

UNIVERSIDAD
TÉCNICA
LATINOAMERICANA

DIAGNOSTICO FITOSANITARIO DE LOS
CULTIVOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
LATINOAMERICANA, UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE SACACOYO,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

2020

La antracnosis es una enfermedad que se presenta en todas las etapas de desarrollo del cultivo; la podemos encontrar en: Plántulas en el semillero, Plantas jóvenes en el vivero, Plantas en desarrollo en el campo, Plantas en producción.

Derechos reservados al autor

Copy Right

AUTOR

Ing. Alfredo Agustín Rivera Menjívar

EDITOR

Universidad Técnica latinoamericana

Primera edición 2020

ISBN:

632

R621d

SV

Rivera Menjívar, Alfredo Agustín

Diagnóstico fitosanitario de los Cultivos del Campo Experimental de la Universidad Técnica Latinoamericana / Alfredo Agustín Rivera Menjívar. - 1ª ed.- Santa Tecla, La Libertad, El Salvador: UTLA, 2020.

Datos electrónicos (1 archivo: 3.06 MB en formato PDF)

1 cd- rom ; 4¾ plg.

ISBN:978-99961-75-34-3

1.-Patología Vegetal 2.- Hortalizas – Enfermedades y plagas 3.- Nemátodos de las plantas I – Título

UTLA/ km



**UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL**

FITOPATOLOGÍA

TITULO:

**DIAGNOSTICO FITOSANITARIO DE LOS CULTIVOS DEL CAMPO
EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
LATINOAMERICANA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SACACOYO,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

ÁREA INTEGRADA DE CONOCIMIENTO:

CIENCIA, TECNOLOGÍA, AGROPECUARIA Y MEDIO AMBIENTE

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

INVESTIGACIÓN APLICADA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DOCENTE INVESTIGADOR:

Ing. Agr. Agustín Rivera Menjívar

Santa Tecla 2020

Contenido

RESUMEN	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECIFÍFICOS.....	10
ANTRACNOSIS:.....	11
<i>Collectotrichum gloesporoides</i>	11
ENFERMEDAD: ANTRACNOSIS	12
HISTORIA	12
SÍNTOMAS	12
ETAPA DEL CULTIVO Y PARTES DE LA PLANTA DONDE SE PRESENTA LA ANTRACNOSIS	13
a) EN PLÁNTULAS EN SEMILLERO Y EN VIVERO	13
b) EN LAS HOJAS DE PLANTAS EN DESARROLLO Y EN PRODUCCIÓN.....	14
c) EN RAMAS Y FRUTOS	15
d) EN FRUTOS.....	16
SÍNTOMAS COMBINADOS (ASOCIO CON OTRAS ENFERMEDADES Y DAÑOS MECÁNICOS)	16
PATÓGENO: (<i>Collectotrichum gloesporoide</i>).....	17
SIGNOS DEL PATÓGENO.....	17
CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DEL PATÓGENO	18
CARACTERÍSTICAS	18
TAXONOMÍA	19
1. Reino: División: Clase: Orden: Familia: Género:.....	19
MORFOLOGÍA	20
CURVA EPIDEMIOLOGIVA DE LA ENFERMEDAD ANTRACNOSIS	21
CONTROL Y MANEJO DE ANTRACNOSIS <i>Collectotrichum gloesporoide</i>	22
PODAS DE BANDOLAS AFECTADAS Y/O ELIMINACIÓN DE TEJIDO IMPRODUCTIVO	22
MANEJO DE SOMBRA.....	23
MANEJO DE MALEZAS.....	24
NUTRICIÓN DE LA PLANTA (QUÍMICA U ORGÁNICA).....	24
USO DE FUNGICIDAS.....	25
MANEJO INTEGRADO	26
MANCHA DE HIERRO:	28
<i>CERCOSPORA COFFEICOLA</i>	28
ENFERMEDAD: MANCHA DE HIERRO	29
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Cercospora coffeicola</i>	29
ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	29
PRODUCCIÓN A NIVEL MUNDIAL.....	30
PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL SALVADOR	31
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA MANCHA DE HIERRO (<i>Cercospora coffeicola</i>).....	34
ASPECTOS EPIDEMIOLOGÍCOS	34

HOSPEDANTE.....	36
ASPECTOS BIOLÓGICOS	36
CICLO DE VIDA.....	36
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.....	36
ORGANISMO CAUSANTE.....	37
SINTOMATOLOGÍA.....	38
MORFOLOGÍA QUE PRESENTA LA PLANTA ENFERMA.....	40
TRANSMISIÓN.....	40
INFECCIÓN.....	41
GERMINACIÓN DEL PATÓGENO.....	41
REPRODUCCIÓN	41
MEDIDAS FITOSANITARIAS	41
CONTROL CULTURAL	41
CONTROL BIOLÓGICO	42
CONTROL GENÉTICO	42
CONTROL QUÍMICO.....	42
DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS.....	43
MARCHITAMIENTO VASCULAR:.....	45
<i>FUSARIUM OXISPORUM</i>	45
ENFERMEDAD: MARCHITAMIENTO VASCULAR	46
FUSARIUM OXYSPORUM.....	46
HISTORIA	46
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE FUSARIUM OXYSPORUM	47
2.....	47
CONDICIONES PARA SU PROLIFERACIÓN	48
CONDICIONES PARA SU PROLIFERACIÓN	48
CICLO DE VIDA Y FORMA DE INFECCIÓN DE FUSARIUM	48
MARCHITAMIENTO VASCULAR DEL TOMATE <i>Fusarium oxysporum</i>	49
CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD:.....	49
ORGANISMO CAUSAL.....	49
SINTOMAS	50
CICLO DE LA ENFERMEDAD:	51
CONDICIONES FAVORABLES:.....	51
MANEJO DE LA ENFERMEDAD:	51
ESTRATEGIAS Y PRÁCTICAS DE CAMPO PARA EL MANEJO DE <i>F. oxysporum</i>	52
CONTROL POR EXCLUSIÓN	52
MONITOREO.....	52
CONTROL CULTURAL.....	53
CONTROL FÍSICO.....	53
CONTROL QUÍMICO.....	54

CONTROL BIOLÓGICO	54
NEMÁTODO BARRENADOR DEL	55
PLÁTANO:	55
<i>RADOPHOLUSSIMILIS</i>	55
NEMÁTODO BARRENADOR DEL PLÁTANO	56
ORIGEN Y DISTRIBUCION	56
IMPORTANCIA ECONOMICA	56
TAXONOMIA	56
VALOR NUTRITIVO DE LA FRUTA DEL CULTIVO DE PLATANO	57
BOTANICA DE LA PLANTA	58
ASPECTOS FENOLÓGICOS	59
FASE VEGETATIVA	60
FASE FLORAL	60
FASE DE FRUCTIFICACIÓN	60
FACTORES AMBIENTALES	61
PRINCIPALES CULTIVARES	63
PLÁTANO CRIOLLO O USULUTÁN	63
PLÁTANO CUERNO ENANO	63
SIEMBRA	63
TIPOS DE SEMILLA DE SIEMBRA	64
PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SEMILLA	65
PROCEDIMIENTO DE SIEMBRA	65
FACTORES QUE DETERMINAN LA MEJOR DENSIDAD DE SIEMBRA	65
DENSIDAD DE SIEMBRA	66
CONTROL DE MALEZAS	67
FERTILIZACION:	67
ANTECEDENTES	68
DISTRIBUCIÓN	69
NOMBRE DE LA ENFERMEDAD:	69
UBICACIÓN TAXONÓMICA	70
BIOLOGÍA	70
CICLO DE VIDA	70
PARASITISMO	72
SÍNTOMAS PRIMARIOS	73
SÍNTOMAS SECUNDARIOS	74
HOSPEDANTES	79
SUPERVIVENCIA	80
MEDIOS DE DISEMINACIÓN	80
CONTROL:	80
PRINCIPALES PRÁCTICAS DE MANEJO DE R. SIMILIS	81

ROYA DEL CAFÉ:	86
<i>HEMILEIA VASTATRIX</i>	86
ENFERMEDAD: ROYA DE CAFÉ	87
HISTORIA “HEMILEIA VASTATRIX”	87
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA “ <i>Hemileia vastatrix</i> ”	89
MECANISMO DE ACCIÓN “ <i>Hemileia vastatrix</i> ”	89
REPRODUCCIÓN Y CICLO DE VIDA DE “ <i>Hemileia vastatrix</i> ”	90
CICLO DE VIDA (PATOGENESIS) DE LA ROYA DEL CAFETO (<i>H. vastatrix</i>).	90
ETAPA DE DISEMINACIÓN.....	91
ETAPA DE GERMINACIÓN.....	91
ETAPA DE COLONIZACIÓN.....	91
ETAPA DE REPRODUCCIÓN.....	91
DURACIÓN Y ESTADIO SUSCEPTIBLE DEL HONGO “HEMILEIA VASTATRIX”.....	92
PRODUCTOS QUÍMICOS, BOTÁNICOS.....	92
TIPO DE FUNGICIDA	93
FUNGICIDAS CÚPRICOS.....	93
FUNGICIDAS SISTÉMICOS TRIAZOLES.....	93
LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS	94
ESTROBILURINAS.....	94
PRÁCTICAS CULTURALES.....	96
CURVA EPIDEMIOLÓGICA DEL HONGO.....	97
HISTORIA “ <i>Coffea arabica</i> ”.....	97
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA “ <i>Coffea arabica</i> ”	99
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE “ <i>Coffea arabica</i> ”.....	99
PRINCIPALES VARIEDADES DE CAFETOS EN EL SALVADOR	100
TEKISIC (Bourbón mejorado):	100
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE CAFÉ.....	102
NECESIDADES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE “ <i>Coffea arabica</i> ”.....	102
CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106

RESUMEN

El siguiente trabajo es un informe referente al diagnóstico fitopatológico que se realizó en la estación experimental de la facultad de ingeniería agronómica de la Universidad Técnica Latinoamericana; este documento se enfatiza en presentar información acerca de *Hemileia vastatrix* o roya del café hongo detectado en las plantas de *coffea arabica* al igual que antracnosis causada por *Collectotrichum gloeosporoide* que también ataca a *coffea arábica*, también se hablara de *Fusarium oxysporum* que causa la enfermedad de marchitez vascular en banano, se encontró *Cercospora coffeicola* que causa la enfermedad de mancha de hierro y se obtuvo muestras de suelo y raíz de musácea donde se encontró al nematodo *Radopholus similis*;

Se realizó una toma de muestras para su previo estudio en laboratorio para la detección de presencia positiva de hongos , bacterias y nematodos, se presentan breve historia de cómo surgió o como se detectó la *Hemileia vastatrix*, *Collectotrichum gloesporoides*, *Fusarium oxysporum*, *Cercospora coffeicola* y *Radopholus similis*, se menciona su clasificación taxonómica, su forma de reproducción o de diseminación se menciona su ciclo de vida y cuál es su estadio más susceptible, se explicara cuáles son las medidas agronómicas para su detección , diagnóstico , tratamiento y qué medidas se deben tomar agronómicamente se mencionara cuáles son las prácticas culturales y se expondrá su curva epidemiológica para conocer mejor a estos tipos de plaga que generan grandes pérdidas a los productores y generan grandes daños a la agricultura en nuestro país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Investigar de manera general la información recolectada en la investigación de patógenos encontrados en el campo experimental ubicado en Sacacoyo, La Libertad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los ciclos de vida y de proliferación de cada uno de los agentes patógenos.
- Mencionar cada uno de los signos y síntomas que causan en las diferentes plantas.

Dar a conocer el manejo para poder controlar en los cultivos que han sido atacados por cada uno de los hongos o bacterias.

ANTRACNOSIS:

Collectotrichum gloesporoides

ENFERMEDAD: ANTRACNOSIS

HISTORIA

La Antracnosis fue descrita científicamente por primera vez en Portugal por J.V. d'Almeida quien publicó una breve descripción de la enfermedad y del agente causal (Almeida, 1899). Es probable que la Antracnosis fuera introducida en el sur desde Albania o Grecia durante la Segunda Guerra Mundial originando gravísimas epidemias durante la década de 1950–60 que afectaron a unas 5000 ha en la región de Apulia (Ciccarone, 1950; Graniti y Laviola, 1981). Posteriormente, la enfermedad se extendió en toda la región llegando a afectar a unas 40.000 ha detectándose en las islas de Cerdeña y Sicilia (Ciccarone, 1950; Saponaro, 1953; Martelli, 1959, 1960; Graniti et al., 1993). Durante estas epidemias, el patógeno afectó entre el 10 y 65% de las aceitunas de diversas zonas de la Apulia causando importantes defoliaciones en el cv. Cellina di Nardò (Martelli, 1959; 1960). A partir de 1960 se observó una mengua de la enfermedad que se ha atribuido a la disminución de las precipitaciones, al incremento de tratamientos cúpricos y a un cambio en la virulencia del hongo, al mezclarse las poblaciones patogénicas de olivo con otras locales menos virulentas, pero mejor adaptadas (Graniti et al., 1993).

SÍNTOMAS

En el campo, los síntomas de esta enfermedad se manifiestan principalmente en cafetales con mala nutrición, ubicados en suelos pobres en materia orgánica y poco profundos; también es común encontrarla en plantíos enmalezados, así como en plantas que presentan daños causados ya sea por herbicidas, factores climáticos o por otras plagas.

Debido a las características del hongo y su forma de ataque, los síntomas que ocasiona son muy variables, y en muchos casos pueden ser confundidos con síntomas causados por otros factores o por otras enfermedades. Esto puede conducir a realizar un diagnóstico incorrecto, lo que puede tener consecuencias en el manejo de la enfermedad. Es importante destacar que, para lograr un manejo oportuno y eficiente

de la enfermedad, es determinante el reconocimiento e identificación correcta de los síntomas, así como el entendimiento de los factores que favorecen su desarrollo.

ETAPA DEL CULTIVO Y PARTES DE LA PLANTA DONDE SE PRESENTA LA ANTRACNOSIS

La antracnosis es una enfermedad que se presenta en todas las etapas de desarrollo del cultivo; la podemos encontrar en:

- ✚ Plántulas en el semillero
- ✚ Plantas jóvenes en el vivero
- ✚ Plantas en desarrollo en el campo.
- ✚ Plantas en producción.

A pesar de ocurrir en las diversas etapas del cultivo, por razones de diagnóstico y manejo, los daños están más asociados a plantas en desarrollo y plantas en producción en la plantación establecida. Esta enfermedad se ha encontrado afectando severamente diversos órganos de la planta como; hojas, brotes terminales, bandolas, flores y frutos en diferentes estados de desarrollo. A continuación, se presentan los síntomas de acuerdo a la etapa en que se presenta y de acuerdo al órgano de la planta afectado:

a) EN PLÁNTULAS EN SEMILLERO Y EN VIVERO

En las plántulas en el semillero, aparecen manchas necróticas hundidas y de color oscuro en las hojas cotiledonales y en el tallito, Las manchas rodean progresivamente al tallito hasta causar la muerte de la plántula. Cuando esto ocurre, el tallito seco permanece erecto y las hojas cotiledonales se marchitan y mueren.



En las plantas del vivero el ataque de la enfermedad se presenta principalmente en plantas que se han dejado mucho tiempo en la bolsa o en plantas que presentan estrés debido a problemas en raíces, tamaño muy pequeño de la bolsa o mal manejo de las plantas (enmalezamiento, ataque de otras plagas, etc.). El daño puede presentarse en las hojas o en las ramas y tiene las mismas características que el daño ocasionado en plantas adultas.



b) EN LAS HOJAS DE PLANTAS EN DESARROLLO Y EN PRODUCCIÓN

En la plantación la enfermedad se presenta en hojas de plantas jóvenes y adultas, en forma de lesiones necróticas de color café, gris o negro, que inician en los bordes y ápice de las hojas y que avanzan hacia el centro de la lámina foliar.

Las lesiones presentan un borde café rojizo bien definido, que separa el tejido sano del tejido enfermo. El tejido foliar enfermo tiene un aspecto como de papel tostado el que se rompe con facilidad. Cuando hay mucha humedad en el ambiente, sobre las manchas aparecen puntitos negros que constituyen las estructuras reproductivas del hongo (acérvulos), los cuales se encuentran dispersos por toda la lesión.



Generalmente cuando la mancha ocurre en el borde de la hoja, presenta una forma irregular con borde café y con un anillo amarillo muy delgado.

c) EN RAMAS Y FRUTOS

En las ramas la antracnosis produce un síntoma característico conocido como muerte descendente. Este síntoma consiste en una pudrición seca de las ramas, la que inicia del ápice de las ramas avanzando hacia abajo, causando pudrición y muerte de los frutos que están en las ramas, en la medida que la enfermedad avanza sobre la rama. La pudrición presenta una coloración oscura, volviéndose color ceniza o gris en la medida que el tejido se va secando. Sobre el tejido muerto se pueden observar puntitos negros que corresponden a las estructuras reproductivas (acérvulos) del hongo.



En sitios y épocas donde hay mucha presión de inóculo y las condiciones climáticas son favorables al desarrollo de la enfermedad, se ha observado que la pudrición de las ramas puede iniciar en los entre nudos. En estos casos se observan lesiones hundidas de color café oscuro y de forma irregular, pero generalmente alargadas. La ubicación de estos síntomas corresponde al sitio donde llega el inóculo y encuentra condiciones favorables para causar la infección.



d) EN FRUTOS

El daño en frutos puede presentarse tanto en frutos verdes como en frutos maduros. Generalmente la susceptibilidad del fruto varía de acuerdo al estado de desarrollo del mismo. Al inicio, las seis semanas de edad los frutos no son afectados, ya que estos no son susceptibles a la enfermedad. Por lo general el daño en frutos está asociado a la muerte descendente de las ramas. Inicialmente el síntoma consiste en pequeñas lesiones oscuras y hundidas que se extienden rápidamente hasta cubrir todo el fruto, estos se ennegrecen, se secan y quedan pegados en las ramas. Cuando el daño ocurre en frutos verdes, el síntoma se inicia en el pedúnculo y ocasiona su caída prematura de los frutos y en ciertos casos el grano se pone negro. Cuando la infección ocurre sobre maduros, el ataque del hongo se restringe a la pulpa sin dañar el grano, pero dificulta el despulpado y afecta la calidad del grano.



SÍNTOMAS COMBINADOS (ASOCIO CON OTRAS ENFERMEDADES Y DAÑOS MECÁNICOS)

Una característica importante de la antracnosis es que se puede presentar en asocio con otras enfermedades o aprovechar el daño causado por otros factores para penetrar en el tejido, provocando una combinación de síntomas. De modo que los síntomas de la antracnosis pueden aparecer combinados con síntomas de roya, mancha de hierro, ojo de gallo o con daño mecánico causado por herramientas o por quemaduras por herbicidas.



Los síntomas que se presentan a como se ha descrito anteriormente son conocidos como síntomas típicos. Aunque por lo general la enfermedad presenta síntomas típicos, bajo ciertas circunstancias los síntomas varían y se presentan de otra manera, es decir como síntomas atípicos. Algunos de estos síntomas son la aparición de lesiones en el centro de la hoja (y no en el borde), o en los entrenudos de las bandolas. En algunos casos también puede cambiar la apariencia de las lesiones, por ejemplo, el borde café rojizo de las lesiones puede no estar bien definido, puede haber ausencia de acérvulos (puntos negros sobre la lesión).

PATÓGENO: (*Collectotrichum gloeosporoide*)

SIGNOS DEL PATÓGENO

La enfermedad es causada por el hongo *colletotrichum gloeosporioides* los punticos situados en forma concéntrica son cuerpos fructíferos (acérvulos) del hongo que contienen esporas unicelulares y transparentes cuya forma varía entre oblonga y de habichuela.



El organismo causal penetra en el tejido de la hoja donde desarrolla su micelio. Su incidencia depende en gran medida de las condiciones climáticas. Durante la sequía se paraliza el desarrollo, pero con el inicio de las lluvias empieza a crecer de nuevo.

Un grado elevado de la humedad del aire, niebla y temperaturas bajas favorecen la expansión de dicho organismo. Por esta razón, las plantaciones a alturas más elevadas son más susceptibles a los ataques que las que se encuentran a niveles más bajos

El daño principal se debe a la infección de los frutos y las ramillas y el daño sobre las hojas es de menor importancia. Debido a que la pulpa de los granos afectados se pega a las semillas, se dificulta su separación.

CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DEL PATÓGENO

Este hongo afecta a los cafetos con exceso de sombra, humedad excesiva y mala ventilación.

La clasificación taxonómica de las especies de *Colletotrichum* es controversial y actualmente está bajo revisión. Algunas características morfológicas son útiles para diferenciar grupos de especies, pero no son útiles en otros casos.

Se ha sugerido que el género *Colletotrichum* contiene complejos de especies crípticas que están estrechamente relacionadas entre sí, con un comportamiento de colonización e infección similar.



CARACTERÍSTICAS

Los *Colletotrichum* son parte del grupo de los hongos ascomicetos. Estos organismos se caracterizan por presentar una estructura reproductora en forma de saco. Su micelio está formado por hifas tabicadas.

Entre otras características de los ascomicetos en general, y de los *Colletotrichum* en particular están:

- ✚ Reproducción asexual mediante conidiósporas. La reproducción sexual siempre involucra la producción de un asca con dos o más ascosporas haploides.
- ✚ Toleran temperaturas de entre 10 y 40 °C, pero su temperatura óptima de desarrollo es de 28 °C.
- ✚ Durante el proceso de infección, las especies fitopatógenas del género *Colletotrichum* inicialmente colonizan las células vivas de la planta rompiendo la pared celular, pero sin penetrar la membrana plasmática de estas células (esto evita la muerte progresiva de células).
- ✚ El inicio de la alimentación de partes muertas de la planta por parte del hongo está asociado con notables cambios morfológicos, genéticos y fisiológicos de este último. Estos cambios en el hongo producen una muerte masiva de células y destrucción de los tejidos del hospedero.

TAXONOMÍA

El género *Colletotrichum*, fue erigido por Corda en el año 1831, para describir la especie *C. lineola*, con base en material recolectado en Praga (República Checa) proveniente del tallo de una planta herbácea no identificada de la familia *Apiaceae*.

En la actualidad, aunque el género *Colletotrichum* es considerado válido, la definición de las diferentes especies es controversial y está sujeta a revisiones.

Algunas especies de este género son confundidas con especies del género *Gleosporium*, sin embargo, estas últimas no producen setas en los acérvulos.

1. **Reino: División: Clase: Orden: Familia: Género:**

Hongos
Ascomycete
Sordariomycetes
Glomerellales
Glomerellaceae
Collectotrichum

MORFOLOGÍA

La identificación basada en características morfológicas de los hongos *Colletotrichum* es posible en algunas especies con base en el huésped al cual se asocian, crecimiento micelial, capacidad de esporulación y características particulares de los conidios, apresorios y esclerocios.

Para ello es necesario realizar cultivos artificiales del hongo y observar la germinación de los conidios.

Las características morfológicas y el rango de hospederos han sido utilizados tradicionalmente para definir las especies de hongos. El uso excesivo e inadecuado del tipo de hospedero para la determinación de especies ocasionó la proliferación de nombres científicos innecesarios.

Esto puede deberse, en parte, a que especies de plantas con una amplia distribución espacial pueden ser afectadas por distintas especies de hongos. También contribuye a esto el hecho de que algunas especies de *Colletotrichum* pueden asociarse con una única especie de planta, mientras que otras pueden asociarse a más de un hospedero.

Por lo antes mencionado, la biología molecular como herramienta ha proporcionado nuevos conocimientos sobre la sistemática de este grupo de hongos, particularmente en la delimitación de especies y la definición de relaciones inter e intraespecíficas.

La región del espaciador transcribible interno del ARN ribosómico (ITS) es la región más comúnmente utilizada para diferenciar hongos. Esta región ha demostrado ser poco útil para diferenciar especies de *Colletotrichum*.

La filogenia multi-locus ha sido aplicada ampliamente para identificar especies de este género. Empleando esta metodología se ha sugerido que *C. gloeosporioides* es realmente un complejo que consiste en 23 taxones. También han sido descritas al menos 19 nuevas especies con base en la filogenia de locus múltiples.

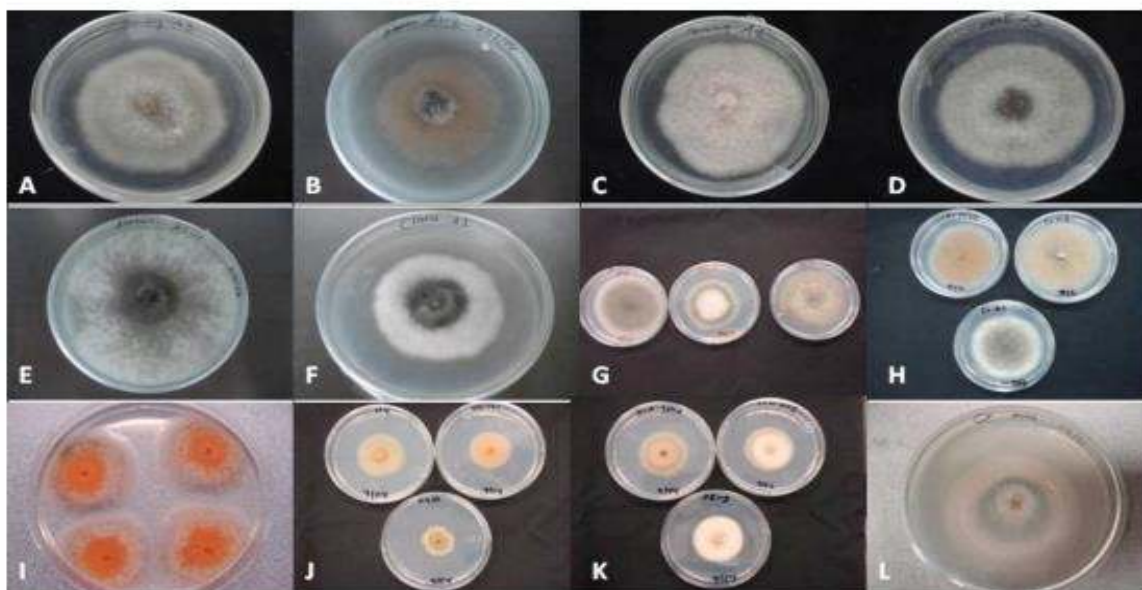
Morfología

Cuando Corda, en 1831, describió la primera especie del género *Colletotrichum* (*C. lineola*), mencionó que esta especie forma acérvulos lineales en forma de huso,

presentan apariencia curvada, con conidios hialinos de extremos agudos y marrones, de tonalidad opaca, con setas subespatuladas y puntas agudas.

En general, los hongos del género *Colletotrichum* poseen cuerpos fructíferos asexuales cerrados, setosos, en forma de cojines, ubicados en o cerca de la epidermis, que abren en forma irregular.

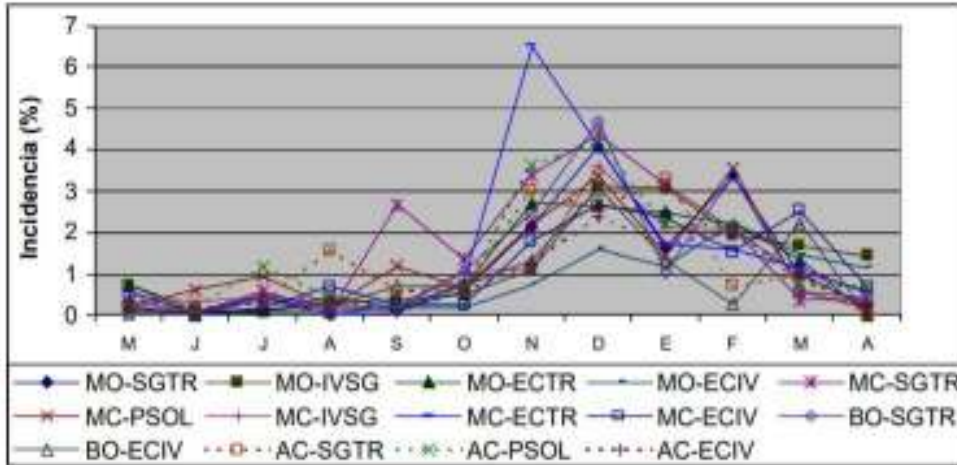
El estroma basal es de grosor variable, de color marrón oscuro a incoloro o casi incoloro. Las células del estroma basal son poliédricas, casi del mismo diámetro y sin espacios entre ellas.



Morfología de colonias de *Colletotrichum* spp. (A-F) *C. gloeosporioides* aislado de mango. (G) *C. gloeosporioides* de papaya. (H) *C. gloeosporioides* de carambola. (I) *C. acutatum* de mango. (J) *C. acutatum* de helecho hoja de cuero. (K) *C. acutatum* de limón criollo. (L) *C. acutatum* de carambola.

CURVA EPIDEMIOLOGICA DE LA ENFERMEDAD ANTRACNOSIS

A continuación, se presenta un ejemplo de la curva de incidencia del hongo de *Collectotrichum* en café bajo sol y bajo sombra en un estudio realizado por Misael Benavides Castillo y Santos David Romero utilizando productos sintéticos y orgánicos, entre el año 2003 y 2004:



CONTROL Y MANEJO DE ANTRACNOSIS *Collectotrichum gloesporoide*

Un programa de manejo sostenible de antracnosis debe integrar diversos componentes y debe basarse en factores como: clima, estado de la planta, época del año, grado de avance de la enfermedad y presencia de otras plagas entre otros. El manejo debe considerar tanto acciones de supresión directa como acciones de supresión indirecta.

El mejor programa de manejo de la antracnosis es el que se basa fundamentalmente en acciones preventivas. En ese sentido al momento de establecer la plantación debemos asegurarnos de sembrar plantas sanas y en buen estado, principalmente plantas que presentan un buen sistema radicular. Plantas que al momento de sembrarse presentan daño o mal formación de raíces, son más susceptibles al ataque de la antracnosis y otras enfermedades, ya que el mal estado de las raíces no les permite absorber el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y para tolerar el ataque de las plagas. Durante los primeros años de crecimiento de las plantas de café, debemos asegurar una nutrición adecuada y eficiente control de malezas.

PODAS DE BANDOLAS AFECTADAS Y/O ELIMINACIÓN DE TEJIDO IMPRODUCTIVO

Las bandolas infectadas por la antracnosis, así como el tejido improductivo constituyen fuentes de inóculo que contribuyen significativamente al desarrollo de la enfermedad. Es en este tipo de tejido que se forma la mayor cantidad de esporas del hongo. Por lo que, la eliminación de este tejido por medio de la poda es muy importante porque ayuda a reducir la cantidad de inóculo en el cafetal y evita que la enfermedad se siga

extendiendo en las bandolas. La eliminación del tejido improductivo (sin nudos productivos) o tejido agotado evita que la planta gaste sus recursos en mantener dicho tejido.

Para realizar la poda se debe utilizar una tijera en buen estado para evitar maltrato al tejido al momento de realizarla. De ser posible, la tijera debe ser desinfectada con alcohol cada vez que se corta una rama. El corte de la rama o bandola, debe hacerse aproximadamente unas 4 pulgadas por debajo del límite de la zona enferma. El tejido podado debe recogerse y sacarse cuidadosamente del plantío para ser eliminado (quemado) fuera del lote.

MANEJO DE SOMBRA

Las plantas de café establecidas en cafetales a pleno sol se desgastan más rápidamente debido a que en esas condiciones la planta tiene una mayor actividad fisiológica que por lo general conduce a una mayor producción de frutos. Las plantas en esas condiciones tienen una mayor demanda de nutrientes y por lo general su vida productiva es más corta, principalmente si no se le proporcionan los nutrientes que la planta necesita. Plantas creciendo bajo estas condiciones se mantienen estresadas y son más susceptibles al ataque de la antracnosis. Por otro lado, en plantaciones establecidas con exceso de sombra las plantas invierten sus nutrientes en la producción de hojas y tienen una menor producción de frutos. La sombra excesiva además proporciona un microclima muy húmedo, el cual favorece el desarrollo de la antracnosis. Todo esto indica que los cafetales deben manejarse con niveles adecuados de sombra, de modo que permita la entrada de luz y la circulación de aire, para mantener un ambiente adecuado para la planta y que no sea favorable para el desarrollo y multiplicación de la antracnosis. El nivel de sombra adecuado para manejar un cafetal, depende del clima, la altitud sobre el nivel del mar y la nubosidad. En general la sombra óptima de un cafetal para lograr un equilibrio entre la formación de frutos y hojas, y para facilitar el manejo de enfermedades puede variar entre 40% y 60%. En plantaciones localizadas en zonas con altitudes mayores a 800 metros sobre el nivel del mar, la sombra debería manejarse al 40 %, en cambio en plantaciones de lugares de media a baja altura debe manejarse alrededor del 60 % de sombra.

MANEJO DE MALEZAS

Las plantas indeseables o malezas que crecen en las calles de los cafetales contribuyen al desarrollo de la antracnosis de dos maneras, por un lado compiten con el cultivo por nutrientes y agua, lo que ocasiona estrés en las plantas de café volviéndolas más vulnerables al ataque de la enfermedad. Por otro lado, las malezas pueden contribuir a mantener alta humedad en el lote, factor que es favorable al desarrollo de la antracnosis. Por tal razón, el control de malezas es una medida que favorece el manejo de la antracnosis. Sin embargo, antes de hacer control de malezas debemos reconocer cuales son las más agresivas, para realizar un manejo selectivo. Se consideran malezas agresivas a aquellas que por su porte, sistema radicular y ciclo, ejercen más competencia con el cultivo. Entre estas tenemos principalmente los zacates y las malezas de hoja ancha perennes. Este tipo de malezas por lo general crecen en cafetales a pleno sol. Otras plantas que crecen en las calles, que son de porte bajo, de ciclo anual y de raíces poco profundas no ejercen competencia con el café y más bien pueden ser aprovechadas como cobertura para evitar erosión y mantener cierta humedad en el suelo, principalmente en cafetales localizados en partes bajas y con poca precipitación. De modo que el control de las malezas debe ir dirigido a eliminar las malezas más dañinas y dejar las malezas de cobertura.

Cualquier que sea el método empleado para controlar las malezas, se debe tener mucho cuidado de no causar daño a las plantas, ya que dichos daños pueden servir de entrada al hongo que causa la antracnosis.

NUTRICIÓN DE LA PLANTA (QUÍMICA U ORGÁNICA)

Plantas débiles o mal nutridas son muy susceptibles al ataque de la antracnosis, por el contrario, la nutrición balanceada de la planta aumenta su capacidad de resistir al ataque de la enfermedad. Para implementar un buen programa de fertilización, se debe conocer cuáles son las deficiencias nutricionales que presenta el suelo, para ello es muy importante realizar análisis de suelo. La fertilización debe estar orientada a corregir deficiencias de fósforo y potasio, así como a evitar el exceso de nitrógeno. El uso de micronutrientes como boro y zinc aplicados al follaje ayuda a fortalecer la capacidad de la planta para tolerar el ataque de la antracnosis. El uso de fuentes naturales de

nutrientes también contribuye significativamente al fortalecimiento de la planta y al mejoramiento del suelo, contribuyendo así al manejo de la enfermedad. Por ejemplo los biofertilizantes o biofermentados aplicados al follaje, así como la pulpa de café y la gallinaza aplicados al suelo aumentan la tolerancia de la planta a la antracnosis. Cuando se usa pulpa o gallinaza se debe garantizar la calidad de las mismas, principalmente asegurar que dichos materiales están completamente descompuestos. Se debe tomar en cuenta además que con este tipo de fuentes de nutrientes la respuesta de la planta es un poco más lenta, por lo que los resultados no se observan inmediatamente.

USO DE FUNGICIDAS

Existen diversos productos que tienen un buen efecto de control de la enfermedad, entre los que están tanto fungicidas sintéticos como caldos. Entre los fungicidas sintéticos se pueden utilizar productos sistémicos como el silvacur, u otros productos de la familia de los triazoles. Estos se usan en dosis comerciales y deben ser aplicados únicamente cuando la enfermedad ha sobrepasado los niveles críticos. Se ha demostrado que el caldo sulfocálcico y el caldo visosa ejercen un buen control de la antracnosis en plantaciones establecidas. El caldo sulfocálcico se debe aplicar en dosis de 1 litro por bombada (de 20 litros) y el caldo visosa en dosis de hasta 100 plantas por bombada. Ambos caldos son de contacto y por lo tanto su uso debe ser preventivo, es decir aplicarse antes que se presente la enfermedad. Las aplicaciones se deben hacer en la época lluviosa y la frecuencia deber de una aplicación mensual, dependiendo de la intensidad de la enfermedad y de las condiciones climáticas. En años que son antecidos por una alta incidencia de la enfermedad, se recomienda hacer una aplicación antes de la entrada de la época lluviosa, para reducir la cantidad de inóculo inicial.

Antes de seleccionar un producto se deben hacer evaluaciones preliminares, ya que el hongo que causa la antracnosis ha desarrollado resistencia a varios fungicidas, principalmente sistémicos.

MANEJO INTEGRADO

Debido a las características de la antracnosis, ninguna de las medidas mencionadas resulta efectiva para el manejo de la enfermedad si se ejecuta de forma individual. Es decir que para que un programa de manejo de la enfermedad sea sostenible debe ser implementado integralmente, utilizando todas las opciones disponibles de manejo. El manejo integrado de la antracnosis debe incluir lo siguiente: En el semillero y vivero: se debe garantizar un buen control de las plagas del suelo (hongos, insectos o nematodos) para que el sistema radicular tenga un buen desarrollo, y la planta pueda absorber todos los nutrientes. También se debe dar un manejo adecuado a la sombra, garantizar que las plantas estén libres de malezas, así como la selección del tamaño adecuado de la bolsa. Se debe también utilizar un substrato o suelo de buena calidad y que no afecte el desarrollo de la raíz.

Al momento del trasplante del vivero al campo definitivo, se deben seleccionar para siembra solamente plantas de buena calidad, que estén libres de enfermedades y plagas y que presenten un buen desarrollo de las raíces; el trasplante debe hacerse cuidadosamente, evitando el maltrato de las plantas. No se deben sembrar plantas que presenten deformaciones de sus raíces, tales como cola de chancho o raíces bifurcadas.

Plan de manejo integrado de la antracnosis del café:

<i>Después de la cosecha</i>	Febrero - Abril	Poda fitosanitaria
<i>Antes de inicio de lluvias</i>	Mayo	Análisis de suelo para hacer plan de fertilización
		Regulación de sombra
Aplicación de caldo sulfocálcico		
<i>Época lluviosa</i>	Mayo - Junio	Fertilización
	Mayo - Octubre	Muestreo de
		Control de malezas
		Aplicación de caldo sulfocálcico

MANCHA DE HIERRO:
CERCOSPORA COFFEICOLA

ENFERMEDAD: MANCHA DE HIERRO

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *Cercospora coffeicola*

Cercospora es el género de un hongo, perteneciente al reino Fungi, su división *Ascomycota*, la clase es *Dothideomycetes*, el orden *Capnodiales* (antes *moniliales*), género *Cercospora*.

El género *Cercospora* es la fase anamorfa de *Mycosphaerella* y otros que también anamorfos posibles son *Cladosporium amulario* y *Ascochyta*.

Taxonomía	
Reino	Hongos
División	Ascomycota
Clases	Dothideomycetes
Orden	Capnodiales
Familia	Mycosphaerellaceae
Genero	Cercospora
Especie	<i>coffeicola</i>



ANTECEDENTES HISTÓRICOS

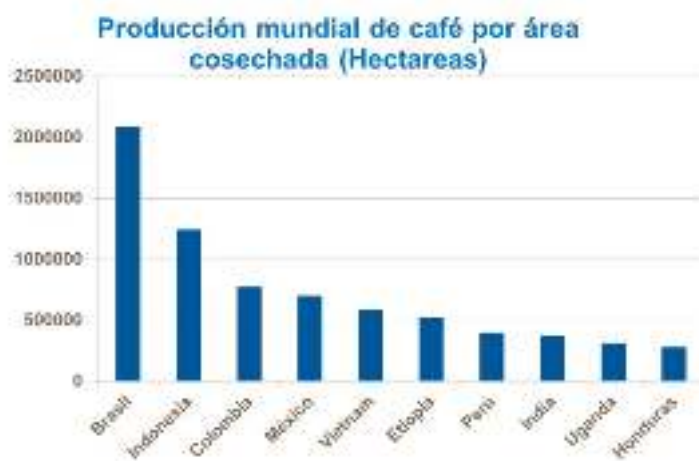
Es una de las enfermedades más antiguas del café en América. Causa graves pérdidas en los viveros y deteriora la calidad de los frutos. Es propia de cafetales con sombra muy rala, o de plantaciones al sol mal desyerbadas y fertilizadas. En Brasil se han estimado pérdidas en el rendimiento de hasta 30% por el efecto de esta enfermedad principalmente en los frutos. En México, en la cuenca cafetalera de Coatepec, Veracruz, la enfermedad se encuentra totalmente distribuida, parasitando más de 50% de cafetos y afectando 60% del área cafetalera.

Los principales daños son causados por la defoliación de los cafetos, principalmente en los viveros, y por el ataque de los frutos en proceso de maduración. Aunque la enfermedad no causa epidemias, es drástica en cafetales a pleno sol o con sombra deficiente y mal manejada, y con escasa o nula fertilización. Los daños por mando de hierro frecuentemente se encuentran asociados en el fruto a otras afecciones de tipo hongos, contribuyendo a la pérdida total de los granos o al deterioro de su calidad.

PRODUCCIÓN A NIVEL MUNDIAL

Alrededor de 7.7 millones de toneladas de café oro se produce a nivel mundial por año en una superficie de 10.5 millones de hectáreas en más de 50 países.

Alrededor de 7.7 millones de toneladas de café oro se produce a nivel mundial por año en una superficie de 10.5 millones de hectáreas en más de 50 países. 85% del café del mundo se produce en Latinoamérica. Arábica constituye 85% de esta cantidad. El resto se distribuye entre 10% en Asia y 5% en África. En estas regiones Robusta es más extendida. El productor más grande de todos es Brasil con 2.2 millones de toneladas cultivadas en un área de 2.3 millones de hectáreas. Le siguen Vietnam, Indonesia y Colombia que cada uno produce entre 0.6 y 1 millón de toneladas en una superficie combinada de 2.6 millones de hectáreas.





Brasil es el exportador más grande con 29% de la totalidad de exportación. Vietnam y Colombia también son grandes exportadores con 16 y 11% de las exportaciones del mundo, respectivamente. El café Arábica se distingue como suave, y se vende como café suave de sus países de origen. Una menor cantidad (aprox 20%) del café Arábica de Colombia, Costa Rica, Guatemala y México se vende como “Café gourmet”.

El rendimiento promedio mundial está alrededor de 0.7 t/ha, pero con producción más intensa como en Brasil, Vietnam, Costa Rica, Colombia y Guatemala, el promedio sube a 1 – 1.4 t/ha de café oro. El promedio nacional de café Robusta en Vietnam ese de 2 t/ha.

Los consumidores más grandes son los Países Nórdicos y el consumo per cápita en Noruega, Dinamarca y Finlandia es de más de 10 kg/persona por año.

Otros países de Europa Occidental también son grandes consumidores con 4 a 8 kg/persona. En comparación, el consumo de países como EEUU, Canadá y Australia es menor.

PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL SALVADOR

Más de 200 años han pasado desde que, según la historia, se introdujo el cultivo de café en El Salvador. Desde entonces, el café salvadoreño ha experimentado alzas y bajas en su producción y exportación.

Mientras a mediados de los años 70, El Salvador se convirtió en el quinto productor mundial de café y el cuarto exportador con cosechas cercanas a los cinco millones de quintales; ahora se repone de una fuerte caída entre 2012 y 2014 producto de un ataque

de roya que provocó una producción de apenas 700,000 quintales, la más baja en el último siglo.

Los últimos datos oficiales detallan que, al 31 de octubre 2018, El Salvador registró una producción de 905,110 quintales de café; había exportado unos 719,796 quintales del ciclo 2017/2018 por un valor total de más de \$107 millones a un precio promedio de \$149 por quintal.

La historia recuerda que medio siglo después comenzaron a aplicarse medidas para favorecer la siembra de la planta. En 1846, por ejemplo, se decretó que todos los agricultores que se dedicaran al cultivo de café y tuvieran una parcela a más de 5,000 pies de altura sobre el nivel del mar, quedarían exentos por diez años de cargos concejiles; en tanto que los operarios que se ocuparan del trabajo en fincas también tendrían derecho a no realizar servicio militar por una década siempre y cuando se comprobara su dedicación al café.

Una década después, a partir de 1857, el cultivo de café se expandió desde Ahuachapán a Santa Ana y Sonsonate y posteriormente llegó al oeste de San Vicente, en las montañas de Berlín y el Volcán Chaparrastique San Miguel.

“El auge del cultivo se debió a que el Estado promovió esta nueva actividad productiva mediante la reducción de impuestos, donación de plantas y la promoción de la propiedad privada de los terrenos”, destaca el CSC.

Entre los años 1930-1940, la caficultura salvadoreña aumentó las áreas cultivadas a través de una política crediticia favorable. A mediados del siglo pasado, estimulada por los altos precios existentes, también comenzó la modernización del sector.

De ahí en adelante, los productores comenzaron a sustituir el café de variedad arábica por el bourbon, mejoraron el uso de fertilizantes, la sombra y nuevos sistemas de poda. También avanzaron en prácticas anti-erosivas y elevaron la población de arbustos a unos 2,000 cafetos por manzana.

Actualmente, el país tiene seis cordilleras de producción de café:

1. Alotepec Metapán, entre Santa Ana y Chalatenango, donde se cultivan unas 2,870 hectáreas de café de variedades pacas, bourbón, pacamara y catimores que se caracterizan por su sabor, acidez y fragancia. Esta cordillera ha logrado un alto grado de posicionamiento en calidad y se compone, en su mayoría, de pequeños productores que procesan el café hasta la fase de pergamino.

2. El Bálsamo Quezaltepec, entre La Libertad, San Salvador y algunos municipios de Sonsonate, se ubica en el centro sur del país y abarca un área cultivada equivalente al 25 % del total del país, en la que hay café bourbon, pacas, pacamara, cuscatleco, acuaí y casitic que se caracterizan por su cuerpo, sabor y acidez.

3. Apaneca Ilamatepec, incluye los departamentos de Santa Ana, Sonsonate, Ahuachapán, y abarca al 50 % de los productores y del área total cultivada de café. En esta zona se cosechan café bourbon, pacas, pacamara, cuscatleco, catuaí, catimores y casitic que tienen un perfil que se caracteriza por su sabor, acidez, cuerpo y fragancia. Es la primera denominación de origen de café salvadoreño, protegida y reconocida en el mercado internacional.

4. Chinchontepec, al centro este del país, en los departamentos de La Paz, San Vicente y Cuscatlán. Se cultivan bourbon, pacas, pacamara, catisic y cuscatleco, cuyo perfil general se caracteriza por altas notas en cuerpo, sabor y su regusto; es decir, el sabor que queda en la boca después de haberlo probado.

5. Tecapa Chinameca, entre Usulután y San Miguel, abarca el 12 % del total cultivado en el país. En esta zona también se cultiva bourbon, pacas, pacamara, catisic, cuscatleto y catuaí, en cuyo perfil general predomina su alta fragancia, cuerpo y acidez.

6. Cacahuatique, en los departamentos de San Miguel y Morazán, situados en la parte noreste de El Salvador, en donde se cultiva pacamara, cuscatleto, bourbon, pacas y caturra con un perfil más ácido y con mayor fragancia.

Se estima que, al cierre de 2016, un 11 % del territorio nacional estaba cubierto de bosque y el 7% era constituido por cafetales y árboles de sombra.

sitios de inoculación entre 10 y 15 después de la misma, y la aparición de los primeros puntos rojizos a necróticos de 3 a 6 días después de observada la clorosis, determinando el período de incubación para plantas de café de seis meses de edad, entre 25-27 días después de la inoculación de suspensiones de esporas. En el caso de los frutos los síntomas iniciales ocurren a partir de los 14 días después de la inoculación. Las hifas del hongo invaden los tejidos intra e intercelularmente ocasionando el hundimiento de los tejidos.

Numerosas especies de *Cercospora* producen la toxina cercosporina, compuesto que se activa en presencia de la luz y causa la muerte de las células afectadas. La mancha de hierro es una enfermedad que está estrechamente relacionada con la nutrición de la planta y es favorecida por todos los factores que influyen en un suministro adecuado de nutrientes. Niveles adecuados de nitrógeno disminuyen la incidencia y severidad de la enfermedad, tanto en hojas como en frutos, pero su exceso afecta a la planta y favorece a la enfermedad. Aplicaciones de fósforo y de potasio solos o en combinación no afectan significativamente la enfermedad. La interacción balanceada nitrógeno - potasio reduce el efecto del patógeno, lo mismo que aplicaciones repetidas durante el ario de fertilizantes completos (N-P-K. En los frutos los primeros síntomas aparecen a los 90 días de la floración, que corresponde a la etapa 2 del desarrollo del fruto de café (75 a 195 días posteriores a la floración), época crítica donde ocurren pérdidas significativas. La severidad de la enfermedad es mayor en frutos de 4 meses de edad que no terminan su desarrollo y crecimiento, y maduran prematuramente. Éstos pueden caer de la planta o ser cosechados antes de tiempo. En aquellos frutos de 5 y 6 meses la intensidad también es importante, pero es menos grave cuando los frutos ya se encuentran en el proceso de maduración (mayores de 6 meses). Cuando los frutos de 4 meses presentan índices de infección cercanos a 70, los porcentajes de pérdida pueden llegar a valores cercanos al 56% mientras que para frutos de 5 a 6 meses de edad con índices cercanos a 49 el porcentaje de pérdida se ubica en un 26%. Ya para frutos de 6 meses (maduración) con índices de infección cercanos a 34, la pérdida obtenida fue del 11%, aproximadamente.

HOSPEDANTE

Cercospora coffeicola ataca a la mayor parte variedades de café pertenecientes a las siguientes especies: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, *Coffea eugenioides*, *Coffea liberica* y *Coffea racemosa*.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

CICLO DE VIDA

Las hojas son infectadas a través de las estomas y los frutos a través de las heridas y probablemente por otros daños como quemadura del sol. La germinación conidial es >80% en temperaturas de 15-30°C. A 27°C el tubo germinativo se forma después de dos horas, a temperaturas inferiores puede tardar de 4-5 horas. El periodo de incubación sobre las hojas es relativamente largo, las manchas iniciales al apreciarse 38 días después de la infección, la temperatura óptima para el desarrollo in vitro es de 24-25 °C.

Temperaturas de 24°C, humedad en las hojas de 6 a 8 horas, plantas con estrés de agua y deficiencia de nutrientes favorecen a la enfermedad. Señalan que el desarrollo del hongo se da a 24 °C, mientras que 30°C y humedad relativa de 92% son ideales para la germinación de esporas.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

El hongo fructifica principalmente en el haz de las hojas. Sus estomas miden aproximadamente 50 µm de diámetro, son globulares y de color marrón oscuros. Sus conidióforos están en fascículos de 3-30 talos, pálidos a marrón, a veces ramificados tabicados y de medidas a fuertemente geniculado miden 20-275x4-6 µm. Las cicatrices conidiales son claras y gruesas. Los conidios son hialinos, aciculares, obclavados, casi rectos, con un ápice agudos y truncados o base subtruncada con un hilo engrosado conspicuo, multiseptado, indistinto de 40-15x2-4 (-7) µm

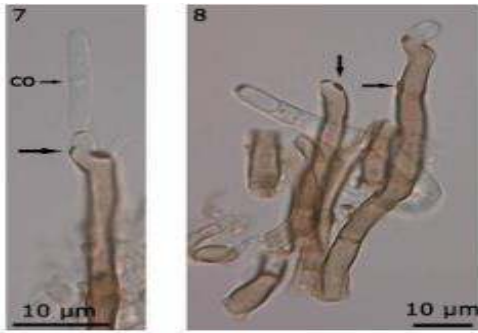


Figura 5. Conidios (co) de *C. coffeicola*.
Créditos: Liberato J. L. y Shiva R. G.



Figura 4. Conidioforos de *C. coffeicola*.
Créditos: Liberato J. L. y Shiva R. G.



Figura 3. Estromas de *C. coffeicola* sobre
hoja de cafeto Créditos: Liberato J.
L. y Shiva R. G.

ORGANISMO CAUSANTE

Cercospora es un hongo imperfecto (anamorfo), de la clase *Deuteromycetes*, subclase *Hyphomycetidae*, orden *Monilia*, familia *Dematiaceae*. *Cercospora coffeicola* o *C. coffea* hace parte de un género con aproximadamente 3.000 especies, caracterizadas principalmente por su morfología y por la especificidad de hospedantes. Presenta conidióforos fasciculados, pardos, sinuosos y denticulados, con 2 a 3 septas, base arradmada y tuberculada, insinuados sobre el mesófilo de la hoja. Tienen dimensiones que alcanzan hasta 200 micras de largo por 4 micras de ancho. Las conidias se producen en forma abundante en cámara húmeda, son subhialinas, con 3 a 12 sepas y dimensiones que oscilan entre 30 y 210 micras de longitud por 2,5 a 3,5 micras de ancho. Es un hongo que presenta variación morfológica dependiendo de las condiciones ambientales predominantes, principalmente la humedad relativa.

En Cenicafé se detectó variabilidad morfológica, patogénica y molecular en aislamientos de *C. coffeicola* Berkeley y Cooke, obtenidos de hojas y frutos de café en diferentes regiones cafeteras. Igualmente, se encontró que los aislamientos pueden

atacar indistintamente hojas y frutos, y que la alta variabilidad del hongo puede estar relacionada con la resistencia a fungicidas, específicamente a los benzimidazoles.

En medios artificiales de cultivo es difícil lograr una esporulación adecuada; los trabajos de investigación demuestran que ésta es posible utilizando los medios PDA no acidificado con 1% de agar humedecido; hojas de zanahoria (AHZ); agar decocción de hojas de café (AHC); agar extracto de café (AC); jugo de verduras complementado con Panvit-M, extracto de café- avenaagar (CAA). En estos medios la temperatura óptima oscila entre 24° y 25°C, y deben mantenerse a luz continua o alterna.

Para inoculaciones controladas, se utiliza con éxito la capacidad infectiva del micelio con el cual se logra la reproducción de síntomas 14 a 17 días después de la inoculación.

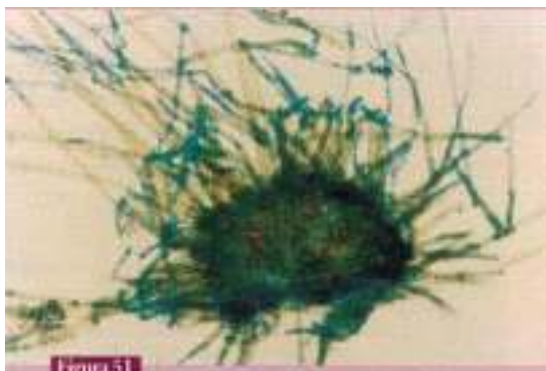


Figura 51
Esporangio con conidióforos y conidias de *Cercospora coffeicola*. (4X).



Figura 52
Crecimiento de aislamientos de *Cercospora coffeicola* en diferentes medios de cultivo.

SINTOMATOLOGÍA

Los síntomas se presentan generalmente en semilleros y almácigos con poca sombra y con sustrato preparados sin adición de materia orgánica. Estos se caracterizan por ser manchas color café con un halo clorótico o amarillento que contrasta con el tejido normal de la hoja, las cuales conforme avanza la enfermedad aumenta su tamaño y hace que el tejido se necrose.

El principal daño que ocasiona la enfermedad es la defoliación, lo cual hace que disminuya notablemente el área fotosintética de la planta y una reducción del crecimiento de la misma.

El patógeno de las ramas, hojas y tallo en cualquier etapa de desarrollo. En frutos, el primer daño se manifiesta como pequeñas manchas redondas de color rojizo a marrón, conforme avanza la enfermedad el tamaño del área afectada aumenta, donde posteriormente el tejido coalesce tomando una tonalidad parda, en ocasiones rodeada de un halo color púrpura (el halo es el tejido que madura antes del tiempo debido a la infección). De esta forma se necrosa los tejidos de la pulpa, provocando que esta se adhiera al pergamino.

Cuando el daño es en frutos, favorece la caída prematura de estos y la calidad se afecta directamente, debido a que no se despulpa correctamente.



Figura 6. Síntomas de *Cercospora coffeicola* en hoja. A) Lesiones color oscuras con halo amarillento conocida como "ojo de rana". B) hojas con lesiones necrosantes. Créditos: Nelson Scot C.



Figura 7. Síntomas de *Cercospora coffeicola* en fruto, provocando necrosamiento del tejido y maduración prematura. Créditos: Nelson Scot C.

MORFOLOGÍA QUE PRESENTA LA PLANTA ENFERMA

Al ser atacadas, las hojas presentan manchas ovaladas de 6 a 13 mm que terminan por hacer que se sequen y caigan. Al crecer estas manchas toman forma irregular y se unen formando una gran lesión que causa caída de la hoja. Cuando se presentan ataques prolongados la planta se degenera, mostrando hojas pequeñas, puntiagudas y formando ramas de escaso follaje. Estos síntomas se aprecian en hojas cotiledonares y hojas verdaderas, en cualquier estado de desarrollo.

Al atacar las ramas solo se ven afectadas las partes tiernas, apareciendo manchas grisáceas alargadas llegando hasta el entrenudo. Posteriormente las manchas se oscurecen y rajan la planta dejándola expuesta.

En los frutos se presenta el ataque de mayor cuidado ya que afecta su desarrollo evitando que crezca y llene correctamente. La mancha de hierro afecta frutos verdes, pintones y maduros. La lesión se inicia como pequeños puntos de coloración rojiza que van creciendo con el desarrollo del fruto.

Al desarrollarse las lesiones se tornan de coloración parda clara u oscura y presentan alrededor un anillo rojizo, al unirse las lesiones pueden cubrir la mitad o hasta la totalidad del fruto el cual puede presentar un color pardo oscuro, de apariencia seca. Al afectar los frutos verdes causa madurez prematura ocasionando su caída.

Debido a la fuerte adherencia de la pulpa (exocarpo) a los tejidos internos del grano (endospermo), los granos pueden ser parcial o totalmente afectados, dificultando el proceso de despulpe, lo que es catalogado como un café de calidad inferior con menor peso y baja calidad de bebida.

TRANSMISIÓN

El hongo se puede transmitir por medio de las esporas (conidios) que son arrastrados por el viento (principalmente durante el día) y también puede ser dispersado por el salpique de las gotas de lluvia y por el ser humano, con el movimiento de los trabajadores y por maquinas utilizados en el campo y viveros. El hongo puede sobrevivir sobre las hojas durante 36 días.

INFECCIÓN

La penetración del hongo es directa en las hojas más jóvenes, mientras que para que se produzca en hojas más viejas es necesaria la presencia de heridas. El periodo de incubación del hongo está inversamente relacionado con la temperatura. El desarrollo de la enfermedad es favorecido por la alta humedad, temperatura elevada y estrés hídrico después de la floración.

GERMINACIÓN DEL PATÓGENO

Como se sabe la germinación de las esporas se produce de forma directa, emitiendo uno o varios tubos germinativos.

El proceso de germinación de las esporas fúngicas se inicia, al igual que en las semillas de las plantas, con la hidratación y aumento de volumen de la espóra, la hidrólisis de las reservas energéticas endógenas y la síntesis de proteínas y materiales estructurales de membrana y pared necesarios para la formación y elongación de los tubos germinativos.

El hongo *Cercospora coffeicola* inicia a partir de esporas que germinan sobre los tejidos que comienzan a desarrollarse en la planta atacando las hojas jóvenes ingresando por las estomas del envés y por la partícula epidermal en el haz, posteriormente el hongo se desarrolla sobre el parénquima foliar.

REPRODUCCIÓN

La *Cercospora coffeicola* es un *Deuteromycetes* ósea un hongo imperfecto ya no se conoce en ellas la fase sexual de reproducción.

Por ellos estos hongos se reproducen de manera asexual al producir esporas.

MEDIDAS FITOSANITARIAS

CONTROL CULTURAL

Dentro de un esquema de manejo integrado de la mancha de hierro se sugiere que las plantaciones se mantengan con adecuada nutrición, principalmente de nitrógeno y potasio. Es necesario que periódicamente se realicen análisis de suelo para determinar

el régimen de fertilización adecuada. Otra práctica de sanitización y manejo de residuos es que después de podar las plantas se deben remover los residuos del campo, con la poda se debe hacer un manejo uniforme de la sombra para evitar problemas de enfermedad.

Así mismo, durante el establecimiento del cultivo se debe evitar elegir elevaciones muy altas con alta humedad para evitar la presencia de la enfermedad, los surcos deben ser perpendiculares a los vientos prevalentes para permitir la aireación después de la lluvia. Las densidades de plantaciones deben ser razonales y no intercalas con otra especie de *Coffea*.

CONTROL BIOLÓGICO

Existen pocos estudios relacionados con el control biológico de *Cercospora coffeicola*, señala el uso de *Trichoderma harzianum* para bajar poblaciones y el uso de *Bacillus sp.*

CONTROL GENÉTICO

El Instituto Agronómico de Campinas (IAC) desarrollo la variedad enana IAC Catuaí SH3 que es resistente a varias razas de roya y *Cercospora coffeicola*, la variedad deriva del cruce de los cultivares Catuaí Vermelho IAC 60 y el AIC 1110-8, introducidos en 1967.

Un trabajo realizado en 1981 donde evaluó la respuesta de 3 especies de *Coffea* ante *Cercospora coffeicola* señala que *C.canephoraes* más resistente, *C. libericaes* tolerante y *C. arabicamostro* alta variabilidad.

CONTROL QUÍMICO

Se sugiere para el control de mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en semillero el producto benomilo en hasta 3 aplicaciones con intervalos de dos semanas. También se puede utilizar Oxiclورو de cobre conforme lo autorizado para cada formulación química. Hay numerosos reportes del uso de fungicidas, Costa Rica, India, Malawi, Nicaragua y El Salvador han utilizado para el control benomilo, caldo Bordeaux, sulfato de cobre tribásico y acetato fentin.

DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS

Existen varios métodos para desinfectar las herramientas, utilizando medios físicos o químicos. En la primera categoría entra el uso del calor húmedo y el calor seco y en la segunda el empleo de Cloro, formalina, alcohol etílico y esterilizantes quirúrgicos en frío.

La aplicación de calor húmedo puede hacerse valiéndose del vapor o de agua hirviendo. El agua en estado de vapor se puede generar en pequeñas calderas, pero este medio es poco práctico en la mayoría de las colecciones. Sin embargo, el uso de agua hirviendo es más factible e igualmente eficiente, si se emplea de una forma apropiada. El punto de ebullición del agua anda alrededor de los 100 °C, pero a esa temperatura aún existe la posibilidad de que algún virus o viroide sobreviva, por lo que se recomienda colocar la herramienta en agua hirviendo por espacio de tres minutos y luego pasarla de golpe a otro recipiente con agua fría. Esto se hace con el fin de dar un choque térmico, capaz de desnaturalizar los posibles patógenos adheridos a la superficie de las herramientas. Si se desea un mejor resultado puede hacerse este procedimiento dos veces consecutivas.

El calor seco puede suministrarse mediante el empleo de quemadores de gas, lámparas de alcohol, encendedores o cualquier otro aditamento que produzca una llama estable y controlada. Para desinfectar la herramienta lo que se hace es colocarla sobre la llama por uno o dos minutos, moviéndola para que el calor se distribuya homogéneamente sobre la superficie que se desea tratar. Una variante de este método consiste en tomar la herramienta contaminada y sumergir la parte sucia en alcohol de fricciones y luego acercarla a la llama, para que se flamee la superficie. Esta forma es más rápida, pero se debe tener el cuidado de no quemarse la mano pues el alcohol flameado corre con rapidez por la herramienta y puede alcanzar los dedos.

El uso de agentes químicos como el hipoclorito de sodio, más comúnmente conocido como cloro, es muy práctico. El cloro comercial que venden en los supermercados viene formulado en varias concentraciones que van desde el 2,0% al 5,0% (aproximadamente) y varían bastante en cuanto a precio, principalmente por el contenido de hipoclorito de sodio. Sea cual sea la marca que se escoja, debe diluirse al 1,0 % y sumergir el instrumento a desinfectar por espacio de dos a tres minutos. Períodos más prolongados no aumentan la eficiencia y pueden deteriorar las

herramientas por la alta capacidad de oxidación de este producto. Además, algunas personas pueden sufrir molestias en la piel cuando están en contacto con el cloro, razón por la cual deben usar guantes. Otra desventaja del cloro es que causa severas decoloraciones en la ropa, por eso cuando se emplea debe usarse vestimenta de trabajo.

La formalina al 10 % es un desinfectante agrícola que se ha usado mucho, pero tiene tres grandes desventajas: deteriora las herramientas, es irritante en la piel y mucosas y es cancerígeno, por lo que no es recomendable usar este producto.

El alcohol etílico, puede usarse a 75° o a 95°. Sin embargo, es más económico y práctico usar el de 75, también conocido como alcohol de fricciones. Este desinfectante se consigue con facilidad en las farmacias en varias presentaciones y actúa muy bien en la eliminación de posibles patógenos adheridos a las herramientas. La forma más común de empleo es sumergirlas por un período de al menos cinco minutos. Si se desea mejorar su efecto puede flamearse el instrumento al sacarlo del alcohol, teniendo el cuidado de no hacer este proceso cerca del recipiente que contiene el etanol.

MARCHITAMIENTO VASCULAR:

FUSARIUM OXISPORIUM

ENFERMEDAD: MARCHITAMIENTO VASCULAR

FUSARIUM OXYSPORUM

Es una especie de hongo causante de la enfermedad de Panamá en los bananeros y de más de un centenar de enfermedades en otras tantas especies vegetales. Coloniza los conductos xilemáticos de la planta, bloqueando y tapando los vasos, lo que determina la aparición de síntomas de marchitamiento de hoja, amarilleo y eventualmente necrosis y muerte total de la planta. El interés en *Fusarium oxysporum* como pesticida comenzó desde el mismo momento de su descubrimiento en los 1960s, agente causante de la destrucción de la coca en Hawaii.

El gobierno de EE. UU. se involucró en un programa controvertido de uso de *Fusarium oxysporum* (el agente verde) para el Plan Colombia de erradicación de coca en Colombia y otros países andinos, pero debido a las graves implicaciones del plan, fue cancelado durante la administración de Bill Clinton, por el uso unilateral de un agente biológico, percibido como guerra bacteriológica. Las naciones andinas prohibieron su uso también. El uso indiscriminado de agentes biológicos para matar cultivos es potencialmente ilegal bajo la Convención de prohibición de armas biológicas.



HISTORIA

Gros Michel fue un exportador de cultivares de banana. Y esos cultivares llevaron también la enfermedad en los 1950s; apareciendo primero en Surinam, luego al Caribe, y a Honduras, que era el productor mundial mayor de bananas en ese tiempo. Luego se descubrió que el cultivar vietnamita Cavendish es resistente al patógeno. Pero requiere más cuidados en su manipuleo, y es de menor calidad.

Recientemente, una nueva raza raza tropical 4 enfermedad de Panamá ataca al cultivo Cavendish de banana en Asia. Debido al volumen de mercado internacional, los

productores bananeros esperan que esa raza se expanda por África, Sudamérica y el Caribe.

Los mejoradores y genetistas tratan de desarrollar nuevos cultivares resistentes a las nuevas razas de la enfermedad de Panamá. Desafortunadamente, el sistema de



reproducción asexual hace decrecer las variaciones genéticas dificultando los progresos.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE FUSARIUM OXYSPORUM

2.

Taxonomía

<i>Reino:</i>	Fungi
<i>División:</i>	Deuteromycota
<i>Clase:</i>	Sordariomycetes
<i>Orden:</i>	Hypocreales
<i>Familia:</i>	Nectriaceae
<i>Género:</i>	<i>Fusarium</i>
<i>Especie:</i>	<i>F. oxysporum</i>

CONDICIONES PARA SU PROLIFERACIÓN

Fusarium oxysporum, habita en el suelo y desde ahí se transmite. Puede sobrevivir hasta tres años y se puede hospedar en residuos de cultivo o plantas vivas enfermas. También se puede transmitir o infestar predios si se compran plántulas ya infectadas, semilla contaminada o estacas utilizadas para realizar tutoreo. Este patógeno es de clima cálido, y se desarrolla óptimamente a 28 °C. Temperaturas más cálidas o frías pueden hacer más lenta su proliferación. De igual forma, suelos con pH ácido y de textura arenosa son preferidos por este patógeno, al igual que condiciones de humedad en el suelo.

CONDICIONES PARA SU PROLIFERACIÓN

Las condiciones de alta humedad y temperaturas de suelo de alrededor los 20 °C fomentan la enfermedad. Este patógeno habita en el suelo, en restos de cultivo y plantas vivas, entre otros, y de este modo se disemina. La maquinaria agrícola también puede acarrear el inóculo de esta enfermedad.

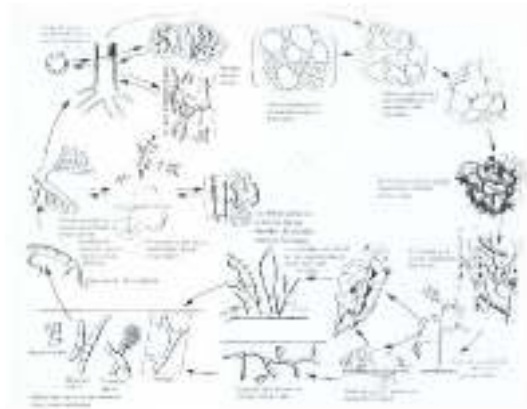
CICLO DE VIDA Y FORMA DE INFECCIÓN DE FUSARIUM

El hongo habita en el suelo en forma de micelio o en cualquiera de las formas de esporas, aunque mayormente sobrevive en forma de clamidosporas. Se propaga muy fácilmente a través del agua y de los implementos agrícolas contaminados. Cuando un suelo ha sido infectado por *Fusarium*, puede permanecer en él por tiempo indefinido. Por esta razón, la rotación de cultivos no es un método eficiente para escapar del ataque del hongo.

Los tubos germinales de las esporas, o el micelio del hongo penetra en las raíces o a través de heridas (causadas por implementos, nematodos, etc.). Así, el micelio se propaga entre las células a través de la corteza de la raíz y, al llegar al xilema (transporta agua de forma ascendente por la planta), penetra en este por medio de las pateaduras.

Dentro del xilema, el micelio del hongo se ramifica y produce microconidios que son llevados hacia la parte superior de la planta, infectando tallo y ápice. Una vez alcanzado el punto donde termina el movimiento ascendente, el micelio penetra la pared superior de los vasos y produce más microconidios en los otros vasos, para avanzar lateralmente por la planta.

Ciclo de vida de Fusarium



IMG. EXPLICACIÓN DEL CICLO DE VIDA, DE *Fusarium oxysporum*

MARCHITAMIENTO VASCULAR DEL TOMATE *Fusarium oxysporum*

CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD:

Esta enfermedad se encuentra distribuida en todo el mundo causando grandes pérdidas en el cultivo de tomate. El hongo sobrevive en restos de cultivo de una temporada a otra y posee estructuras de resistencia que le permiten perdurar en el suelo por espacio de 6 años. Es favorecido por temperaturas cálidas (20°C) asociada a alta humedad relativa. El hongo penetra en la planta a nivel del suelo ya sea por el tallo o raíces superficiales, luego por los haces vasculares es trasladado a toda la planta. Existen tres razas del hongo numeradas del uno al tres, esto obedece al orden cronológico en que fueron descubiertas. El manejo de esta enfermedad es basado en la siembra de variedades resistentes.

ORGANISMO CAUSAL

El organismo causal es el hongo perteneciente a la clase deuteromycete denominado *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici*. Este presenta numerosas estructuras llamadas esporodoquios donde se agrupan las esporas. Existen dos tipos de conidios, los macroconidios que son hialinos, tabicados, generalmente con tres tabiques y microconidios más pequeños hialinos, unicelulares. Posee células de paredes engrosadas que actúan como estructuras de resistencias denominadas clamidiosporas pueden ser terminales o intercalares.



Macro y micro conidias de *Fusarium oxysporum*

SINTOMAS

Lo primero que se observa a campo es un amarillamiento en las hojas básales posteriormente se marchitan se secan, pero permanecen adheridas a la planta. Esta sintomatología va progresando hacia la parte superior de la planta a veces sólo toma un sector de la misma. Al comienzo las plantas muestran marchites en las horas más calurosas del día recuperándose al final del mismo, pero finalmente se marchitan y mueren. Las raíces principales y la base del tallo presentan necrosis vascular. Cuando se corta el tallo se observa el sistema vascular de color marrón.



En algunos casos se observa la mitad de la planta tomada



Plantas marchitas por *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*



Las hojas se secan y permanecen adheridas a la planta.



Al cortar el tallo se observa los haces vasculares de color marrón

CICLO DE LA ENFERMEDAD:

Fusarium oxysporum f.sp lycopersic. Es un patógeno de tomate, la bibliografía cita también a otras solanáceas como huésped de este hongo. Sobrevive en restos vegetales o como clamidiosporas en el suelo que perduran por varios años. La transmisión a distancia se da mayoritariamente por semilla, plantines infectados y maquinaria. Localmente se propaga por agua de riego o aire, así como trasplante con material afectado

CONDICIONES FAVORABLES:

Es un hongo de temperatura cálidas el desarrollo óptimo se presenta a 20 °C el rango va de 12 a 28°C. Esta temperatura acompañada de alta humedad relativa, días cortos de baja intensidad lumínica favorecen el desarrollo de la enfermedad. Otros factores son los suelos ácidos, arenosos, con bajo pH, pobres en nitrógeno y alto suministro de potasio.

Las heridas ocasionadas a las raíces por maquinaria o nematodos como es el caso de *Melodogyne incognita* aumentan la susceptibilidad al marchitamiento y favorece el desarrollo del hongo.

MANEJO DE LA ENFERMEDAD:

Luego que el hongo penetra al tejido vegetal, no existe control químico efectivo para esta enfermedad. La utilización de variedades resistentes es la medida más adecuada para el manejo de *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici*. En el mercado existen variedades con resistencia a las razas 1 y 2 y en menor proporción a la raza 3. Esta resistencia puede perderse cuando se producen heridas ya sea por nematodos o por el laboreo. Por lo tanto, el suelo libre de nemátodos, así como evitar la rotura de raíces al laborear el suelo contribuirán a mantener la sanidad del cultivo. Las plantas enfermas deben eliminarse lo más pronto posible a efectos de reducir el inóculo. Las rotaciones

con cultivos no huéspedes como el caso de lechuga, acelga. entre otros son necesarias para el manejo adecuado de la enfermedad.

ESTRATEGIAS Y PRÁCTICAS DE CAMPO PARA EL MANEJO DE *F. oxysporum*

Una problemática que se ha presentado en la mayoría de los sistemas productivos es la resistencia que adquieren los patógenos a los fungicidas, obligando al productor a usar dosis más altas o productos con categoría toxicológica alta, ocasionando aumento en los costos de producción y mayor contaminación ambiental. Es necesario entonces tener alternativas de control, libres de químicos y que tengan en cuenta nuestro medio ambiente. A continuación, se describen algunas estrategias de control para disminuir la incidencia de la marchitez vascular, empezando por labores culturales, pasando por el control biológico y finalizando por el control químico, el cual debe ser el último recurso para controlar esta enfermedad.

CONTROL POR EXCLUSIÓN

Es el primer paso y más importante, en donde se recomienda:

- No sembrar en suelo donde la enfermedad haya presentado alta incidencia.
- Sembrar material vegetal libre de la enfermedad. Estrategias de control biológico de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de uchuva 25 La importancia de utilizar material vegetal sano para iniciar las siembras no puede enfatizarse lo suficiente, ya que la mejor manera de diseminar muchas plagas y enfermedades es a través de este. Si bien en la actualidad no se ha registrado material resistente o tolerante a *F. oxysporum*, se puede obtener material libre de este patógeno en laboratorios de micropropagación vegetal especializados.

MONITOREO

Si se detecta a tiempo la enfermedad, es más fácil controlar su diseminación; así, un buen programa de monitoreo requiere:

- Recursos humanos – Personal entrenado que pueda detectar e identificar el problema en el campo.

- Mapeo - Identificación de áreas afectadas (focos) por la marchitez vascular.
- Recolección de información – determinación de la incidencia y severidad.
- Evaluación y toma de decisiones – cuándo y dónde aplicar medidas de control, desde “ninguna acción” hasta la aspersión de control químico.

CONTROL CULTURAL

Son varias las prácticas que pueden restringir o retardar la diseminación de la enfermedad, de acuerdo con Zapata y colaboradores (2002) entre ellas se encuentran:

- Distancias de siembras amplias (3 x 3 m o 3 x 2,5m).
- Rotación de cultivos sin solanáceas u otras especies que sean afectadas por este patógeno.
- Amarre en “V” con el fin de que la planta tenga suficiente aireación.
- Mantener la zona del cultivo limpio.
- Restringir el paso de operarios y vehículos entre zonas enfermas y sanas.
- Cuando una planta se encuentre severamente afectada por la marchitez vascular se debe retirar y eliminar cuidadosamente sin disturbar el suelo o contaminar otras plantas. Tratar el suelo con cal.
- Manejar la fertilización, control de pH (el pH alcalino detiene la colonización del hongo).

CONTROL FÍSICO

Los controles físicos incluyen todas aquellas barreras o tratamientos no químicos que reducen, previenen o eliminan la enfermedad:

- Tratamiento con vapor, es una excelente opción y es económicamente viable si la incidencia de enfermedades baja. Los focos de infección deben tratarse durante más tiempo.
- Desinfestación de calzado, herramientas y otros con hipoclorito de sodio.
- Solarización del suelo.

CONTROL QUÍMICO

En la actualidad no existen productos químicos registrados para el control de la marchitez vascular, no obstante, la mayoría de los productores utilizan varios ingredientes activos en rotación o en mezcla para controlar la enfermedad como: Carbendazim, Polietoxi Etanol, Carboxin y Thiram.

El uso de estos productos químicos aumenta los costos de producción, más aún cuando no se tiene la seguridad de un control eficiente del fitopatógeno; además ocasionan daño al medio ambiente, afectando negativamente la fauna benéfica.

Al utilizar estos productos, siempre se deben observar precauciones y estándares de protección a la salud, incluyendo un período adecuado de reentrada.

La aplicación de estos productos – como la de cualquier otro plaguicida – debe llevarse a cabo utilizando máscaras de gases, guantes, overol y otros elementos de protección. Es preciso leer siempre cuidadosamente la etiqueta que acompaña a los productos, ya que esta contiene recomendaciones, dosis sugeridas, procedimientos de emergencia y otra información importante.

CONTROL BIOLÓGICO

La actividad biocontroladora de hongos y bacterias frente a varios fitopatógenos cada vez es más reconocida a nivel mundial, puesto que existen microorganismos en la filosfera, espermosfera, frutos y suelos con actividad antagónica frente a fitopatógenos. Estos organismos disminuyen la incidencia de la enfermedad por varios mecanismos; algunos de estos son antibiosis, competencia por espacio o nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia.

**EMÁTODO BARRENADOR DEL
PLÁTANO:
*RADOPHOLUSSIMILIS***

NEMÁTODO BARRENADOR DEL PLÁTANO

ORIGEN Y DISTRIBUCION.

El origen de las musáceas es el suroeste asiático. Se cree que el genoma Balbisiana se originó en la costa este de la India y el genoma Acuminata en la costa este de lo que actualmente es Malasia, Tailandia y Myanmar.

Las condiciones ecológicas donde se originaron las musáceas fue bajo el sotobosque por lo que esta especie se considera como umbrófila, es decir que necesitan algo de sombra para el normal desarrollo. Es por esta razón por la cual la planta de plátano no cierra totalmente sus estomas en las horas de mayor temperatura diurna y debe replegar sus dos semifolículos para evitar mayor deshidratación.

En 1516, los europeos lo introdujeron en América y las Antillas. En la actualidad es un cultivo de amplia distribución por su adaptación, tanto en los trópicos como subtropicos. Sin embargo, las mayores plantaciones comerciales se encuentran en los trópicos húmedos. Los países africanos como Uganda y Ruanda son los mayores productores de plátano en el mundo.

IMPORTANCIA ECONOMICA.

En El Salvador, el área estimada de siembra de este cultivo es de aproximadamente 2,702 manzanas, con una producción de 44,247.4 Tm. de frutas, lo cual no satisface la demanda interna ya que para 2016 se tuvo que importar 84, 075,438 kg., representando una fuga de divisas de (U.S. \$6, 944,573), según Anuario Estadístico 2016-2017 del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

TAXONOMIA.

Musa paradisiaca es obtenida horticulturalmente a partir de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticamente puros de estas especies. Fue clasificado originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisiaca* en 1753, La clasificación taxonómica se detalla a continuación:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Genero	<i>Musa</i>
Especie	<i>paradisiaca</i>

VALOR NUTRITIVO DE LA FRUTA DEL CULTIVO DE PLATANO.

Potasio	370 miligramos
Calcio	8 miligramos
Fósforo	26 miligramos
Magnesio	33 miligramos
Sodio	1 miligramo
Hierro	0.7 miligramos
Cobre	0.11 miligramos
Manganeso	0.13 miligramos
Zinc	0.15 miligramos
Selenio	0.95 miligramos
Cromo	0.015 miligramos

Treonina	13 unidades
Isoleusina	38 unidades
Leusina	32 unidades
Lisina	53 unidades
Fenilalanina	46 unidades
Tirosina	44 unidades
Valina	29 unidades
Metionina	45 unidades
Grasas	0.2 gramos
Carbohidratos	22 gramos
Fibras naturales	0.5 gramos
Agua	75%

Fuente: SAGARPA.

FIBRA: contiene fibra soluble e insoluble. En el caso de la fibra soluble, se encuentra almidón resistente tipo 2. Una vez cocido, la mayor parte del almidón se vuelve digerible como resultado de la gelatinización. Si se guarda en la nevera, el almidón se retrograda y se vuelve almidón resistente tipo 3, alimento beneficioso para la microbiota (efecto prebiótico), como ocurre con la patata cocida y enfriada.

MINERALES: es uno de los alimentos más ricos en potasio, importante para restaurar el equilibrio entre sodiopotasio y evitar la presión arterial alta. También tiene bastante magnesio, que regula la formación ósea, ayuda al buen funcionamiento del corazón y los músculos.

Vitamina A	190 unidades
Vitamina C	10 miligramos
Vitamina E	0.45 unidades
Vitamina K	2 miligramos
Vitamina B6	0.6 miligramos
Tiamina	0.05 miligramos
Riboflamina	0.06 miligramos
Niacina	0.7 miligramos
Folacina	28 miligramos
Ac. Pantotenico	0.25 miligramos
Biotina	4.4 miligramos

VITAMINAS: destaca en vitamina C, antioxidante que combate los radicales libres y que protege del envejecimiento y ayuda a reparar los tejidos. También tiene vitamina A, antioxidante protector de la piel y la vista, y vitamina B6, implicada en el sistema nervioso e inmunidad.

BOTANICA DE LA PLANTA

PLANTA Es de tipo herbáceo gigante, el tallo verdadero es un órgano de reserva subterráneo llamado rizoma o cormo y el tallo aparente es un pseudotallo, que es el resultado de la unión de las vainas foliares. Puede medir de 3 a 6 metros de altura.



RAÍCES Son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. El poder de penetración de la raíz es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo.

HOJAS Muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de 0.50m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

TALLO El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado.

A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

FLORES Las flores son amarillentas, irregulares y con 5 estambres fértiles y uno estéril.

FRUTO El fruto es una valla alargada de tres o seis lados, con un grado de encurvamiento y longitud que varía según la variedad, éste se forma a partir del ovario de una flor pistilada. Los pequeños puntos que se observan al abrir el fruto son los óvulos abortados que se ponen negros.

ASPECTOS FENOLÓGICOS

El Plátano es una planta herbácea, que comprende tres fases: Vegetativa, Floral y de Fructificación.



FASE VEGETATIVA

Tiene una duración de 6 meses y es donde en su inicio ocurre la formación de raíces principales y secundarias, desarrollo de pseudotallo e hijos.

Ocurre desde la emisión de raíces hasta los 6 meses después, formando raíces principales y secundarias, alcanzando hasta 4 metros en forma horizontal. Las raíces principales se ramifican en secundarias y emiten pelos absorbentes, estas se localizan entre 20-25 cm. de la base de la planta a una profundidad de 10-15 cm.



FASE FLORAL

Tiene una duración aproximada de tres meses, a partir de los seis meses de la fase vegetativa. El tallo floral se eleva del corno a través del pseudotallo y es visible hasta el momento de la aparición de la inflorescencia, en este momento falta que se desarrollen de 10 -12 hojas.



FASE DE FRUCTIFICACIÓN

Tiene una duración aproximada de tres meses y ocurre después de la fase floral, en esta fase se diferencia las flores masculinas y las flores femeninas (dedos). Hay una disminución gradual del área foliar y finaliza con la cosecha. El tiempo desde el inicio

de la floración a la cosecha del racimo es de 81 a 90 días; en esta fase los factores adversos solo influyen en el tamaño de los frutos, la cantidad de frutos fue dada en las dos fases anteriores. Los factores adversos que influyen son la sequía, la defoliación, las bajas temperaturas, la luz y el viento.



FACTORES AMBIENTALES

Entre los factores ambientales que influyen en la producción comercial del plátano se encuentran: temperatura, agua, luz, viento y suelo.

ALTITUD Lo ideal es de 20 – 600 m.s.n.m. A mayor altitud se alarga el ciclo del biológico. De 70-100 metros en altura puede alargarse ciclo biológico en 45-76 días.

TEMPERATURA La temperatura óptima se encuentra entre los 20° y 30° C. Inferiores a 20°C y mayores de 30°C provocan un retardo en el desarrollo fisiológico. Con temperaturas menores de 10°C, el crecimiento se detiene, el látex del pericarpio se coagula y toma una pigmentación café claro; además los frutos no maduran en forma normal. Alta temperaturas con intensidad de radiación puede ocasionar quemaduras en plantas en desarrollo.

AGUA La planta está constituida de 85-90% de agua y la transpiración es muy alta. Este cultivo requiere cantidades abundantes de agua para su buen desarrollo, por lo que se recomienda sembrarlo en zonas cuya precipitación oscile entre 1,500 a 2,500 mm., distribuida en todo el año. Las necesidades mensuales de agua son de 150 a 180 mm.

RADIACIÓN Necesita alta luminosidad para el buen desarrollo, al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga hasta 14 meses. Al contar con 2,000 y 10,000 lux (hora luz/año) aumenta rápidamente la actividad fotosintética.



Hojas de plátanos dañadas por radiación y altas temperaturas.

HUMEDAD RELATIVA Debe ser adecuada (75-80 %), aunque afecta al cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso.

LUMINOSIDAD La luz existente en el trópico es suficiente para el cultivo, pero es factor importante, entre otros, para el desarrollo de las yemas o brotes laterales, por lo que cortas distancias de siembra afectan el crecimiento de éstas y prolonga el ciclo vegetativo.

VIENTO No se recomienda establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos mayores de 20 km/h., ya que dañan hojas ocasionando leves desgarres que no afecta el rendimiento, pero al tener mala nutrición la planta cae (Figura 8). Vientos con una velocidad mayor a los 50 km/h produce doblamiento de la planta, fuertes desgarres en las hojas causando pérdidas del 60 al 100%. Se estima una pérdida de cosecha del 20 al 30% por efecto de vientos (estimación a nivel mundial).



Plantas de plátanos dañadas por vientos

SUELOS: Se requieren suelos con profundidad no menor a 1.2 m sin nivel freático o capas endurecidas, y sin problemas internos de drenaje. Los más aptos son: textura franca para retener la humedad, también suelos arcillosos pueden ser adecuados si tienen una estructura migajosa o granular, ya que la textura está ligada a la estructura del suelo. Las texturas más recomendables son desde franco arenosas hasta francos arcillosos. El porcentaje de arcilla no debe ser mayor del 40% ni menor al 20%. El pH ideal es de 5.5 a 7.0 y ricos en materia orgánica.

PRINCIPALES CULTIVARES

Los cultivares de Plátano que más se siembran en el país son:

PLÁTANO CRIOLLO O USULUTÁN

Se caracteriza por su alto vigor, alcanzando una altura que oscila entre 3.5 a 4.0 m, diámetro de pseudotallo de 0.20 0.22 metros, racimos cortos con un número promedio de 27 a 30 frutos y un peso de 12 - 16 kg. La inflorescencia masculina (Pichota) se atrofia y desaparece conforme va madurando el racimo. Este cultivar es muy susceptible a la Sigatoka negra, resistente al transporte y de buenas características culinarias.

PLÁTANO CUERNO ENANO

La planta tiene una altura media de 2.50 m, es resistente al acame causado por el viento. Diámetro de pseudo tallo mayor de 0.25 metros, con abundantes hojas anchas. Los racimos son cortos, un estimado de 41 frutos por racimo, con promedio de 13 kg de peso por racimo, de buen sabor y excelente calidad. El período de floración a cosecha es de 80- 85 días. La cosecha se inicia entre 10 - 11 meses después de la siembra. Esta variedad es la más cultivada en el país.

SIEMBRA

PREPARACIÓN DEL TERRENO Una vez seleccionado el terreno, se pueden considerar las siguientes recomendaciones: control de malezas (manual, mecánico o químico), preparación del suelo, con arado de 40 cm de profundidad y rastra 8 días después para desmenuzar terrones e incorporar rastrojos. Luego efectuar el estaquillado.

SELECCIÓN DE MATERIAL DE SIEMBRA La producción promedio de plátano se puede mejorar considerablemente, si se realiza una adecuada selección de semilla (cormo o rizoma). Esta debe estar libre de plagas y enfermedades, además de reunir ciertas características en cuanto a tamaño y calidad.

TIPOS DE SEMILLA DE SIEMBRA

- **RIZOMAS DE PLANTA ADULTA** Son aquellos cormos originados de plantas que han sido cosechadas. Se considera el material menos adecuado, ya que el manejo y transporte se complica debido a su peso y tamaño; además este método produce plantas relativamente débiles.
- **HIJOS DE ESPADA** Es un material adecuado, preferiblemente hijuelos de 1.00 metro de altura, con la base ancha y vigorosa. El principal inconveniente es el mayor costo de transporte.
- **RIZOMAS DE PLANTAS JÓVENES O NO MADURAS** Este material de siembra posee alta reserva nutricional, la planta joven debe tener un diámetro mínimo de pseudotallo de 5 centímetros a una altura de 20 centímetros del suelo y tener de 2-3 yemas bien desarrolladas.

REPRODUCCIÓN IN-VITRO Es la manera más moderna y efectiva de propagación, volviéndose la mejor opción para una nueva plantación, llevando al campo plantas de alta calidad genética, vigorosas, uniformes, con alto potencial de rendimiento, libre de plagas y enfermedades, además de su fácil establecimiento. Esta reproducción se origina en el laboratorio de biotecnología, que ha desarrollado la micropropagación in vitro, a partir de explante inicial provenientes de hijos de espada, que son seleccionados y colectados del banco de yemas en campo por sus características sobresalientes como vigorosidad y libre de patógenos. Una vez en laboratorio se aíslan los explantes y se proporciona artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial de regenerar una planta nueva; posteriormente se realiza una fase de multiplicación y finalmente una de aclimatación de las plantas provenientes del laboratorio en un invernadero para su desarrollo y siembra definitiva en campo.

PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SEMILLA

La Semilla (rizoma), debe ser pelada, eliminando la tierra adherida a ella, raíces y todo tejido dañado por picudo u otros insectos. Debe ser desinfectada para que quede libre de patógenos. Inmersión de la semilla por 5-10 minutos en una mezcla de insecticida – nematicida botánico por ejemplo: extractos de *Tagetes erecta* 80% + extracto de algas marinas *Ascophylum nodosum* 10% a razón de 16 cc / litro de agua o realizar una inmersión de la semilla por 10-15 minutos en agua calentada a temperaturas de 56 - 58° C.

Se recomienda plantas producidas en laboratorio (in vitro) por la sanidad y estar libre de plagas y enfermedades. De no poder contar con este material, los rizomas pueden ser utilizados con las recomendaciones mencionadas anteriormente.

PROCEDIMIENTO DE SIEMBRA

Marcar el terreno con estacas, según densidad de siembra. Las dimensiones del hoyo en suelos francos son: 0.40 x 0.40 x 0.40 metros, en suelos francos arcillosos 0.60 x 0.60 x 0.60 metros. En suelos arcillosos agregar 30 lb de materia orgánica mezclado con el suelo. Las cepas, hijos o plántulas deben ser de tamaño uniforme, al aplicar fertilizante colocarlo al fondo del hoyo, el rizoma debe ser cubierto con una capa de 5-10 cm., de suelo y 45 días después realizar resiembra.

ÉPOCAS DE SIEMBRA El plátano puede ser sembrado en cualquier época del año, siempre y cuando haya suficiente humedad, ya sea por precipitación pluvial o riego. Se recomienda planificar una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año.

FACTORES QUE DETERMINAN LA MEJOR DENSIDAD DE SIEMBRA

Según las características climáticas y edáficas del área.

- La variedad: considerar las características fenológicas como área foliar, área radical, cantidad y tamaño de los frutos.
- Precipitación adecuada durante todo el año: la densidad de siembra se puede reducir (la planta tiene mayor desarrollo).

- En áreas con escasas o excesivas lluvias la densidad es mayor.
- Los suelos francos y fértiles plantar con menor densidad, suelos livianos, franco limoso, franco arenoso entre otros con mayor densidad.
- Considerar el deshije para determinar la población efectiva por unidad de área, se recomienda el sistema madre, hija y nieta.
- La densidad puede aumentar si la plantación tendrá una duración productiva corta.

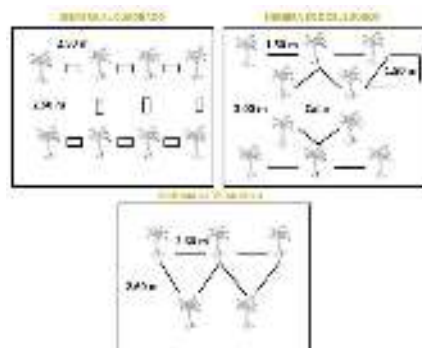
DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra, el arreglo espacial y su mantenimiento inciden directamente en los rendimientos. Existen diferentes configuraciones o arreglos espaciales para la siembra: cuadrado, hexagonal o triángulo y doble surco.

SIEMBRA EN CUADRO Es el sistema de siembra tradicional usado por la mayoría de los productores. El distanciamiento generalmente empleado es de 2.5 x 2.5 m, o de 3.0 x 3.0 m, para alcanzar una población inicial de 1100 y 770 plantas por manzana, respectivamente.

SIEMBRA HEXAGONAL, O TRIÁNGULO EQUILÁTERO Este sistema permite más plantas por área. Con distanciamiento de 2.6 m, entre plantas, se tiene una población de 1720 plantas por manzana.

SIEMBRA EN DOBLE SURCO Consiste en sembrar dos hileras bastante cerca una de otra y dejando un espacio bastante amplio entre doble hilera. Se recomiendan distanciamientos de 1.5 x 1.5 x 3 m, o de 1.10 x 1.10 x 3 m, para obtener una población inicial de 2,333 y 3,030 plantas por Manzana.



SEMBRA EN CUADRO		SEMBRA EN TRIANGULO		SEMBRA EN DOBLE SURCO	
Distanciamiento (m)	Plantas/hectáreas	Distanciamiento (m)	Plantas/hectáreas	Distanciamiento (m)	Plantas/hectáreas
2.50m x 2.50m *	1,600	2.60 / planta	1,720	1.50m x 1.30m x 3.0 m	2,963
2.50m x 3.00m	1,333			1.10m x 1.10m x 3.0 m	4,444
3.00m x 3.00m	1,111				
*Es el más recomendado por cantidad de unidades y facilidad del manejo		Más unidades por área y produce altos rendimientos		Permite mayor densidad entra maquinaria, facilita cosecha y manejo de enfermedades. Desventaja: mantenimiento de hileras (deshierbe más riguroso)	

CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se puede realizar de forma mecánica o química, generalmente una combinación de ambas es lo más adecuado. Entre los herbicidas generalmente empleados se encuentran a manera de ejemplos, los siguientes:

- Fluazifop-P-Butil 12.5 EC: Es un herbicida sistémico post-emergente, efectivo para gramíneas. La dosis varía de 1.0 – 2.0 lt por manzana.
- Glifosato 35.6 SL: Es un herbicida sistémico post- emergente, efectivo para gramíneas de difícil control y para malezas de hoja ancha. La dosis varía de 0.75 – 3.0 lt/mz.

FERTILIZACION:

Para una adecuada fertilización realizar muestreo de suelos para análisis en el laboratorio. Los elementos mayores más requeridos son: nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio.

NITRÓGENO Está relacionado con el crecimiento y producción de materia vegetal. Su deficiencia disminuye el crecimiento de la planta, el número y tamaño de las hojas, adquiriendo un color verde pálido, reduce la distancia entre hojas en el pseudotallo aparentando un arrosado o arrepollamiento. Un exceso de nitrógeno produce plantas muy desarrolladas con hojas verde oscuro; sin embargo la fruta no llena totalmente, los frutos son más delgados y el peso del racimo es menor.

FOSFORO Es importante en la formación de raíces y del racimo, sus deficiencias son difíciles de detectar en campo; sin embargo, disminuye el ritmo de producción de hojas, las cuales se presentan muy verdes con clorosis marginal, seguida de una necrosis. Ocurre achaparramiento de la planta. La deficiencia de fosforo reduce drásticamente el crecimiento, el número de sus hojas, su intervalo de emisión se alarga llegando posteriormente a la muerte prematura.

POTASIO Junto con el nitrógeno es el elemento más importante en el cultivo

de plátano, interviene en el equilibrio hídrico de la planta y del fruto; éste puede contener hasta 350 miligramos de potasio, así gran cantidad de este elemento es extraído en la cosecha, por lo cual es necesario adicionarlo al suelo a través del fertilizante. Cuando el potasio es deficiente, se reduce drásticamente el crecimiento de la planta, el número de sus hojas se reduce y su intervalo de emisión se alarga. En una deficiencia extrema se ponen amarillas los márgenes de las hojas, avanzando hacia la nervadura central, las hojas viejas mueren rápidamente, aparentando una senescencia prematura, adicionalmente el tamaño del racimo disminuye, se afecta la longitud y grosor del fruto, el número de manos se reduce y producen frutos deformes. **MAGNESIO** El magnesio es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas, involucrado activamente en la fotosíntesis, ayuda al metabolismo de los fosfatos y a la activación de numerosos sistemas enzimáticos. Las deficiencias de magnesio aparecen en las hojas más viejas, como halos inicialmente amarillos, luego bronceado y finalmente cafés, distribuidos en la lámina muy cercana al borde. Estas deficiencias se presentan con mayor frecuencia en suelos de textura arenosa y en suelos ácidos.

ANTECEDENTES

R. similis fue observado por primera vez por Nathan August Cobb (el padre de la nematología de Occidente) en julio de 1891 en Nueva Gales del Sur, en raíces necróticas de *Musa sapientum*, provenientes de las islas Fiji. Dos años después (1892), Cobb

nombró al nematodo como *Tylenchus similis* y registró que las hembras no fueron observadas (Cobb, 1892). Posteriormente, en 1915, Cobb recibió cormos de banano Gros Michel infectados con este nematodo enviados desde Jamaica y encontró especímenes adicionales, que fueron usados para realizar una descripción y publicación más completa de la especie (Cobb, 1915; Thorne, 1961).

DISTRIBUCIÓN

Después del primer registro, *R. similis* ha sido encontrado en las regiones tropicales y subtropicales donde crece banano y plátano, excepto en Israel, Islas Canarias, Islas Cabo Verde, Chipre, Creta, Mauricio y Taiwán (Gowen et al., 2005). A pesar de que *Radopholus* es un género originario de Australia y Nueva Zelanda, la especie *R. similis* se encuentra en las áreas tropicales y subtropicales del mundo (Thorne, 1961; Sher, 1968; Román, 1978; Araya, 2003).



R. similis tiene distribución pan tropical. Se lo ha documentado en África, Asia, América, Cuba, Australia y varios países de la costa del mar Mediterráneo.

NOMBRE DE LA ENFERMEDAD:

En el idioma inglés, la enfermedad ocasionada por *R. similis* en plátano y banano es conocida como “Burrowing nematode disease, Nematode root rot, Toppling disease, Blackhead disease o Black head toppling disease” (Gowen et al., 2005; Brooks, 2008; APS, 2011); en español se conoce con los nombres de “Cabeza negra o volcamiento” (Figura 2) (Román, 1978) y Arranque (Grisales & Lescot, 1999).



Fig. 2- A enfermedad cabeza negra, 2-B volcamiento de plantas ocasionado por *R. similis*

UBICACIÓN TAXONÓMICA

Según Thorne (1961) y Siddiqi (2000), *R. similis* pertenece al Phylum *Nematoda Rudolphi*, 1808, Clase *Secernentea* (von Linstow, 1905) Dougherty, 1958, Orden *Tylenchida* Thorne 1949, Superfamilia *Tylenchoidea* Oerley, 1880, Familia *Tylenchidae* Oerley, 1880 y Subfamilia *Pratylenchinae* Thorne, 1949.



BIOLOGÍA

De acuerdo a Blake (1961), Loos (1962), Blake (1966), Román (1978), Kaplan (1994), Sarah et al. (1996), Marín et al. (1998), Sarah (2000), Siddiqi (2000), Nguyet et al. (2003), Araya (2004), Gowen et al. (2005) y Brooks (2008), las principales características del ciclo de vida (Figura 3) y parasitismo de *R. similis* son:

CICLO DE VIDA

1. Como la mayoría de nematodos, los estados de desarrollo de *R. similis* son vermiformes o con forma de lombriz y tienen cuatro estados juveniles (J1, J2, J3 y J4) y el adulto. El estado J1 se desarrolla dentro del huevo, luego muda la cutícula y luego de

8 a 10 días emerge el J2. Los estados J2, J3 y J4 también mudan la cutícula hasta llegar al estado adulto entre 10 y 13 días.

2. El estado J2 y la hembra adulta son infectivos y tienen formas móviles que pueden abandonar las raíces en condiciones adversas, llegando al suelo para parasitar nuevamente raíces sanas. El movimiento de los juveniles y las hembras es estimulado por factores nutricionales, ya que necesitan tejido sano para alimentarse. Después de iniciar su alimentación, *R. similis* completa su ciclo de vida entre 20 y 25 días en los tejidos de las raíces y cormos a una temperatura entre 24 y 32°C; siendo óptima su reproducción entre 25 y 28°C.

3. Los machos de *R. similis* se diferencian de las hembras que son morfológicamente diferentes a ellos, teniendo dimorfismo sexual por caracteres secundarios; esto significa que los machos son diferentes a las hembras especialmente en la región anterior (cabeza) que es elevada (sobresaliente), y allí exhiben un estilete poco desarrollado con perillas basales apenas visibles, debido a esto se cree que no son fitoparásitos (Figura 3). En la región posterior (cola), los machos poseen una espícula de función reproductiva, cubierta por una membrana hialina llamada bursa (Figura 3)

4. Las hembras miden entre 500 y 880 μm (0,50 y 0,88 mm) y cerca de 24 μm de diámetro, con un estilete bien desarrollado de 16 a 21 μm de largo (promedio de 18 μm). Usualmente se reproducen sexualmente, pero pueden reproducirse sin los machos utilizando estrategias partenogénicas. Dentro del tejido infectado, las hembras colocan cuatro o cinco huevos por día durante 2 semanas (Figura 3).

5. Por contraste, los machos son más pequeños que las hembras, miden 500 a 700 μm (0,50 y 0,70 mm). Los estados juveniles miden entre 315 a 400 μm y exhiben un estilete de aproximadamente 13 a 14 μm de longitud.

SÍNTOMAS PRIMARIOS

En las células del cilindro cortical, *R. similis* produce lesiones de longitud variable (5 o más cm) con forma de estrías, éstas inicialmente tienen colores que varían desde amarillo claro hasta oscuro (Figura 4A), luego rosado rojizas (Figura 4B) y finalmente marrón o negras. En algunos casos produce depresiones en el tejido que modifican la anatomía cilíndrica original de las raíces (Figuras 4C y D) (Blake, 1961; Thorne, 1961; Blake, 1966; Fogain & Gowen, 1997; Valette, Andary, Geiger, Sarah & Nicole, 1998; Oramas & Román, 2006). En infestaciones altas, las lesiones rodean completamente las raíces, hasta destruirlas totalmente (Figura 4D) (Sarah et al., 1996; Marín et al., 1998; Araya & De Waele, 2004; Gowen et al., 2005). Dicha coloración se caracteriza por estar infestada con todos los estados de desarrollo del nematodo (Sarah et al., 1996; Marín et al., 1998; Gowen et al., 2005). Blake (1966) y Oramas y Román (2006), encontraron que *R. similis* no solo causa daño físico, sino que también causa daño fisiológico al producir hipertrofia del núcleo y nucléolo de las células. En las raíces, *R. similis* no invade el cilindro central (tejidos vasculares) (Figuras 4H e I), aun en infestaciones altas (Blake, 1961, 1966; Thorne, 1961; Oramas & Román, 2006), el cual queda expuesto a la invasión de microorganismos secundarios como hongos y bacterias, siendo los más comunes *Cylindrocarpon musae*, *Acremonium stromaticum* y *Fusarium spp.*, que ocasionan necrosis y muerte de las raíces en la parte posterior de la lesión (Figuras 4H e I) y pueden contribuir al volcamiento (Stover, 1972; Sarah et al., 1996; Sarah, 2000; Marín et al., 1998; Araya, 2003; et al., 2005). El nematodo puede migrar de las raíces al cormo (rizoma) causando lesiones de hasta 6 cm de profundidad (Figuras 4G, H e I).



Figura 4. A. Diferentes sitios de penetración de *R. similis* en raíces. B-C. Destrucción de células del cilindro cortical por el nematodo barrenador. D. Cilindro cortical y central destruidos por el ataque del nematodo y microorganismos secundarios (arriba), y tejido sano (abajo). E. Cilindro central sano (color blanco) y cilindro cortical enfermo (color marrón y negro). F. Cormo parasitado por el nematodo (izquierda) y sin parasitar (derecha). G. Cormo y primordios de raíces parasitados. H-I. Corte transversal de cormos donde se aprecia la necrosis externa producida por el nematodo.

SÍNTOMAS SECUNDARIOS

En las plantas infectadas por *R. similis* se reduce la absorción de agua y nutrientes, resultando en varios síntomas como amarillamiento de hojas y disminución del tamaño y longevidad de las plantas (Figura 5A, B), los cuales pueden ser fácilmente confundidos con deficiencias nutricionales. Los colinos infectados por *R. similis* son de menor tamaño y vigor, con hojas más pequeñas y, en algunos casos, sobresalen del suelo (enbalconados) y con el peciolo de las hojas viejas necrótico (Figura 5C), diferente a los colinos de las plantas sanas (Figura 5D). Las diferencias en los síntomas, son también determinadas por las características químicas y físicas del suelo, disponibilidad de nutrientes, la especie hospedante y el género de fitonematodo involucrado (Thorne, 1961; Jenkins & Taylor, 1967; Sarah et al., 1996). Lo anterior, se refleja en un menor número y tamaño de las hojas y menor peso del racimo, en un incremento del tiempo de siembra a floración, de floración a cosecha, entre floraciones y entre cosechas (Sarah et al., 1996; Araya, 2003; Gowen et al., 2005).

Finalmente, las plantas pierden anclaje por el deterioro del sistema radical, por lo cual tienden a desraizarse o volcarse, esto puede ocurrir en plantas jóvenes (Figura 5E), y adultas (Figura 5F), principalmente entre la época de floración y cosecha debido al peso

del racimo, particularmente durante vientos y lluvias fuertes, lo que causa pérdidas económicas altas (Loos & Loos, 1960a; Sarah et al., 1996; Montiel et al., 1997; Sarah, 2000; Araya, 2003; Brooks, 2008). En plantas de la misma edad, se puede apreciar que las severamente atacadas por *R. similis* carecen de raíces absorbentes y las raíces de anclaje son necróticas, de menor tamaño y cantidad, contrario a lo que ocurre en el sistema radical de una planta que no es atacada por este fitonematodo (Figura 5G) (Loos & Loos, 1960a; Araya, 2003).

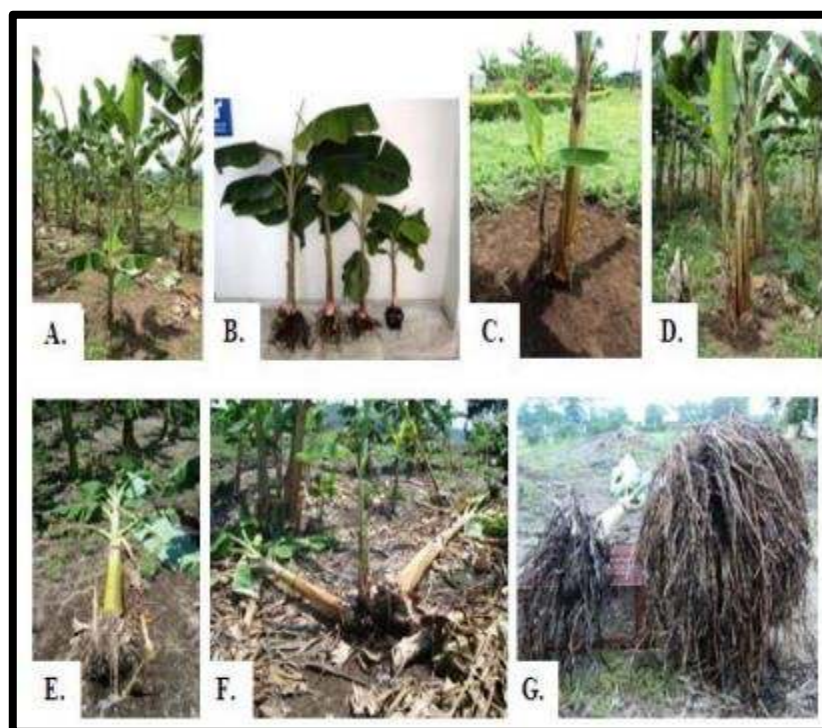


Figura 5. A. Plantas de Dominico Hartón infectadas por *R. similis* con síntomas como amarillamiento de hojas y disminución del tamaño. B. Plántulas de Dominico Hartón de la misma edad, sanas (izquierda) y enfermas por *R. similis* (derecha). C. Colinos con menor crecimiento en plantas parasitadas. D. Colinos con mayor desarrollo en plantas sanas. E. F. Plantas joven y adulta volcadas debido a la destrucción de raíces por *R. similis*, respectivamente. G. Plantas de la misma edad, severamente atacada por *R. similis* (izquierda) y sin atacar (derecha).

El nematodo barrenador (*Radopholus similis*) es uno de los patógenos más importantes que ataca la raíz y el rizoma (cormo) en bananos en las zonas de producción intertropicales. La propagación vegetativa usando rizomas o hijuelos infectados ha diseminado esta plaga alrededor del mundo. A pesar que varias especies de nematodos

atacan a los bananos y plátanos, se considera que *R. similis* es el problema principal en plantaciones comerciales, especialmente de las variedades tipo Cavendish, orientadas hacia los mercados de exportación. Este nematodo es también común en plátanos y en bananos de cocción cultivados en las zonas bajas de África Central y Oriental, y en el Caribe (Puerto Rico). Sin embargo, se encuentra generalmente ausente en raíces de plátano en África Occidental y América Central. El nematodo barrenador también se encuentra ausente en las zonas altas de África Central y Occidental y en las zonas de producción sub-tropicales caracterizadas por un clima más templado (área mediterránea, Islas Canarias, Madera, Provincia del Cabo y Taiwán), aunque puede estar presente en los cultivos en invernadero. La distribución de esta especie está condicionada por sus preferencias de temperatura, las que fluctúan entre 24 y 32°C. Su reproducción es óptima alrededor de 30°C. No se reproduce si la temperatura es menor de 16-17°C o sobrepasa los 33°C.

Radopholus similis es un nematodo endoparásito migratorio que completa su ciclo de vida en 20-25 días en los tejidos de la raíz y el rizoma (foto 1). Las hembras juveniles y adultas tienen formas móviles que pueden dejar la raíz en casos de condiciones adversas. Los estadios migratorios en el suelo pueden fácilmente invadir raíces sanas. Esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado y se consideran no-parasíticos. La penetración de los nematodos ocurre de preferencia cerca al ápice radical, pero *R. similis* puede invadir cualquier porción de la raíz. Al migrar inter- e intracelularmente, se alimenta del citoplasma y células del parenquima cortical, destruyendo paredes celulares y causando cavidades y túneles que se necrosan y pueden extenderse a toda la región parenquimática. *R. similis* no daña el cilindro vascular, aunque ocasionalmente puede penetrar estos tejidos.

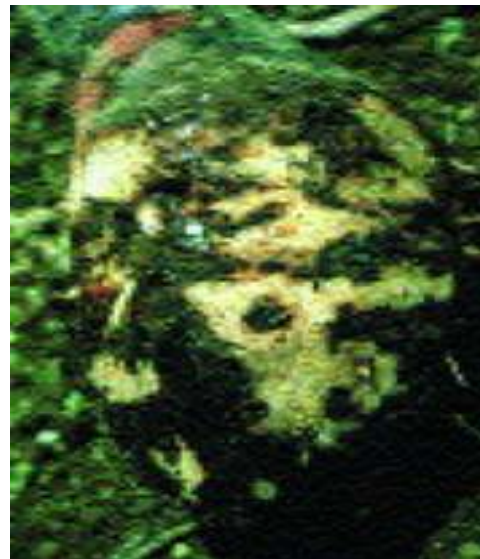


R. similis en una raíz de banano, mostrando los diferentes estadios del ciclo de desarrollo (huevos, juveniles, hembras). Coloración con fuschina ácida (Photo M. Boisseau).

La necrosis de la raíz y del rizoma (fotos 2 y 3) se incrementa por la acción de otros organismos del suelo como hongos y bacterias, siendo los más comunes *Cylindrocarpon musae*, *Acremonium stromaticum* y *Fusarium spp.* En las Antillas Francesas se ha encontrado que hongos del género *Cylindrocladium* son sumamente patógenos y pueden causar lesiones similares a aquellas de *R. similis*; la asociación de estos dos parásitos causa severos daños. La destrucción de los tejidos de la raíz y del rizoma limita la absorción de agua y nutrientes lo cual resulta en la reducción del desarrollo y crecimiento de la planta.



2. Necrosis de la raíz. Puede extenderse a todo el parenquima cortical pero no daña el cilindro vascular (Photo J.L. Sarah).



3. Necrosis en el rizoma (black head disease) Photo J.L. Sarah).

Esto conlleva a pérdidas en el peso del racimo e incrementa significativamente el período entre dos cosechas sucesivas. Más aún, esta destrucción de las raíces resulta en una tendencia de las plantas a desraizarse o volcarse (foto 4), particularmente durante vientos y lluvias fuertes, lo que causa severas pérdidas económicas. Las pérdidas causadas por *R. similis* dependen, en gran medida, de la fertilidad del suelo.

Bajo condiciones extremas, donde los suelos son pobres y erosionados, las pérdidas acumulativas durante tres ciclos de producción pueden alcanzar hasta 75%, debido a la reducción de peso del racimo y a la caída de las plantas. Pérdidas tan importantes son excepcionales, pero han sido observadas en un lugar de la Costa de Marfil. Sin embargo, en suelos ricos en materia orgánica de ese mismo país o en los suelos volcánicos de Camerún, las pérdidas acumulativas no sobrepasan el 30 %.

En América Central (Costa Rica y Panamá) y en América del Sur (Colombia y Ecuador), las pérdidas causadas esencialmente por el desraizado de plantas (volcado) fluctúan entre 12 y 18%, mientras que, en el Valle de Sula en Honduras, éstas tienden a ser menores (alrededor del 5%). El daño también depende de la patogenicidad de la población de *R. similis* presente, la cual varía mucho entre zonas de producción. La patogenicidad de las poblaciones parece estar asociada a su potencial reproductor en tejidos radiculares.

Algunas poblaciones africanas son más patogénicas que poblaciones de las Antillas, Sri Lanka o Queensland en Australia. En el Caribe y en América Central, han sido caracterizados tres patotipos en relación a su patogenicidad, tasa de reproducción, huésped preferencial (banano

ABB, plátano u otro) y cariotipo (número de cromosomas). Un patotipo de Puerto Rico es más patogénico en

plátanos que en bananos y tiene 5 pares de cromosomas, en contraste con los patotipos centroamericanos que prefieren bananos de tipo Cavendish y tienen solamente 4 pares de cromosomas. Recientemente, se ha encontrado que las poblaciones africanas de *R. similis* tienen 4 y 5 pares de cromosomas, aunque este último número es menos común. Análisis enzimáticos (PGI) y de DNA (RAPD) han revelado dos grupos

genómicos que no están relacionados a la patogenicidad. La distribución de estos grupos genómicos alrededor del mundo, parece estar asociada a contingencias históricas de distribución de material vegetal.

HOSPEDANTES

En las Américas, *R. similis* parece estar confinado a *Musa spp.*, y a algunas plantas cultivadas *Piper nigrum*, *Saccharum spp.*, *Citrus spp.*, *Coffea spp.* y ornamentales como *Anthurium andraeanum* (Román, 1978; Quénehervé et al., 2005). Brooks (2008), reportó más de 350 especies de plantas que son susceptibles a *Radopholus spp.*, en las que se incluyen banano, cítricos, pimienta negra, antúrios, aráceas (antúrios, taro), jengibre, té, coco y otras palmas.

SUPERVIVENCIA

R. similis tiene una vida corta en el suelo, de seis meses o menos. Como todos los organismos biotróficos depende de hospedantes vivos, como los antes mencionados, para sobrevivir.

En tejidos vegetales: *R. similis* sobrevive hasta seis meses dentro de raíces infectadas, cormos y arvenses hospedantes (Gowen et al., 2005). Tarjan (1961) y Loos (1962) demostraron que *R. similis* no sobrevive en el suelo por más de seis meses en la ausencia de raíces hospedantes o trozos de cormos vivos.

En el suelo: aunque las poblaciones en el suelo son por lo general bajas, los huevos, estados juveniles y adultos de *R. similis* pueden sobrevivir seis meses allí y ser transportados (Gowen et al., 2005).

MEDIOS DE DISEMINACIÓN

La dispersión pasiva de los nematodos en agua de escorrentía y a través de sistemas de riego, es potencialmente grave para los agricultores tratando de eliminar a *R. similis* en las zonas donde los campos infestados de banano y plátano están adyacentes a las nuevas plantaciones. Como el nematodo sobrevive en raíces y cormos, es por esto que el material de siembra es el principal medio de diseminación entre lotes, regiones o países. Así mismo, a través del suelo infestado, herramientas, maquinaria, botas, etc., también se puede diseminar el nematodo (Gowen et al., 2005). La amplia distribución de *R. similis* en América latina y el Caribe, parece estar correlacionada con las áreas donde las plantas de banano del Subgrupo Cavendish (AAA) fueron importadas. Se especula que en América Latina y el Caribe, *R. similis* fue introducido en banano en

La variedad Gros Michel que posteriormente infectó los cultivares Cavendish que son más susceptibles (Marín et al., 1998; Gowen et al., 2005).

CONTROL:

La reducción de las poblaciones de nematodos en el suelo antes de la siembra y el uso de material vegetal libre de nematodos son de gran importancia para el control de

R. similis. Las poblaciones de nematodos pueden reducirse a niveles imperceptibles con sólo un año de barbecho usando un cultivo no hospedero como *Chromolaena odorata* (Asteracea), el cual es muy efectivo en África. La inundación del campo por un período de 6 ó 7 semanas puede ser tan efectiva para la reducción de las poblaciones de nematodos, como el barbecho por 10 a 12 meses. Sin embargo, este método no es práctico, ya que la inundación requiere terrenos bien nivelados y una fuente de agua permanente.

PRINCIPALES PRÁCTICAS DE MANEJO DE R. SIMILIS

Las alternativas de manejo integrado de *R. similis* están determinadas por varios factores agronómicos que se mencionarán a continuación, según los trabajos realizados por: Loos & Loos (1960b); Blake (1961); Tarjan (1961); Loos (1962); Stover (1972); Sieverding (1991); Guerrero (1996); Sarah et al. (1996); Smith & Read (1997); Daneel, De Jager & De Beer (1998); Green & Afreh-Nuamah (1998); Mbwana & Rukazambuga (1998); Okech, Karamura & Gold (1998); Robinson et al. (1998); Seshu et al. (1998); Sarah (2000); Guzmán & Castaño (2002); Araya (2003); Hauser (2003); Gowen et al. (2005); Price (2006) y Ramírez & Castaño (2009).

1) Evitar el ingreso de los nematodos en el suelo antes de establecer un cultivo, mediante las siguientes prácticas:

Debido a que *R. similis* no se encuentra en suelos no infestados, sin vocación agrícola o vírgenes, se debe evitar su ingreso a ellos antes de la siembra. Para lograr esto, es esencial utilizar material de siembra limpio libre de fitonematodos para establecer la nueva plantación.

Realizar análisis de nematodos fitoparásitos en raíces y suelo para conocer la presencia o ausencia de otros géneros y sus poblaciones.

Tratar de hacer solarización, es decir, tratamiento del suelo con calor por radiación solar.

2) Reducir la cantidad de nematodos en el material de siembra, mediante las siguientes prácticas:

Cuando sea posible, utilizar plantas provenientes de cultivos de tejidos (in vitro).

Obtención de colinos de plantas libres de nematodos fitoparásitos y otros agentes causantes de enfermedades.

Como *R. similis* sobrevive en cormos y raíces infectadas, realizar remoción de capas externas del rizoma “pelado” de tejido infectado para disminuir su población; además, esta práctica permite hacer inspección del tejido blanco para observar la presencia de picudos. El “pelado” seguido por inmersión en agua caliente (52-55°C por 15-20 minutos)

También se puede desinfectar el material de siembra sumergiéndolo en una solución nematicida (2 500 ppm) por 30 minutos.

La técnica conocida como “pralinage” es una mejora adicional sobre la inmersión. Esta involucra el uso de una mezcla nematicida barrosa, hecha ya sea con bentonita (15 kg en 100 l de agua + 400-500g de ingrediente activo) o con arcilla natural (la proporción de arcilla a ser mezclada con agua debe ser adaptada).

3) Promover la sanidad y el vigor de las raíces de las plantas para ayudarlas a tolerar o competir con la presión de los nematodos u otros patógenos, mediante las siguientes prácticas:

Aplicación de nematicida en el sitio de siembra y en suelo. En cultivos comerciales, cuando las poblaciones de nematodos son altas, la manera más común de controlarlo es con la aplicación frecuente de productos químicos organofosforados o carbamatos (no volátiles), los cuales son aplicados como gránulos sobre la superficie del suelo alrededor de la planta.

Preparación óptima del suelo antes de la siembra, ya que en suelos sueltos ocurre mejor crecimiento y desarrollo del sistema radical, reflejado en una mayor cantidad y longitud de raíces, contrario a lo que sucede en suelos pesados y compactados.

Incorporación constante de enmiendas orgánicas bien procesadas como gallinaza, pulpa de café, cenichaza, porcinaza, etc., las cuales promueven la sanidad y el vigor de las

raíces en cultivos de musáceas, permitiéndoles competir mejor con los nematodos. Los principales beneficios son: 1) incremento y reposición de la materia orgánica del suelo, 2) reducción de la temperatura de la superficie y las fluctuaciones de temperatura, 3) reducción del crecimiento de arvenses, 4) mejoramiento de la estructura del suelo e infiltración de agua, 5) disminución de la erosión del suelo por el viento (menos polvo), 6) disminución de la erosión por la escorrentía, 7) reducción de la compactación del suelo, 8) disminución de la pérdida de agua por evaporación de la superficie, 9) mayor crecimiento y vigor de las raíces, y 10) estimulación de la microflora y microfauna del suelo, la cual indirectamente reduce los fitonematodos.

Realizar fertilización química de las plantas de acuerdo con requerimientos nutricionales y análisis de suelo.

4) Reducir la oportunidad de que el nematodo ingrese a las raíces o rizomas, mediante el uso de insumos biológicos como:

Aplicación en mezcla con agua de hongos y bacterias biorreguladores como *Paecilomyces lilacinus* y *Pasteuria penetrans*, que ayudan a controlar los fitonematodos.

Incorporar insumos biológicos como las micorrizas arbusculares (MA), que son un grupo de hongos habitantes naturales del suelo que forman simbiosis con las raíces de las plantas para favorecer la absorción y transporte de macro y micro-nutrientes, especialmente los poco móviles como fósforo, zinc, cobre, lo cual conlleva a una menor utilización de fertilizantes químicos y a un mayor crecimiento de las plantas. Las MA presentan otros beneficios a las plantas como una mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía, protección de las raíces contra patógenos presentes en el suelo y detoxificación de metales pesados.

5) Otras prácticas de manejo:

Dejar el lote donde se tenían musáceas sin sembrar por seis meses o más tiempo, hasta dos años, para que descanse (barbecho). Durante este período, los rizomas viejos, colinos y otros tejidos de plátano o banano deben ser removidos para eliminar los nematodos, ya que *R. similis* puede sobrevivir en ellos por seis meses; así mismo, se

debe evitar el crecimiento de malezas u hospedantes alternos como los mencionados anteriormente.

En cultivos con poblaciones altas de *R. similis*, realizar rotación con especies no hospedantes como yuca, por un mínimo de dos años.

Evitar el volcamiento de plantas sosteniéndolas con postes de guadua u otro material. En algunas fincas se utiliza el amarrado de las plantas para evitar su caída.

Proporcionar buen drenaje en zonas de lluvia intensa.

Si la topografía del terreno es plana y existe disponibilidad de agua, realizar inundación por ocho semanas después de haber destruido previamente el cultivo de plátano y banano. Aunque esta práctica es poco común.

Trabajos de Mejoramiento para buscar resistencia.

Varios equipos de investigación están colaborando con dos programas de mejoramiento (FHIA en Honduras y CIRAD-FLHOR en Guadalupe) y con INIBAP para desarrollar cultivares resistentes. Los diploides del grupo Pisang Jari Buaya (AA) han sido reconocidos desde hace tiempo como fuente de resistencia a *R. similis*. Esta resistencia ha sido incorporada en las líneas parentales utilizadas para la selección de híbridos mejorados que generaron la variedad Goldfinger (FHIA-01) que posee esta fuente de resistencia.

Recientemente, se ha observado otras fuentes de resistencia a *R. similis* en varios grupos genómicos como AAA-Yangambi km 5 y algunos cultivares y especies silvestres acuminata y balbisiana. Se ha desarrollado un método para la evaluación precoz de germoplasma. Este método permite eliminar rápidamente el material más susceptible seleccionando el germoplasma más interesante y por lo tanto, reduciendo el número y costo de evaluaciones posteriores en el campo.

Es importante tomar en cuenta que las diferencias patogénicas entre las poblaciones de *R. similis*, complicarán aún más cualquier esfuerzo que se realice en el mejoramiento y selección contra esta plaga, y especialmente en lograr un amplio rango de resistencia

a todas las formas del patógeno, útil para su utilización en las diferentes zonas de producción.

La mejor estrategia es evaluar las variedades potencialmente resistentes a las formas patogénicas locales del nematodo bajo las condiciones ambientales de cada zona de producción a través de unas redes regionales de investigación. Ya se han establecido experimentos en Uganda y en

Nigeria (IITA), Camerún (CRBP), Honduras (FHIA), Martinica y Guadalupe (CIRAD-FLHOR) y en Australia (QDPI). Se necesita su ayuda. INIBAP apoya estudios en diversidad patogénica y genómica de para mejorar las estrategias de control integrado (rotación de cultivos, barbecho, resistencia, control químico) adaptadas a ciertas regiones. Este trabajo también ayudará a determinar el origen geográfico del nematodo barrenador y, por lo tanto, fuentes adicionales de resistencia y posibles enemigos naturales.

ROYA DEL CAFÉ:
HEMILEIA VASTATRIX

ENFERMEDAD: ROYA DE CAFÉ

HISTORIA “HEMILEIA VASTATRIX”

La primera documentación de este agente apareció en 1861. En 1869 el hongo apareció en Ceilán (hoy Sri Lanka) y en diez años devastó la industria del café. En los años posteriores la *H. vastatrix* ha aparecido en todas las regiones productoras de café, excepto Hawaii. Este hongo es en gran parte responsable de la modernización de las plantaciones de café en América del Sur.¹ La roya del cafeto apareció en Costa Rica en diciembre de 1983 en la zona de San Carlos. La enfermedad era esperada por la caficultura nacional desde 1976, fecha en que apareció en el Departamento de Carazo en Nicaragua. Paradójicamente, a pesar de que la enfermedad se encontraba a 80 km de nuestra frontera, el hongo se diseminó al norte de Nicaragua, en los otros países de Centroamérica y México. Problemas políticos de la región facilitaron la diseminación del patógeno durante la década de 1980.

Esta enfermedad de las hojas de los cafetos, invadió las regiones cafetaleras del continente Americano a partir de 1970. Al final todos los países caficultores de Centro y Sur América implementaban programas para su control. En Costa Rica, la roya del cafeto se detectó en diciembre del año de 1983, en Venecia de San Carlos. Un año después se había diseminado por gran parte de la caficultura nacional. Para ese momento el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) estaban preparados para hacer frente a la enfermedad. Años antes, el ICAFE implementó un programa de capacitación al sector cafetalero, para alertar en la detección y recomendar la implementación de un paquete tecnológico de alto rendimiento, junto a una estrategia de “manejo integrado de la roya”, basado en la utilización de densidades y distancias de siembra adecuadas para las variedades de porte bajo, manejo adecuado de la sombra en los cafetales, adecuada fertilización y la utilización de fungicidas de contacto y sistémicos asperjados al follaje para prevenir y curar la enfermedad; evitando de este modo el daño económico. Durante los 29 años que se ha convivido con la roya del cafeto en nuestro país, los niveles de infección de esta enfermedad se mantuvieron en rangos no perjudiciales para los caficultores que implementan el paquete técnico recomendado por el ICAFE. A pesar de ello, durante

este tiempo fue posible encontrar regiones cafetaleras de nuestro país, donde surgían problemas causados por esta enfermedad, principalmente por la costumbre de observar a la roya del café como una enfermedad más, restándole en muchos casos importancia y atención. Recientemente en el año 2012, se sufrió un aumento inusual de la incidencia de la roya del café en todas las zonas cafetaleras de Costa Rica, considerando por ello el desarrollo de la roya del café con carácter de epifitía. Una situación similar ocurrió igualmente en otras zonas cafetaleras de la región Centroamericana, el Caribe, México y Perú, denotando la influencia de una variación climática favorable para el hongo de cobertura regional. Los cambios en el comportamiento habitual de las enfermedades de los cultivos, son influenciados en muchos casos por las variaciones de tipo económica, social y ambiental que causan cambios en la vulnerabilidad de las plantaciones o bien en la agresividad de la población del patógeno. Para el caso de la roya del café, cambios paulatinos en la atención de los cafetales pueden aumentar la vulnerabilidad de estos al ataque de las enfermedades que afectan al cultivo. Las variaciones climáticas por su parte, pueden causar alteraciones en la población de los patógenos que propician una mayor capacidad infectiva. En este último caso, la mayor prevalencia de un rango de temperaturas que oscilen entre los 17° y 27 °C y una mayor cantidad de horas donde persista una lamina de agua en la hoja del café, son factores fundamentales que permiten que el patógeno *Hemileia vastatrix* pueda completar sus ciclo biológicos de germinación, colonización y formación de sus estructuras de reproducción y diseminación en un menor tiempo, propiciando con ello el desarrollo de epifitias no esperadas.

La roya tenía afectado el 9.7 % del parque cafetalero salvadoreño en octubre de este año, de acuerdo con el muestreo mensual que realiza el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Esto presenta una reducción fuerte desde 2014, cuando la plaga tenía sometido el 38 % de los árboles de café.

El Salvador es de los países que más ha sido golpeado por la plaga. Para el año agrícola 2012-2013, la producción nacional del aromático fue de un poco más de 1.7 millones de quintales; no obstante, la roya golpeó con fuerza y provocó que para 2013-2014 la cosecha bajara a 700,025 quintales, un millón menos.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA “*Hemileia vastatrix*”.

Reino:	Fungi
<i>Phylum:</i>	Basidiomycota
<i>Subphylum:</i>	Pucciniomycotina
<i>Clase:</i>	Pucciniomycetes
<i>Orden:</i>	Pucciniales
<i>Género:</i>	Hemileia
<i>Especie:</i>	Hemileia vastatrix

MECANISMO DE ACCIÓN “*Hemileia vastatrix*”.

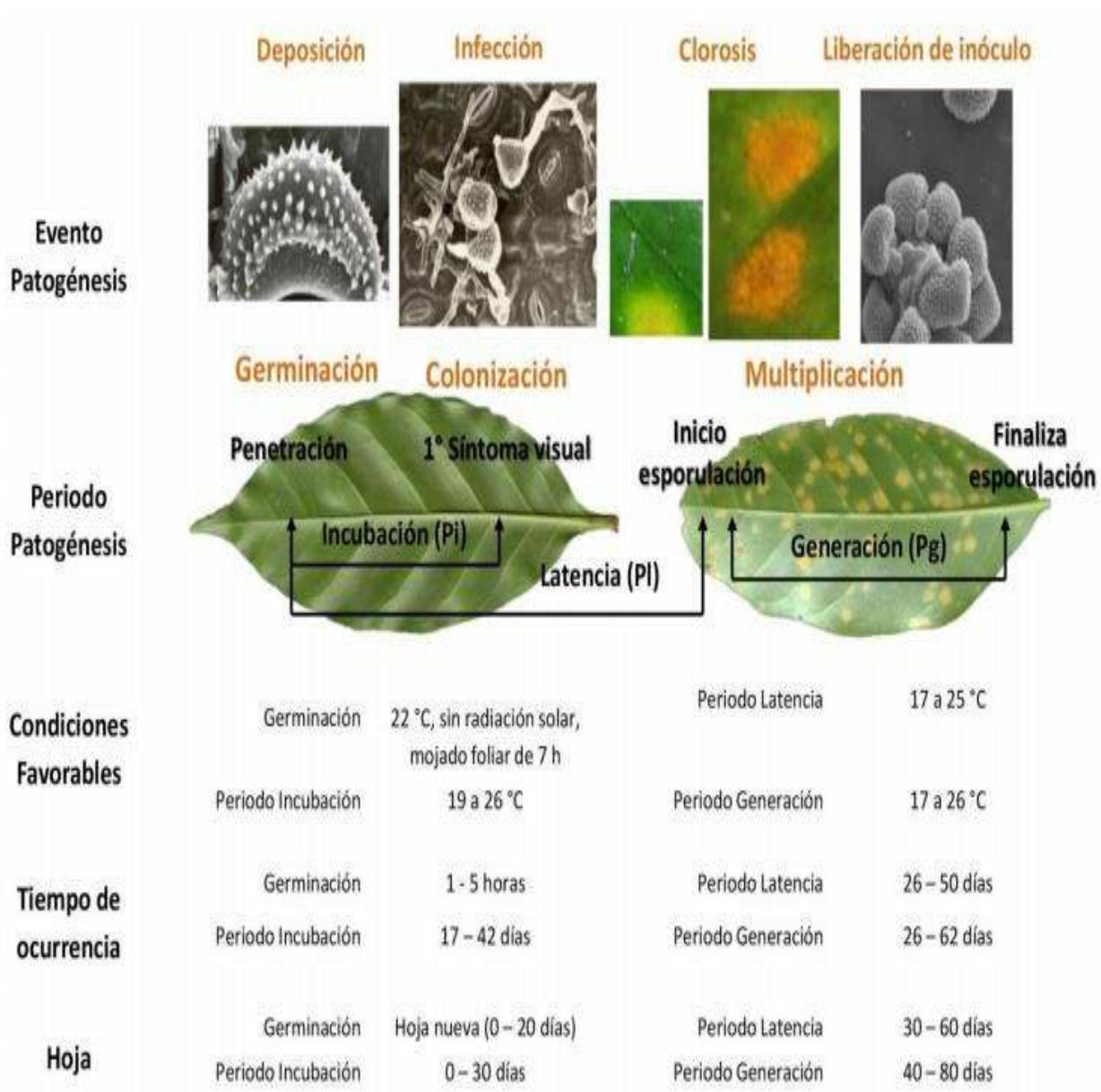
La roya del café se caracteriza por lesiones de color amarillo-naranja en polvo en la superficie abaxial de las hojas donde se ataca a través de las estomas, que rara vez ocurre en los tallos o frutos. Todos los genotipos de café son susceptibles a un cierto grado, aunque cultivares tales como el híbrido de Timor exhiben una alta resistencia. Deterioro de la fotosíntesis, la defoliación prematura y la iniciación floral reducida constituyen la mayor parte del daño. Esta capacidad fotosintética reducida y el disipador de hidratos de carbono pesado creado por frutas limitan el crecimiento del tejido leñoso que da lugar a la cosecha de la temporada que viene. Por lo tanto, la cosecha de la temporada siguiente se reduce. De hecho, las pérdidas debidas a la roya pueden llegar a 70%. Al hongo de la roya no le gustan los excesos de agua; precisa de una tenue capa de agua para germinar, penetrar a través de las estomas.

Daños y síntomas Los daños severos, mayores al 60 %, causan defoliación. Si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una reducción en el rendimiento. Pero si se presenta en etapas tardías el efecto se observará en los niveles de amarre de fruto del siguiente ciclo del cultivo. Los síntomas inician como pequeñas manchas de 1-3 mm, traslucidas y de color amarillo claro. La lesión crece en tamaño y puede coalescer con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo (esporas), en el envés de las hojas y que en el lado opuesto se observan como

manchas amarillas. Las lesiones viejas se necrosan, pero la esporulación puede continuar en el margen de la lesión.

REPRODUCCIÓN Y CICLO DE VIDA DE “*Hemileia vastatrix*”.

CICLO DE VIDA (PATOGENESIS) DE LA ROYA DEL CAFETO (*H. vastatrix*).



ETAPA DE DISEMINACIÓN.

Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas urediniosporas (Figura 3a), que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad.

ETAPA DE GERMINACIÓN.

Es el proceso donde la espora una vez depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6 a 12 horas. Para esta etapa, el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna luminosidad, y temperaturas inferiores a 28°C y superiores a 16°C (23). El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas, que son aberturas naturales de la hoja para el intercambio gaseoso en la respiración.

ETAPA DE COLONIZACIÓN.

Una vez ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta, y con los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde y, en este momento, se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina período de incubación, el cual varía de acuerdo con la temperatura, que en la zona cafetera central de Colombia, puede estar entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra.

ETAPA DE REPRODUCCIÓN.

Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros (Figura 3d), que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas, a razón de 1.600 por milímetro cuadrado (mm²) de hoja, por un período de 4 a 5 meses (25, 26), y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina período de latencia. Para la zona

cafetera de Colombia, el período de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra. En investigaciones recientes realizadas por Cenicafé, en esos mismos lugares (19), se apreció el efecto de las variaciones climáticas de los últimos años sobre la roya, en particular sobre esos períodos de incubación y de latencia, los cuales transitoriamente sufren aumentos o disminuciones comparados con los valores anteriores, dependiendo de las condiciones ambientales, como la temperatura en este caso. El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces dentro de un cultivo durante el mismo período de cosecha, por lo que se considera a la roya del café como una enfermedad policíclica.

DURACIÓN Y ESTADIO SUSCEPTIBLE DEL HONGO “HEMILEIA VASTATRIX”.

Condiciones Favorables	Germinación	22 °C, sin radiación solar, mojado foliar de 7 h	Periodo Latencia	17 a 25 °C
	Periodo Incubación	19 a 26 °C	Periodo Generación	17 a 26 °C
Tiempo de ocurrencia	Germinación	1 - 5 horas	Periodo Latencia	26 - 50 días
	Periodo Incubación	17 - 42 días	Periodo Generación	26 - 62 días
Hoja	Germinación	Hoja nueva (0 - 20 días)	Periodo Latencia	30 - 60 días
	Periodo Incubación	0 - 30 días	Periodo Generación	40 - 80 días

PRODUCTOS QUÍMICOS, BOTÁNICOS.

El control químico es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya del café cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. El éxito de las aspersiones de fungicidas dependerá del adecuado manejo agronómico del cultivo y de la correcta tecnología de aplicación (calibración, volumen y preparación de las aplicaciones) para lograr una alta efectividad biológica del fungicida y mantener al mínimo los niveles de roya sobre el follaje. Para lograr esta efectividad biológica es necesario cumplir con tres requisitos: El primero, consiste en utilizar el tipo de fungicida

más adecuado; el segundo, determinar el momento oportuno de la aplicación, con base en la fenología del cultivo; y el tercero, realizar la aspersion con una adecuada tecnología de aplicación.

TIPO DE FUNGICIDA

FUNGICIDAS CÚPRICOS.

En la experimentación realizada en Kenia, Brasil, Costa Rica y Colombia no se han encontrado diferencias de control entre los fungicidas oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre formulado como caldo bordelés, por lo cual, se pueden utilizar estos fungicidas de contacto protectores o preventivos, para el control de la roya del cafeto (11, 22, 33, 35, 40). Estos fungicidas solamente tienen efecto inhibiendo la germinación del patógeno y, en ocasiones, la penetración, y por tanto, el programa de control debe iniciarse antes de que el patógeno se establezca en los tejidos foliares, ya que estas moléculas no son capaces de traspasar la cutícula foliar.

FUNGICIDAS SISTÉMICOS TRIAZOLES.

A diferencia de los productos protectores basados en cobre, los fungicidas sistémicos penetran en la planta y tienen la posibilidad de moverse de manera translaminar, es decir, de la haz al envés de la hoja. Estos fungicidas tienen diferente movilidad en la hoja, es así como el producto tiene la capacidad de desplazarse por el mesófilo, el parénquima y hasta llegar cerca de la endodermis. Esta movilidad se conoce como Log Kow. Estos fungicidas tienen un movimiento acropétalo, es decir, se mueven del sitio donde llegó el producto hacia arriba, así como un movimiento basipétalo, que es la capacidad de desplazarse desde del sitio donde el producto entró en contacto con la planta hacia abajo. Los fungicidas sistémicos tienen como ventaja que en ciertas circunstancias, como el nivel inicial de la enfermedad, pueden requerir de un menor cubrimiento sobre el follaje, ya que después de su aplicación se movilizan hacia sitios donde incluso no llegó el producto y que en un corto tiempo, después de la aplicación, no son removidos por las lluvias.

LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS

del grupo de los triazoles (cyproconazole, triadimefon, hexaconazol, propyconazol, entre otros) han mostrado un importante efecto sobre la roya del cafeto, y consecuentemente sobre la producción, cuando se aplican sobre el follaje , con acción preventiva y curativa.

ESTROBILURINAS.

Se trata de sustancias relativamente nuevas en el mercado, encontradas originalmente en el hongo *Strobilurus tenacellus*. Estos fungicidas tienen acción de profundidad o movimiento translaminar y su nombre de "mesostémicos" se refiere a la región en la que actúan (mesófilo foliar). Tienen una translocación vascular mínima. Su actividad tiene lugar en las mitocondrias, donde inhibe el transporte de electrones de la cadena respiratoria, concretamente en la posición del complejo citocromo-bc1.

Agroquímicos La aplicación de fungicidas ha sido una de las herramientas más usadas en el combate de la roya, sin embargo, también produce efectos secundarios para las personas y el ambiente, tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 1 Agroquímicos para el combate de la Roya

Producto	Riesgo
Difolatan	Efectos tetarogénicos en seres humanos y animales ⁷
Daconil	<p>DACONIL es extremadamente tóxico para peces. Evitar que el producto entre en contacto con ambientes acuáticos. Dejar una zona o franja de seguridad de no menos de 50 metros entre el área a tratar y el agua libre en superficie cercana. No contaminar el agua de riego, ni tampoco receptáculos como lagos, lagunas o diques. No contaminar fuentes de agua cuando se elimine el líquido de limpieza de los equipos de pulverización y asperjar el caldo remanente sobre campo arado o camino de tierra.</p> <p>DACONIL ® 72 F es prácticamente no tóxico para aves y virtualmente no tóxico para abejas. No contaminar alimentos, forrajes, ni cursos de agua. Evitar la deriva durante las aplicaciones⁸.</p>
Bayleton	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ⁹
Atemi	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ¹⁰
Amistar	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ¹¹
Caporal	Tóxico para peces. No contamine ríos, lagos y estanques con este producto o con envases o empaques vacíos. ¹²
Propicon	Tóxico para peces y crustáceos, no contamine ríos, lagos y estanques con este producto o con envases o empaques vacíos. ¹³

Tabla 1. Calendario fijo de aplicaciones para zonas con cosecha principal en el segundo semestre del año. Las aspersiones deben realizarse de acuerdo con el siguiente cronograma.

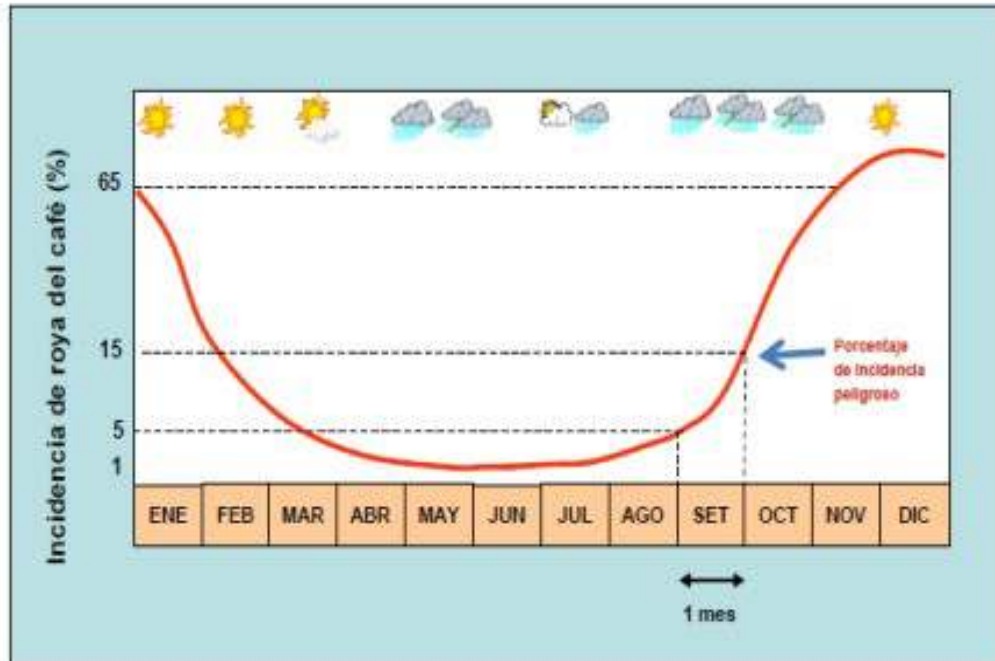
Fungicidas	Época de aplicación			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Cúpricos	May 1 - 7	Jun 15 - 21	Ago 1 - 7	Sep 15 - 21
Sistémicos cyproconazol (Alto 100SL) hexaconazole (Mildium 50 SC) triadimefón (Bayleton 25% SC)	May 1 - 7	Jun 15 - 21	Ago 15 - 21	
cyproconazol+thiamethoxam (Verdadero 600 WG)	May 1 - 7	Jun 15 - 21		
Con estrobirulinas cyproconazol+azoxystrobin (AmistarZtra 28 SC)	May 1 - 7	Jun 15 - 21	Ago 1 - 7	
pyraclostrobin (Comet EC)	May 1 - 7	Jun 15 - 21	Ago 15 - 21	
Mezcla sistémico y cobre triadimefón (Bayleton 25%SC) +Oxicloruro de cobre (50%PM)	Precosecha May 1 - 7	Postcosecha Feb 1 - 7		

PRÁCTICAS CULTURALES.

Manejo agronómico El hombre juega también un papel importante en la prevención de la roya a continuación se describen las acciones que se debe de dar en los cafetales:

Control Cultural Se recomienda mantener un buen programa nutrimental y reducir la sombra excesiva con el fin de evitar rangos de temperatura favorables para el desarrollo de la plaga, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulara el incremento de área foliar y la vida media de las hojas (Rivillas et al., 2011). Así mismo, evitar densidades de plantación altas (superior a 10,000 plantas por sitio) para impedir la proliferación de múltiples chupones que induzcan autosombreo.

CURVA EPIDEMIOLÓGICA DEL HONGO.



La roya es una enfermedad que reduce la capacidad fotosintética de las plantas ocasionando serios problemas en el caféto es importante para su control un conjunto de acciones que favorezcan el control reducción de la enfermedad.

HISTORIA “Coffea arabica”.

Cultivada inicialmente por los árabes de la región de Abisinia, su empleo se extendió rápidamente al resto del mundo islámico, a causa las peregrinaciones a la Meca, de aquí su falso origen arábigo. Hacia 1500 fue introducido en la India donde se inició su cultivo. Entre 1519 y 1550 el café se introdujo en Constantinopla abriéndose las primeras cafeterías o casas de café. Fue Rauwolf quien primero lo describió al mundo occidental en 1538. Introducido en Europa por los venecianos (1615) llevado por Marco Polo, en 1720 existían ya en Paris 380 establecimientos donde se servía café, en Londres en 1715 había más de 2.000. El café se exportaba de los países árabes tostado, para evitar su cultivo externo, sin embargo algunos pies de plantas fueron introducidos en las Antillas, Brasil, India y Ceilan. En 1696 las semillas para plantaciones fueron llevadas por los holandeses a sus colonias de Indonesia, pero ya habían perdido su poder

germinativo, que se elimina tras algunas horas expuestas al sol. Con posterioridad se llevaron plantas vivas. De aquí se llevaron plantas para el jardín botánico de Asterdam en 1706. De aquí pasaron plantas al jardín botánico de Paris y luego llevadas a América en 1723 primero en Martinica y posteriormente a América Central. En Brasil se introdujeron hacia 1727 aunque otros autores proponen una fecha posterior. De aquí habría pasado nuevamente a África en las colonias portuguesas. Actualmente los mayores productores de café son Brasil y Colombia que producen el 40% mundial.

En Centro América, se estima que el periodo de introducción fue entre 1779 a 1796. Posiblemente el café fue llevado a Cuba y Costa Rica por Francisco Javier Navarro en 1796. Aunque los Mexicanos sostienen que fueron los primeros en sembrarlo en fincas de la cercanía de Córdoba, en época anterior a la señalada. En Guatemala se dice que el cultivo se inicio en 1835.

En El Salvador algunas fuentes sostienen que el posible período de introducción fue en 1800 o 1815, un siglo después de haber ingresado su cultivo a América; se argumenta también que los primeros en haber conocido las plantas de café fueron los señores Cirilo Guerra y Francisco Martínez en 1837 ó 1838 en Santa Ana, producto de semillas de plantas de café de los 4 huertos de dos indios de Ahuachapan que estos últimos habían obtenido en la hacienda Soyote, propiedad de los señores Álvarez de Asturias en el departamento de Jutiapa en Guatemala. Posteriormente de Ahuachapan, lo trasladaron a Santa Ana y lo extendieron al resto de la Republica (Chacón, citado por la Asociación Cafetalera de El Salvador, 2000).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA “*Coffea arabica*”.

Reino:	Plantae.
<i>Division:</i>	Magnoliophyta.
<i>Clase:</i>	Magnoliopsida.
<i>Orden:</i>	Gentianales.
<i>Familia:</i>	Rubiaceae
<i>Sub familia:</i>	Ixoroideae
<i>Tribu:</i>	Coffeae
<i>Genero:</i>	Coffea.
<i>Especie:</i>	C.arabica.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE “*Coffea arabica*”.

Raíz:

El sistema radical de los cafetos esta constituido por una raíz cónica y pivotante, que alcanza de 50 cm. a 60 cm. de profundidad. De la raíz principal se derivan dos tipos de raíces de segundo orden: las raíces de sostén o axiales, las cuales son profundas, y las raíces laterales, en donde crecen las raicillas encargadas del intercambio de nutrientes con el suelo; comprendiendo estas ultimas el 80% del sistema radical es a una profundidad de 0.30 m y un radio de 2.5 m alrededor del tronco de la planta (León 1987, PROCAFE).

Tallo:

La planta está formada por un eje central en cuyo extremo hay una zona de crecimiento llamada comúnmente “yema terminal”, la cual va alargando el tallo formando nudos y entrenudos, sobre dicho eje se localizan las ramas productivas denominadas en nuestro país “laterales o bandolas”, en las que pueden originarse ramas secundarias o terciarias, constituyendo las crinolinias o palmillas; todo lo cual llega a conformar el sistema vegetativo y productor de la planta.

Hojas:

Las hojas crecen en las ramas plagio trópico o lateral, caracterizándose por tener color verde oscuro brillante en la cara superior y verde claro opaco en la inferior. El tamaño y número de hojas varía principalmente de acuerdo a la variedad, cantidad de sombra en el cafetal, estado fitosanitario, edad y densidad de siembra en la plantación. Las Hojas son las responsables junto a las raíces de la nutrición de la planta.

Flores:

En los vértices (axiales) de los laterales, se forman las flores que representan la futura cosecha de la planta, determinándose que el inicio y crecimiento de la flor y luego del fruto, están básicamente influenciados por la luz solar, agua, temperatura, reguladores de crecimiento vegetal (hormonas), balance nutricional y condiciones fitosanitarias de la planta.

PRINCIPALES VARIEDADES DE CAFETOS EN EL SALVADOR

En el Salvador se cultivan básicamente variedades de la especie *Coffea arabica*, que es la más difundida en el mundo, con un aporte del 70 - 75 % de la producción mundial. En Latinoamérica se cultivan diversas variedades desarrolladas a partir de las primeras introducciones, donde algunas son el resultado de mutaciones, hibridaciones naturales o artificiales.

TEKISIC (Bourbón mejorado):

Es un cultivar obtenido por selección, de alta producción, buen vigor de planta, adaptabilidad y reducción en la bienalidad productiva. Respecto a las características fenotípicas del cultivar es una planta de porte alto, entrenudos más largos, sistema radicular menos desarrollado, las ramas laterales o bandolas, tienen la tendencia a formar crinolinias. Los brotes son de color verde claro. En El Salvador, las altitudes de siembra en donde expresa y aprovecha al máximo su capacidad productiva es arriba de los 1000 msnm, siendo posible cultivarlo desde los 800 msnm. Sin embargo el rango óptimo de siembra es de 1200 a 1600 msnm.

PACAS:

Es una mutación muy semejante a Caturra (no está caracterizada), la cual fue reportada en la zona de Santa Ana en 1949 en plantaciones de Bourbon. Se caracteriza por ser una planta de porte bajo, con bandolas (crecimiento plagiotrópico) de 90 a 100 cm. de largo, entrenudos cortos, hojas grandes de color verde oscuro, sistema radicular bien desarrollado; es tolerante al viento, al sol y a la sequía. El rango de altitud de siembra es de 500 a 1200 msnm, considerándose su óptimo de los 600 a los 900 msnm. El cultivar tiene sus limitantes: susceptibilidad a la roya del cafeto, y en zonas de altura tiene lento crecimiento y retraso en la maduración de la cosecha.

CATISIC:

Es un híbrido obtenido por el cruzamiento entre Caturra Rojo y el híbrido de Timor. La planta es considerada de porte pequeño, con arquitectura cónica, bandolas aceptablemente largas y entrenudos cortos, hojas de coloración verde oscuro y frutos considerados de tamaño normal. El rango de altitud de siembra es de 800 a 1200 msnm; puede considerarse factible su establecimiento aún a mayores alturas.

PACAMARA:

En general las características genotípicas de la planta son: híbrido de tamaño intermedio entre Pacas y Maragogipe rojo, bandolas largas, entrenudos de tamaño intermedio, hojas grandes encarrujadas (convexas) y de color verde oscuro. El híbrido ha sido evaluado en distintas regiones del país observándose que funciona mejor en condiciones de media a estricta altura, por lo cual su rango de siembra es de 900 a 1500 msnm, expresando preferiblemente sus cualidades y adaptabilidad arriba de los 1000 msnm. Entre las desventajas de Pacamara se tiene la susceptibilidad a roya del cafeto.

CATUAI ROJO:

Esta variedad es un híbrido obtenido en Brasil, como producto del cruzamiento entre los cultivares Caturra Amarillo y mundo Novo. La planta se considera como de porte intermedio, más alto que el Pacas y menos que el Mundo Novo; con bandolas largas, entrenudos cortos y con potencial para formar crinolinas (ramas secundarias). Además, tiene un excelente vigor vegetativo de planta y con adecuada conformación agronómica. También destaca por sus altas producciones. Se recomienda cultivar entre 500 y 1000

msnm, con altitudes consideradas como optimas de 600 a 900 msnm; sin embargo, crece y produce aceptablemente hasta altitudes de 1200 a 1300 msnm.

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE CAFÉ

Las grandes zonas cafetaleras se encuentran ubicadas al sur de la carretera Panamericana, formando tres grandes grupos:

uno en el occidente otro en el centro y el tercero en el oriente del país. Otras pequeñas se encuentran al Norte de la carretera en mención. Estas áreas se extienden sobre la cadena costera y en la banda interior, dominada por los macizos volcánicos de El Salvador (Asoc. Cafetalera de El Salvador, 2000).

En función de su altitud se distinguen tres zonas climáticas:

8 Estricta Altura (1200 a 1600 msnm) con 35,586 Mz.,

Media Altura (800 a 1200 msnm) con 73,140 Mz. Y

Central Estándar o Bajío (400 a 800 msnm) con 121,195 (PROCAFE, 2001).

Las características de las principales zonas cafetaleras de nuestro país son las que se describen a continuación: Sierra Apaneca Ilamatepec, Cordillera El Bálsamo Cinturón Central, Chichontepec, Sierra Tecapa Chinameca, Cordillera Cacahuatique aunque también existen zonas aisladas como Metapan (el trifinio) Chalatenango, La Unión, Perquín.

NECESIDADES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE "*Coffea arabica*".

Altitud

El café se cultiva a diversas altitudes, no obstante, las variedades comerciales cultivadas en nuestro país funcionan mejor en altitudes de 500 a 1500 msnm. Y al no hacerlo dentro de dicho rango hay problemas de crecimiento y producción, lo cual finalmente repercute en retribución económica inadecuada de la inversión.

Temperatura

La temperatura es el resultado de la radiación solar sobre la superficie terrestre y es uno de los elementos del clima que influye en la regulación de los procesos fisiológicos del cafeto, tales como: germinación de semillas, respiración, transpiración, fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes, floración, fructificación y maduración, entre otros. La temperatura óptima para el cultivo del cafeto varía según la especie, siendo en general de 20 a 25 °C. Si la temperatura es muy fría (menos de 15 °C), el cafeto se desarrolla lentamente y si la temperatura es muy alta (mayores de 30 °C), el proceso de desarrollo es precoz y la planta se agota rápidamente.

Lluvia

El rango óptimo de precipitación pluvial para una buena producción de café se encuentra entre 1200 y 1800 mm por año, distribuido entre 5 a 6 meses. En El Salvador se presenta un periodo seco de noviembre a Abril (verano) y otro lluvioso de mayo a Octubre (invierno) (Manual del Caficultor, 2003), afirmándose que el periodo seco es muy importante para el crecimiento de la raíz, inicio de maduración de frutos.

Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) está en función de la cantidad de agua en forma de vapor presente en el aire a una temperatura dada. En los cafetales bajo sombra la humedad relativa será siempre mayor que la de aquellos que se encuentren expuestos al sol, debido a que la sombra reduce la temperatura y la velocidad del viento, y en consecuencia la evaporación y la transpiración. En general el cafeto requiere humedad relativa media que oscile entre 65 y 85%.

Luz Solar

En El Salvador el café se cultiva bajo sombra ya que esta permite regular la penetración de la luz solar necesaria para propiciar un mejor desarrollo y mayor longevidad de los cafetales.

Viento

Los vientos suaves o moderados de 5 a 15 kilómetros por hora favorecen al microclima de los cafetales, mientras que vientos mayores de 15 kilómetros por hora provocan

daño mecánico en hojas, ramas y tallos, además de la caída de frutos y pérdida de humedad del suelo, actuándose más estos problemas cuando los vientos ocurren en época seca.

Suelo El cafeto crece mejor en suelos de textura franca; sin embargo se adapta a suelos franco arenoso y franco arcilloso con una profundidad efectiva mínima de 50 cm. y una capa de 20 cm. de horizonte orgánico. El pH óptimo es de 5.5 a 6.5. Los suelos ideales para el café son los de pendiente suave (5 a 12%) y los de pendiente moderada (de 12 a 25%).

PLAGAS

La Broca del café, se alimenta y procrea dentro del grano del café, la hembra inicia su perforación en la corona (ombligo) del grano, abre una galería en la semilla y deposita sus huevos. En la bebida se presenta un sabor catalogado como sucio y mohoso.

La roya, Aunque no ataca directamente el fruto puede contribuir a producir deterioro en la calidad del mismo produciendo frutos secos y con diferentes niveles de desarrollo.

CONCLUSIONES

El presente trabajo se ejecutó un diagnóstico fitosanitario, se desarrolló en la estación experimental de Sacacoyo, La Libertad. Lo que se realizó en este estudio es una recopilación de diferentes partes vegetativas con algún tipo de síntomas que manifiestan características de una enfermedad en los cultivos propios de la estación experimental, con el fin de llevar las muestras a laboratorio de fitopatología y hacer su respectivo estudio para verificar que tipo de patología posee el cultivo y con ello estar informado para su respectivo estudio del hongo, así como la incidencia y como lo podemos controlar.

Las muestras estudiadas en laboratorio se detectaron los hongos: *Hemileia vastatrix*, *Fusarium* sp, *Radopholus similis*, *Colletotrichum*, *Cercospora*, y antracnosis. Que son hongos que tienen gran impacto en la agricultura ya que son causante de enfermedades de pre y pos-cosecha, siendo estos responsables de pérdidas económicas cuantiosas, ya que estos pueden alterar el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes atacada por estos microorganismos.

En el trabajo se encuentran descripción de cada uno de los diferentes hongos, la forma en la que puede atacar al cultivo, así como también la transmisión del hongo ya sea por materiales o por la misma persona encargada, la infección, el tipo de reproducción, la germinación del patógeno. También se detalla los diferentes daños que pueden llegar a causar estos hongos en los cultivos encontrados, los síntomas que puede presentar la planta ante la invasión de estos hongos y los diferentes métodos de control que se pueden ocupar.

Entonces se llegó a la conclusión que estos hongos tienen gran incidencia en los diferentes cultivos, causando grandes pérdidas económicas. Por ellos de deben de realizar acciones que favorezcan al control para la reducción de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

Ávila L. (1989). Manual de Fruticultura, Chacaito, Caracas, Venezuela. Editorial Las Américas. Pág. 899 – 987.

CENTA. (1997). El Cultivo de plátano y guineo. Hoja Divulgativa No. 7, Programa de Hortalizas y Frutales, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Andrés, La Libertad El Salvador C.A.

García J. Sosa L. (1984). Caracterización de síntomas productivos por la ausencia de elementos nutritivos en el cultivo de plátano (Musa A.A.B. var. Horton Pseudotallo verde) en resúmenes II seminario de fruticultura Valencia. Fondo de Desarrollo Frutícola.

Guerrero M. 2011. Guía Técnica del cultivo de la Plátano. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Enrique Álvarez Córdova. CENTA, La Libertad, El Salvador. 36 p.

Rodríguez CM, Guerrero BM. (2002). El Cultivo de plátano, Guía Técnica No. 4, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Martínez, H., Pena, Y., y Espinal, C. (2006). La cadena de plátano en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. En Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de trabajo No. 102. Bogotá, Colombia. Obtenido en mayo de 2011, desde http://www.agrocadenas.gov.co/platano/documentos/caracterizacion_platano.pdf

Montiel, C., Sosa, L., Medrano, C., y Romero, D. (1997). Nematodos fitoparásitos en plantaciones de plátano (Musa AAB) de la margen izquierda del río Chana. Estado Zulia, Venezuela. Departamento Fitosanitario, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, Venezuela. pp. 245-251.

Ramírez, C., y Castaño, J. (2009). Efecto del tratamiento químico de la semilla de plátano con diferentes productos y tiempos de exposición sobre la población de nematodos fitoparásitos. Fitotecnia, No. 144. 2p

Rivera Alvarado, S., Guzmán Piedrahita, O. A., y Zamorano Montañéz, C. (2011). Arvenses hospedantes de nematodos fitoparásitos en el cultivo de plátano en la granja Montelindo. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

Román, J. (1978). Fitonematología tropical. Universidad de Puerto Rico, Est. Exp.

Sarah, J. L., Pinochet, J., y Stanton, J. (1996). El nematodo Barrenador del banana *Radopholus similis* Cobb. Plagas de Musa. Hoja divulgativa No. 1. Francia: INIBAP.

AVELINO, J.; RIVAS, G. 2013. La Roya anaranjada del Cafeto. Versión electrónica n. 1 del 03/12/2013. 47p. IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2013. Presentación La Roya del Cafeto (*Hemileia Vastatrix*). Gerencia Técnica, Departamento de Investigación, Tegucigalpa, M.D.C. 32 diapositivas.

CRISTANCHO, A., M.A.; et al. 2012. Razas de Roya: epidemias de 2008 a 2011. Avances Técnicos CENICAFE, 1-8.

FAMINE EARLY WARNING SYSTEMS NETWORK (Fews Net), RUTA y PROMECAFE. 2014. Informe Esp

INFOAGRO, SMN. 2014. Manual del evaluador sistema de alerta temprana SAT. Para la Roya del Cafeto. Tegucigalpa, M.D.C. 7p

RIVILLAS, O., C.A.; et al. 2011. La Roya del Cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos del control. Resultados de investigación. Boletín Técnico Cenicafé (Colombia) N0 36:6-52

RIVILLAS, O, C.A. 2012. Veintinueve años de convivencia con la Roya del Cafeto en Colombia. Asociación Nacional del Café. ANACAFÉ. Guatemala. Mayo 22. (PDF).

<https://www.koppert.es/retos/control-de-las-enfermedades/marchitez-vascular/#:~:text=S%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os,especie%20que%20causa%20marchitez%20vascular.>

<https://plantamus.com/blog/todo-sobre-fusarium/>

http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Fusarium_tom.html

https://es.wikipedia.org/wiki/Fusarium_oxysporum

<https://cropscience.bayer.com.ar/content/fusarium>

<https://www.koppert.es/retos/control-de-las-enfermedades/marchitez-vascular/>

<https://docplayer.es/80101475-Ficha-tecnica-no-46-mancha-de-hierro.html>

<http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/993/20/18.%20Mancha%20de%20hierro.pdf>

<https://microplanta.wordpress.com/2006/01/03/desinfeccion-de-las-herramientas/#:~:text=Existen%20varios%20m%C3%A9todos%20para%20desinfectar,y%20esterilizantes%20quir%C3%BArgicos%20en%20fr%C3%ADo.>

<https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cafe/produccion-global/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20global%20de%20caf%C3%A9,en%20m%C3%A1s%20de%2050%20pa%C3%ADses.&text=El%20productor%20m%C3%A1s%20grande%20de,de%202.3%20millones%20de%20hect%C3%A1reas.>

<https://www.elsalvador.com/noticias/negocios/donde-y-cuanto-cafe-produce-el-salvador/523671/2018/#:~:text=Actualmente%2C%20el%20pa%C3%ADs%20tiene%20seis,su%20sabor%2C%20acidez%20y%20fragancia.>