antracnosis

A.C. Colletotrichum graminicolum (Ces.) G.W. Wils.

#### Distribución

La antracnosis es importante en Francia, Alemania, La India y Filipinas, pero podría llegar a ser más seria en Estados Unidos en el futuro (15).

En Estados Unidos, su incidencia es limitada, aunque en 1971 y 1972 hubo brotes localizados en algunas zonas bajo condiciones de extrema humedad (19).

### Síntomas

Los síntomas comprenden manchas de redondas a irregulares y húmedas en las hojas. En ocasiones ocurren severas pudriciones de la raíz y del tallo (10). Las manchas se pueden agrandar hasta alcanzar 15 mm de diámetro y volverse marrones en el centro con bordes marrón-rojizos. Los cuerpos fructíferos (acérvulos) pueden desarrollarse en los tejidos muertos (19).

### Etiología

En APD el micelio es septado, escasamente ramificado, hialino y granuloso. Los acérvulos producidos en el agar y en los tejidos muertos del huésped son de color marrón oscuro, circulares a ovales y gruesos, y bajo condiciones de humedad aparecen como pequeñas manchas aisladas en los tejidos infectados. Los conidióforos producidos en los acérvulos son rectos, hialinos, no septados, sin ramificaciones, cortos y miden 1,6 a 3,3 x 4,9 x 13.3  $\mu\text{m}$ . Entre los conidióforos se producen setas septadas, largas, marrones oscuras a negras. Los conidios miden 4.9 a 5.2 x 26.1 a 30.8  $\mu\text{m}$  son hialinos, no septados, cilíndricos y toman con la edad la forma de hoz y nacen separadamente en los extremos de los conidióforos (19).

### Ciclo de la enfermedad

El hongo sobrevive como saprófito en los residuos del cultivo y en la semilla como esporas y micelios. Las esporas que provienen de residuos desintegrados son transportados por el viento o el agua que salpican las hojas de las plantas de maíz, en las cuales se introducen directamente por

por la epidermis o a través de los estomas. Otras gramíneas huéspedes pueden servir como fuentes de inóculo primario. Las esporas producidas en las plantas enfermas proporcionan el inóculo secundario (19).

### Epidemiología

Generalmente la antracnosis se ve favorecida por las temperaturas elevadas y se desarrolla mejor en los tejidos más viejos, a pesar de que las plantas pueden infectarse. Se requiere agua libre para la dispersión de esporas y su germinación. Los principales huéspedes son el Pasto Bermuda (Cynodon dactylon), pasto guinea (Panicum maximum), pasto de Guatemala (Tripsacum laxum). Los aislamientos de maíz no infectan el Sorghum spp., de la misma forma que los del Sorghum spp. no infectan al maíz (19).

### Control

El control incluye el uso de variedades resistentes, la rotación de cultivos, el saneamiento y la fertilidad balanceada (23).

#### 2.7.5. Mancha foliar por Curvularia

A.C. Curvularia lunata (Wakker) Boed, var. aeria (Cochliobolus lunatus Nelson and Haasis)

#### Distribución

Esta enfermedad está comúnmente distribuida en las zonas maiceras cálidas y húmedas, dañando las cosechas dentro del grado de moderada a poca importancia económica (13).

#### Síntomas

Estos hongos producen manchas pequeñas cloróticas o necróticas con un halo de color claro. Las lesiones tienen un diámetro aproximado de alrededor de 0.5 cm cuando están completamente desarrolladas. La enfermedad

está generalizada en las áreas maiceras cálido-húmedas y puede causar daños considerables a los cultivos (13).

### Etiología

Los hongos causales son Curvularia spp. Los conidiósforos son marrones, septados, rectos o flexuosos, con frecuencia curvos, simples o ramificados y contienen conidios terminales o intercalares en los verticilios.

C. pallescens Boed. Los conidios son de color marrón pálido, generalmente rectos o algo curvos, con un hileo protuberante evidente, adelgazados en ambos extremos en general triseptados con dos de las células centrales más grandes que las de los extremos y miden 17 a 32 x 7 a 12  $\mu\text{m}$ .

C. lunata (Wakker) Boed var. aeria (Cochliobolus lunatus Nelson & Haasis). Los conidios son similares a los de C. pallescens y miden 18 a 32 x 8 a 16  $\mu\text{m}$ . Otras especies de Curvularia que afectan al maíz influyen: C. inaequalis, C. maculans, C. intermedia Boed, C. clavata Jain, C. tuberculata, etc. (19).

### 2.7.6. Mancha foliar por Fusarium

#### A.C. Fusarium moniliforme

La mancha de la hoja por Fusarium es severa en las áreas secas y cálidas del Caribe (7).

### Síntomas

Los síntomas en el campo aparecen como un manchado acuoso principalmente en las hojas verticiladas. Luego esas manchas aparecen blancas y como papel con bordes marrones. Los verticilos no se abren y los extremos de la hoja se doblan hacia abajo. A veces se desarrollan manchas necróticas en las partes más altas de los tallos (19).

### 2.7.7. Mancha foliar por *Cercospora*

A.C. *Cercospora zeae-maydis* Tehon and Daniels

#### Distribución

Se presenta en Estados Unidos, Europa, Africa, el sureste de Asia, la India, China, Sudamérica y Filipinas (15).

#### Síntomas

Las lesiones comienzan como manchas necróticas pequeñas, regulares y alargadas. Las manchas crecen paralelas a las nervaduras. Ocasionalmente las lesiones pueden alcanzar un tamaño de 0.3 x 3 cm (7).

#### Etiología

Los conidios son rectos a algo curvos, hialinos, degados y multiseptados. En *C. zeae-maydis* los conidios miden 40 a 165 x 4 a 9µm, mientras que los de *C. sorghi* miden 22 a 80 x 2 a 5µm. Los hongos causales atacan también a *Echinochloa crusgalli*, pasto Johnson y sorgos (19) (Ver Figura 7A).

### 2.7.8. Mancha foliar zonada

A.C. *Gloeocercospora sorghi* D. Bain and Edg.

#### Distribución

Esta mancha foliar zonada se registró en Estados Unidos de América, América del Sur y Africa.

#### Síntomas

La mancha zonada se encuentra más frecuentemente en las plantas de sorgo que de maíz. Esta enfermedad puede ser reconocida por las lesiones necróticas pequeñas que luego se agrandan y producen grandes anillos necróticos concentricos característicos. Las lesiones pueden llegar a al-

alcanzar hasta 6 cm de diámetro y se les encuentra principalmente en las hojas más viejas (7).

#### Etiología

En el tejido necrótico se pueden desarrollar esclerocios negros de 0.1 a 0.2 mm de diámetro. Los conidios de Gloeocercospora sorghi nacen en una matriz viscosa de color rosa o salmón y son hialinas, con forma de aguja rectos o algo curvos y de longitud variable, 20 a 195 x 1.4 a 3.2  $\mu\text{m}$  (promedio 82.5 x 2.4  $\mu\text{m}$ ). El cuerpo fructífero es un esporodoquio. Esta enfermedad se da también en el sorgo, pasto Sudán, pasto Johnson, caña de azúcar y Agrostis (19) (Ver Figura 7B).

#### 2.7.9. Manchas foliares de la vaina por Ascochyta

A.C. Ascochyta spp.

#### Distribución

Las manchas de la hoja y vaina por Ascochyta se registraron en Estados Unidos de América. Aparentemente, el maíz es el único huésped.

#### Síntomas

Las lesiones son marrones a morado rojizas y elipsoidales, transfiriéndose en alargadas y algo irregulares con bordes marrones (8).

#### Etiología

Los picnidios moderadamente abundantes y subepidérmicos de 55 a 160  $\mu\text{m}$  se desarrollan a veces en filas dentro de las lesiones. Las esporas del hongo causal, Ascochyta spp., son uniseptadas, hialinas, elipsoidales a irregulares y a veces estrechas a nivel de los tabiques. A. zeae Stout: los conidios miden 8.5 a 13.5 x 3 a 4.5  $\mu\text{m}$ ; A. zeina Sac, los conidios miden 18 x 7.5  $\mu\text{m}$  (Figura 7D), A. maydis Stout, los conidios miden 11 a 18 x

3 a 4  $\mu\text{m}$  (Ver Figura 7C).

#### 2.7.10. Mancha alquitranosa

A.C. Phyllachora maydis Maubl.

##### Distribución

La mancha alquitranosa se presenta en América Central y México.

##### Síntomas

Las manchas de las hojas son negras, hundidas y lustrosas y se hacen visibles cuando las plantas están muy infectadas. Generalmente las lesiones circulares miden de 0.5 a 2.0 mm de diámetro, pueden unirse para formar franjas de hasta 10 mm de largo (19).

##### Etiología

Los peritecios son casi esféricos, inmersos en el mesófilo y dan lugar a ascos cilíndricos de 80 a 100 x 8 a 10  $\mu\text{m}$  con pedúnculos cortos.

Las ascosporas son ampliamente elipsoidales, de 9 a 12 x 5.5 a 7  $\mu\text{m}$  y uniseriadas en los ascos. Esta enfermedad es muy grave después de la polinización y puede provocar la desecación prematura de la espiga.

#### 2.7.11. Mancha foliar por *Didymella*

A.C. Didymella exitialis (Mor.) Muller

Provoca en las hojas la aparición de manchas pequeñas alargadas o elípticas, con bordes amarronados. Las manchas se alargan y unen formando vetas blancas o cremosas o placas en las cuales se forman a veces peritecios (19).

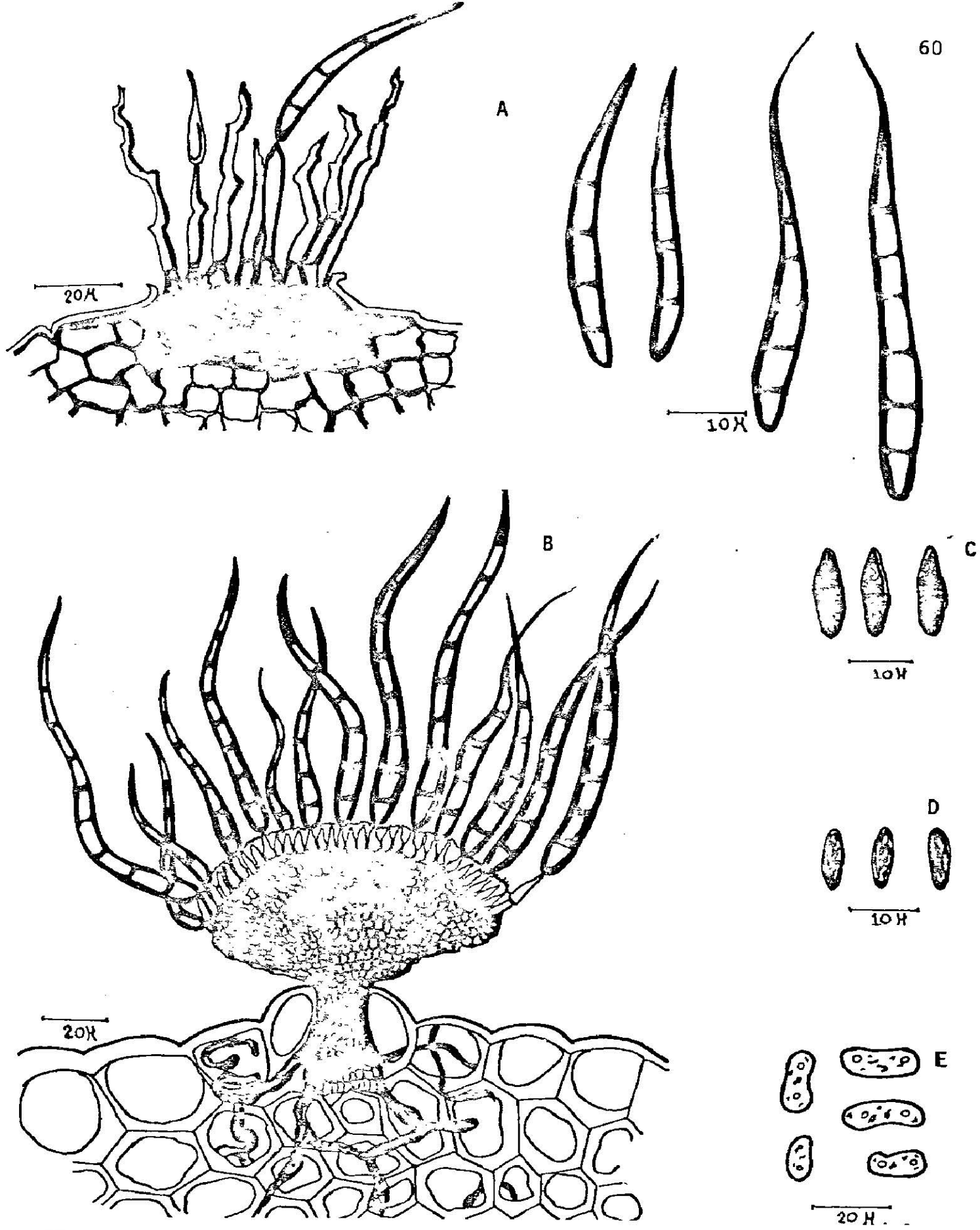


FIGURA 7. Conidioforos y conidios de patógenos del maíz: (A) *Cercospora sorghi* (según Saccas); (B) *Gloeocercospora sorghi* (según Saccas); (C) *Ascochyta maydis* Stout; (D) *Ascochyta zeae* Stout; (E) *Phyllosticta maydis* Muabl.



### 3. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

1. El maíz es atacado por muchas enfermedades foliares, por lo que se recomienda evitar el monocultivo, con la finalidad de que no se presenten epifitias que causen grandes problemas en la economía de una zona.
2. En el cultivo del maíz crecen una infinidad de malezas, por lo que se recomienda mantener el cultivo libre de malezas, ya que pueden ser hospederos de patógenos que causen daños serios al cultivo del maíz.
3. Evitar las condiciones predisponentes en el cultivo del maíz, por lo que se hace necesario hacer una programación y calendarización de los riegos y no darlos muy pesados; también se recomienda manejar una densidad de población adecuada para evitar un microclima que pueda ser una fuente de enfermedades.
4. En el caso del maíz muchas veces se puede evitar que el patógeno ocurra por lo que se hace necesario manejar las fechas de siembra correctamente.
5. Los granos de maíz en germinación pueden resultar atacados por numerosos hongos llevados por el suelo o la semilla, los cuales causan podredumbre de éstas y tizones de las plántulas. Por lo que es conveniente usar fungicidas en tratamientos de semilla para producir planta sana desde el principio.
6. Muchos hongos fitopatógenos que atacan al maíz pasan parte de su ciclo de vida en el suelo o en los residuos vegetales depositados en

este sustrato. Por lo que se recomienda algunos métodos físicos para el combate de las enfermedades como son la solarización del suelo, termoterapia.

7. Otra recomendación importante es la utilización de variedades resistentes a las diferentes enfermedades.

#### 4. RESUMEN

El maíz es atacado por muchas enfermedades foliares diferentes de origen fungoso, pero sólo unas cuantas causan daños serios. La mayoría de estas enfermedades producen royas, manchas o pústulas en las hojas. Las enfermedades de la hoja varían en prevalencia y severidad de un año a otro y de una área a otra dependiendo de las condiciones ambientales.

El trabajo comprende las principales enfermedades foliares del maíz causadas por hongos y se explica su distribución, síntomas, etiología, ciclo y control de cada enfermedad.

Los Mildiús es el primer grupo de enfermedades que se trata y son principalmente tizones del follaje que atacan con gran rapidez a tejidos verdes tiernos y jóvenes que incluyen hojas, ramitas y frutos. Dentro de las principales enfermedades que causan los mildiús se encuentran cabeza loca, mildiú del sorgo, mildiú de los cereales, mildiú rayado café, mildiú de la caña de azúcar, mildiú de las filipinas y mildiú de Java.

El siguiente grupo de enfermedades son las royas del maíz y se encuentran entre las enfermedades de las plantas más destructivas. Las royas atacan principalmente a las hojas y los tallos y en ocasiones verticilos florales. Las principales enfermedades causadas por royas son la roya común del maíz, roya del sur y roya tropical.

Un tercer grupo de enfermedades son los tizones del maíz, los cuales destruyen varias zonas de la superficie de la hoja, atacan y destruyen parte del tallo o bien pueden atacar directamente a los granos, y en cualquiera de los casos ocasiona grandes pérdidas. Los tizones más importantes son el tizón norteño de la hoja, tizón sureño de la hoja y tizón de la hoja

por Helminthosporium.

Por último, se ven las enfermedades causadas por manchas y dentro de las cuales se encuentran la mancha café, mancha en ojo, mancha foliar por Phaeosphaeria, Antracnosis, mancha foliar por Curvularia y mancha foliar por Cercospora.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. ALEXOPOULOS, C.J. 1976 (2a. ed.). *Introducción a la micología*. Universitaria. Argentina, 615 pp.
2. ALDRICH, S.R. y E.R. LENG. 1974. *Producción Moderna de Maíz*. Hemisferio Sur. Argentina, pp. 239-241.
3. AGRIOS, G.N. 1985. *Fitopatología*. Limusa, México. pp. 201-204, 257-259, 304-306, 413-414.
4. BOUEY, R. et al. 1971. *La defensa de las plantas cultivadas*. Omega, Barcelona, 883 pp.
5. CASTILLO-T., J. 1987. *Micología General*. Limusa. México 208 pp.
6. CONTRERAS R., H. 1970. *Manual Práctico de Patología Vegetal*. Balsal, México. 88 pp.
7. DE LEON, CARLOS. 1984 (3a. ed.) *Enfermedades del Maíz. Una guía para su identificación en el campo*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. México. pp. 10-12, 26-29.
8. DELORIT, R.J. and H.L. AHLGSEN. 1980. *Producción Agrícola*. Continental. México. pp. 109-112.
9. DOMINGUEZ GARCIA, F. 1972 (4a. ed.). *Plagas y Enfermedades de las Plantas Cultivadas*. Passat, Madrid. 955 pp.
10. \_\_\_\_\_. 1978. *Desarrollo y Control de las Enfermedades de las Plantas*. Limusa, México. pp 7-10.
11. DICKSON, J.G. 1963. *Enfermedades de las Plantas de Gran Cultivo*. España (Barcelona), Salvat. 384 pp.
12. FERNANDEZ-VALIELA, M.V. 1978. (3a. ed.). *Introducción a la Fitopatología* (s.e.) Argentina. pp. 474-477, 481, 707-709.
13. GIRON-CALDERON, R. *Enfermedades del maíz*. "Manual Fitosanitario Regional". Patronato para la Investigación Fomento y Sanidad Vegetal México pp. 59-65.
14. GONZALEZ L., C. 1976. *Introducción a la Fitopatología*. IICA, San José Costa Rica, 148 pp.

15. JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Limusa, México, pp. 395-401, 407-408, 428-435.
16. LEON GALLEGOS, H.M. 1982. Enfermedades de los Cultivos en el Estado de Sinaloa. SARH (s.e.) México, pp. 31.
17. MEXICO, SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGIA, A.C. XV Aniversario. VIII Congreso Nacional de Fitopatología. (Oaxtepec, Morelia; 5, 6, 7 de Julio, 1978) pp 96-97.
18. MILLER, P.R. y H.L. POLLARD. 1976. Multilingual, Compendium of Plant Diseases. Printed in the United States of America, American Phytopathological Society. 1976. pp. 322-323.
19. MULLER, G.J. 1980. Compendio de Enfermedades del Maíz. Hemisferio Sur, México. pp 26-45, 55-58.
20. QUIROZ OVALLE, F. et al. 1980. Enfermedades del Sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] en el Distrito de Riego 04 Don Martín, Coahuila y Nuevo León (s.e.), México. pp. 29-32.
21. ROBLES SANCHEZ, R. 1975. Producción de Granos y Forrajes. Limusa, México, pp. 112-114.
22. URQUIJO, L.P. RODRIGUEZ, G.J. y SANTILLANA, A.G. 1971. Patología Vegetal Aplicada. Ediciones Mundiprensa. Madrid, 755 pp.
23. WILLIAMS, L.E. and WILLIS, G.M. 1963. Disease of corn caused by Colletotrichum graminicolum. Phytopathology. 53:364-365.

09738



