

E.A.P.

0328(45



BIBLIOTECA WILSON POPKOW
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 03
TEGUCIGALPA HONDURAS

SEMINARIO INTERNACIONAL

**MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS
EN BANANO Y PLATANO
CON ÉNFASIS EN SIGATOKA NEGRA**

**Abril 1 al 3 de 2002
Hotel Four Points Sheraton
Guayaquil, Ecuador**

211396



SEMINARIO INTERNACIONAL
"MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN BANANO Y PLATANO
CON ÉNFASIS EN SIGATOKA NEGRA"

Abril 1 al 3 de 2002
Hotel Four Points Sheraton, Guayaquil

PROGRAMACIÓN

LUNES 1 DE ABRIL DE 2002

HORARIO

- 08h00 – 09h00 Registro tardío de participantes y entrega de materiales
- 09h01 - 09h15 Palabras de inauguración. *Ing. Guillermo Ortega Rosines*,
Subsecretario Regional Sur y Galápagos. MAG.
- 09h16 – 10h00 Introducción al concepto de Manejo Integrado de Plagas
MSc. Mario Bustamante, Guatemala
- 10h01 – 10h30 RECESO / COFFEE BREAK
- 10h31 – 12h00 Manejo de Insectos y Nematodos. Primera Parte.
MSc. Mario Bustamante, Guatemala
- 12h01 – 12h30 Conferencia Técnica Auspiciante
- 12h31 – 14h00 RECESO / ALMUERZO
- 14h01 – 15h30 Manejo de Insectos y Nematodos. Segunda Parte.
MSc. Mario Bustamante, Guatemala
- 15h31 – 16h00 Conferencia Técnica Auspiciante: Alternativa Orgánica para el control
de la Sigatoka Negra en Banano. *Ing. René Amador, Honduras*
- 16h01 – 16h30 Conferencia Técnica Auspiciante. Aspectos Agronómicos de Spraytex M
Ing. María Cecilia Morales, Ecuador
- 16h31 – 17h00 RECESO / COFFEE BREAK
- 17h01 – 18h00 Manejo de Malezas. *MSc. Mario Bustamante, Guatemala*

ASO. GRADUADOS EAP "EL ZAMORANO", CAPITULO LITORAL ECUATORIANO
Av. 9 de Octubre # 415 entre Chile y Chimborazo. Primer Piso. Oficina # 2
Telf: (593 4) 526 568. Telefax: (593 4) 516 991. E-mail: ageapple@telconet.net
Guayaquil, Ecuador, S.A.

MARTES 2 DE ABRIL DE 2002

HORARIO

- 08h00 – 09h30 Manejo de Virosis, Bacteriosis y Enfermedades post-cosecha. *MSc. Mario Bustamante, Guatemala*
- 09h31 – 10h00 Conferencia Técnica Auspiciante: Medición de la Potencia de los Insecticidas Biológicos a base de *Bacillus thuringiensis*. *MSc. J. Francisco Montero, Costa Rica*
- 10h01 – 10h30 RECESO / COFFEE BREAK
- 10h31 – 12h00 Sigatoka Negra. Importancia económica, taxonomía, ciclo de la enfermedad y factores que favorecen su desarrollo. *PhD. Luis Jácome, Honduras*
- 12h01 – 12h30 Conferencia Técnica Auspiciante: Manejo integrado y control de Sigatoka mediante el uso de funguicidas ecológicos. *Ing. Milton Peralta, Ecuador*
- 12h31 – 14h00 RECESO / ALMUERZO
- 14h01 – 15h30 Sigatoka Negra. Clasificación de los funguicidas, modo de acción, mezclas. *PhD. Luis Jácome, Honduras*
- 15h31 – 16h00 Conferencia Técnica Auspiciante: Superioridad de las formulaciones INDAR 2 OF y DITHANE 350 OS en el cultivo de banano y plátano. *Ing. Agnelio Jurado, Ecuador*
- 16h01 – 16h30 RECESO / COFFEE BREAK
- 16h31 – 18h00 Sigatoka Negra. Concepto de resistencia y factores que favorecen su desarrollo. *PhD. Luis Jácome, Honduras*

MIÉRCOLES 3 DE ABRIL DE 2002

- 08h00 – 09h30 Sigatoka Negra. Manejo integrado de la enfermedad. *PhD. Luis Jácome, Honduras*
- 09h31 – 10h00 Conferencia Técnica Auspiciante: TEGA 075 EC (*Trifloxystrobin*) nueva alternativa en el manejo y control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano". *Ing. Ricardo Muñoz, Ecuador*
- 10h01 – 10h30 RECESO / COFFEE BREAK
- 10h31 – 12h00 Sigatoka Negra. Manejo integrado de la enfermedad. *PhD. Luis Jácome, Honduras*
- 12h01 – 12h30 Conferencia Magistral. Avances en el diagnóstico, control y conocimiento de la Sigatoka negra del colectivo de productores de la Hacienda Experimental "La Hormiga" e investigadores del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE-ESPOL) *Dr. Rodolfo Mariño, Cuba*
- 12h31 – 14h00 RECESO / ALMUERZO
- 14h01 – 15h30 Conferencia Magistral. Sigatoka Negra. Manejo integrado de la enfermedad. *Ing. Luis Bernal, Costa Rica*
- 15h31 – 16h00 Conferencia Técnica Auspiciante. Uso adecuado de funguicidas en banano. *Ing. Carlos Brando, Ecuador*
- 16h01 – 16h30 RECESO / COFFEE BREAK
- 16h31 – 17h30 Conferencia Magistral: Recomendaciones para el uso racional de funguicidas en el control de Sigatoka Negra en Ecuador. *MSc. Héctor Calle, Ecuador*
- 17h31 – 18h30 Mesa Redonda.

ASO. GRADUADOS EAP "EL ZAMORANO", CAPITULO LITORAL ECUATORIANO

Av. 9 de Octubre # 415 entre Chile y Chimborazo. Primer Piso. Oficina # 2
Telf: (593 4) 526 568. Telefax: (593 4) 516 991. E-mail: ageapple@telconet.net
Guayaquil, Ecuador, S.A.

APUNTES

RESUMENES

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS CULTIVO DE BANANO Y PLATANO

El cultivo de banano y plátano ha cambiado radicalmente en los últimos veinte años, desde el sistema de producción hasta el manejo de plagas (insectos, hongos, nematodos, malezas, etc.) y colateralmente han aparecido otros problemas colaterales, que han incrementado los costos de producción.

El cultivo de plátano, de manejarse a nivel de pequeños productores de subsistencia para mercados locales, se ha pasado a la producción de mayores áreas para exportación, debido a la emigración de población latina a Estados Unidos de América. Esto ha traído como consecuencia, la tecnificación del cultivo, pasando de bajas densidades de población para cosecha perenne a altas densidades para cosecha programada, programas de fertilización, riego y manejo de la plantación.

En el cultivo de banano, también se ha pasado de cultivar bajas densidades con plantas de porte alto, excelente fruta para el manejo, a altas densidades con plantas de porte bajo, con buena fruta pero de difícil manejo. En algunas regiones de transportarlas del campo a las empacadoras en racimo, a transportarlas en manos para reducir el daño. El manejo de la plantación por áreas, para determinar la fertilización adecuada y así reducir costos, de siembra hexagonal o al cuadro a siembra en doble hilera en surco.

Todos estos cambios en banano y plátano, se han incrementado por la producción masiva de plántulas por la técnica de cultivo de tejidos, que ha traído problemas en cuanto a la presencia de plantas no deseables en un porcentaje no cuantificado comercialmente, y a la vez a la propagación de ciertos problemas virales.

La producción de plántulas in vitro (cultivo de tejidos), elimina la selección que se realizaba en el campo para determinar la presencia de nemátodos, picudo y bacterias (moko y erwinia), presenta uniformidad en el desarrollo de las plantas y en la producción, manejo de grandes cantidades de plántulas en poco espacio y transporte, y el manejo de las mismas en bolsas en invernadero o túneles, que permite una mejor selección del material que se llevará al campo.

El manejo de la plantación se mantiene desde el deshije para la selección del hijo de producción (para mantener la secuencia de madre, hijo, nieto) que se realiza en forma periódica (cada 3 meses dependiendo de la zona de producción) en plantaciones perennes. Este deshije varía dependiendo si la siembra es hexagonal o al cuadro en donde se selecciona el mejor hijo y la orientación, mientras que en el sistema de doble hilera en surco el hijo se selecciona por orientación. En este último sistema se permite sembrar mayor densidad de plantas por área, la cosecha presenta mayores facilidades, no hay crecimiento de malezas entre las hileras, permite el sistema de riego por goteo y el área entre los dos surcos permite un mejor control de malezas, usando herbicidas, con machete manual o el machete mecanizado y permite además el cambio de sitio de la plantación

después de 4 a 5 años de producción. Presenta problemas de manejo, pero conforme se va conociendo el sistema se mejora.

En las plantaciones programadas o anuales, el deshije consiste en la eliminación de todos los hijos (no tomando en cuenta la secuencia de producción) antes de la parición, posterior a la parición, no se eliminan los hijos y después de la cosecha, se selecciona el material de siembra y el resto se vende. Este sistema de producción mantiene una densidad de siembra entre 3.300 a 4000 plantas por hectárea (en ciertas zonas llegan hasta 5.000 plantas/ha). La siembra debe realizarse en forma programada, en algunas regiones siembran cada mes y en otras cada dos meses, para mantener siempre fruta en el mercado. Posterior al análisis de suelos en cuanto a fertilidad, la fertilización es cuestionada, mientras ciertos productores y técnicos consideran que esta debe ser por unidad de producción (planta), tomando en cuenta la cantidad de fertilizante de acuerdo al número de unidades de producción, otro grupo considera que la fertilización se debe hacer por área no dependiendo del número de unidades de producción que esta tenga.

El mercado ha entrado en una nueva etapa, y es la producción de banano y plátano orgánico, en algunas ocasiones se le denomina “producción ecológica”, “producción amigable con el ambiente”, y cuyo objetivo final es la eliminación del uso de agroquímicos sintéticos, que aparentemente afectan la salud del trabajador de campo, el ambiente y no se ha dado del caso de consumidor final. Esta nueva etapa, conlleva el uso de fertilizantes naturales (roca fosfórica), abonos naturales fermentados (bocashi), gallinaza y otros, para el manejo de las plagas el uso de controladores biológicos y bioplaguicidas (microbiológicos, botánicos, etc.).

Todos los avances en el manejo de la plantación, desde la selección de variedades que presenten mejores alternativas, conlleva a que se pueda aplicar el término de “Manejo Integrado del Cultivo”, sustituyendo a lo que hemos venido presentando como “Manejo Integrado de Plagas”

Plagas principales del cultivo:

Plagas del suelo

1. Insectiles

Cosmopolites sordidus (Picudo negro), *Metamasius* sp. (Picudo café)

Se mencionan los dos picudos, en vista de que en Ecuador se ha reportado que los dos causan daño, aunque el que mas se ha reportado es el picudo negro. En evaluaciones realizadas en las áreas plataneras de Centroamérica, siempre se ha encontrado el *Metamasius*, que se diferencia del picudo negro, porque este es de color café con rayas oscuras que es considerado como la plaga principal en Colombia y Venezuela. A la fecha no se ha evaluado la importancia de este picudo sobre los daños ocasionados a las plantas.

Ambos se encuentran en semilla y en plantas en desarrollo causando caída de la planta y su síntoma diferencial es que las plantas se quiebran a nivel del cuello (unión delseudotallo con el corno).

Biología y Ecología

- El adulto es un escarabajo de color negro, mide cerca de 10 mm de largo y tiene en la cabeza una proyección en forma de pico curvado (se encuentran las mandíbulas y los palpos). Los adultos son nocturnos y se alimentan del material orgánico descompuesto o en proceso de descomposición.
- La hembra abre un agujero en el corno (rizoma o semilla) a nivel del suelo y coloca un solo huevo en cada orificio, de donde emerge la larva. La hembra tiene la capacidad de producir de 10 a 270 huevos durante su vida. Los huevos eclosionan después de 5 a 7 días, pudiendo alargarse hasta 36 días, si la temperatura permanece a 15° C..
- La larva es un gusano pequeño de color blanquecino con la cabeza de color café, el cual comienza a taladrar el corno haciendo galerías profundas, llegando en algunas ocasiones a dañar la base del pseudotallo. El período larval dura de 15 a 165 días (dependiendo de las condiciones de temperatura), durante el cual pasa por 5 estadios larvales.
- Las larvas empupan en las galerías cercanas a la superficie (en raras ocasiones en el suelo) y el estadio pupal se desarrolla dentro del corno sin formar capullo y dura de 4 a 22 días. En laboratorio se ha encontrado que a temperaturas entre 18 y 25 C el estadio de prepupa fue de 2 a 3 días y el de pupa de 7 a 8 días., pero a temperaturas de 30 C el período pupal dura 5.5 días y a 16 C dura 23 días.. El adulto emerge posteriormente, el cual puede vivir de dos a cuatro años.
- Los adultos nacen en el interior del corno, permaneciendo de 6 a 30 días (período de maduración), para luego salir al exterior cavando una galería de salida. El adulto prefiere plantas débiles y principalmente el corno usado como semilla que se deja en el campo por varios días, en estos oviposita y cuando este material se siembra ya el daño está hecho y se comienza a infestar el nuevo campo.
- El adulto del picudo negro se reconoce primero por su tamaño y luego porque al tocarlo se hace el muerto y se inmoviliza, para moverse posteriormente.

Síntomas y daño

- La larva (gusano) hace túneles en el cormo, que permite la entrada de hongos y bacterias que pudren el cormo y la base del pseudotallo.
- Cuando la planta ha sido bastante afectada el síntoma típico es la caída (acame) de la planta en la unión del pseudotallo con el cormo (desnucamiento), el cormo presenta un sistema radicular dañado por pudrición pero casi normal.
- Los cormos al ser evaluados presentan galerías y daños de color negruzco, algunas veces cuando el daño es viejo, presentan halos húmedos de color rojizo que es la presencia de bacterias.
- Las plantas con daño, se observan con poco desarrollo, débiles, el sistema foliar cerrado (similar a la falta de agua), de color amarillo y marchitas.
- Los racimos producidos son pequeños, fruta mal formada y poco desarrollada.

MIP

- Muestreo en el campo, haciendo uso del pseudotallo recién cortado (trampa viva al dejar unos 10 a 15 cm de pseudotallo pegado al cormo y colocarle un disco de pseudotallo de 5 cm, con una ranura; trampa muerta cortando el pseudotallo con una altura de 10 a 15 cm y colocarle el disco o cortar el pseudotallo longitudinalmente y colocarlos en el suelo, todas las trampas cubiertas con hojas para evitar que se des sequen), se leen a las 72 horas y al encontrar de 15 a 20 adultos por trampa tomar las medidas correctivas. Colocar de 15 a 20 trampas por ha. y eliminar manualmente a los adultos que se encuentren en las trampas.
- En este tipo de trampas se encontrarán Picudo negro, Picudo café (*Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*), y picudito negro (*Polytus* sp.), que es similar al picudo negro pero mucho más pequeño, no hace daño.
- En plantaciones con altas poblaciones, el productor muestra de acuerdo a las plantas desnucadas, al encontrar más del 25% de plantas caídas, se recomienda eliminar hijos del resto de plantas e iniciar una nueva siembra con semilla sana.
- Selección de la semilla fuera del campo, eliminando las partes dañadas hasta un 25%, al observar mayor daño no sembrar el cormo y enterrarlo junto con la parte eliminada.

- La semilla seleccionada sembrarlas inmediatamente y no dejarla por varios días. Hacer aplicaciones de Creolina (creolite) al 5% sobre la semilla, este tiene un efecto repelente.
- Hacer buenos drenajes para evitar acumulación de agua en la plantación.
- Al momento de cosechar, hacer el corte del pseudotallo a ras del suelo, para evitar que haya fuente de oviposición o hacer la trampa viva en dicho lugar.
- Mantener limpia la plantación de malezas de hoja ancha.

Control natural

- Hacer uso de suficientes trampas por área como un método de control de adultos, colocando *Beauveria bassiana* o *Metharrizium anisopliae*.
- Hacer aplicaciones alrededor de las plantas afectadas de *Beauveria bassiana* o *Metharrizium anisopliae*.
- Colocación de hormigas *Solenopsis germinata* y *Tetramorium bicarinatum* en las áreas infestadas.
- Manejo de las avispas del genero *Polybia* y *Polystes*, colocándolas en las áreas de mayor infestación.
- Aplicar Creolina al 5% sobre los cormos que se usarán como semilla y cubrirlos con plástico, tiene un efecto repelente al adulto para evitar oviposición. Se puede aplicar dentro de la plantación también.
- El sapo gigante (*Bufo marinus*) y gallinas son buenos depredadores.
- Trampas de envases plásticos de galón cuadrado, se le hacen rampas para permitir la penetración de los adultos, colocando como atrayente la feromona Cosmolure (5 trampas/ha) y abajo agua con jabón.
- Para el picudo café, se usa la feromona Metalure igual que para picudo negro.

Control químico

- Se recomienda hacer uso de Oxamyl (Vidate) en forma localizada alrededor de la planta, al momento de hacer el control de nematodos.
- Se puede usar un insecticida de baja toxicidad sobre las trampas que se coloquen en el campo.

2. Nematodos

Se presentarán los dos géneros más importantes que se han encontrado en las áreas bananeras y plataneras de los países productores de centroamérica y América del Sur. En algunas áreas también se ha considerado como problema el nemátodo *Pratylenchus coffeae*, pero no se ha evaluado su daño.

Meloidogyne spp. (nematodo agallador)

Biología y ecología

- Es un nematodo endoparásito, que su ciclo se reduce a cuatro estadios, el primero se desarrolla dentro del huevo, el segundo y tercero en el suelo y en el cuarto estadio como larva alargada penetra en la raíz, comenzando a alimentarse de las células sin matarlas, pero induciéndolas a producir núcleos sin destruir la pared celular, razón por lo que la raíz comienza a engrosar en dicho lugar, por lo que la raíz comienza a producir raíces secundarias como una forma de sobrevivir. La hembra toma la forma de una pera, teniendo la vulva en la parte externa de la raíz.
- Por donde inicia a producir huevos (100 a 200) recubriéndolos de una capa gelatinosa.
- Los huevos eclosionan entre 8 y 12 días, saliendo las larvas y viviendo en el suelo en el segundo y tercer estadio buscando raíces nuevas para introducirse en ellas, viviendo de 2 a 3 meses. La hembra durante ese periodo de tiempo puede ovipositar varias veces.
- Las larvas son más hembras que machos y pueden reproducirse partenogenéticamente.
- Las condiciones para el aumento de poblaciones son temperatura, humedad alta y principalmente tipo de suelo, prefiriendo los suelos arenosos. Suelos arcillosos o con contenido alto de materia orgánica no son preferidos y viven menos. Los factores que más les afectan son sequía y falta de raíces.
- Nivel crítico para tomar acción es 25 nemátodos/100 cc de suelo o cuando el 30% de las raíces están infestadas.

Radopholus similis (nematodo perforador)

Biología y ecología

- Este es un nematodo endoparásito, que se alimenta dentro de la raíz, Perforándola, pudiendo llegar hasta el corno, en donde hace lesiones, que pueden permitir la entrada de bacterias.
- La hembra coloca los huevos en las lesiones que ella hace durante su Alimentación. Sufre cuatro mudas, pasando por cuatro estadios Juveniles antes de llegar a su estado adulto.
- La reproducción es sexual, siendo necesaria la presencia del macho, para la fertilización
- La hembra tiene la capacidad de colocar de 4 a 6 huevos por día, continuando hasta por 2 semanas. Los huevos eclosionan entre 7 y 8 días en la raíz, el período larval es de 10 a 13 días y de adulto 11 días. El ciclo aproximado entre huevo y huevo es completado entre 20 a 25 días.
- El nivel crítico varía entre regiones, dependiendo de diversos factores, pero el que se ha considerado es entre 15.000 y 20.000 nematodos por 100 gramos de raíz. Otros investigadores prefieren expresarlo en 100 ml. de raíces. El mejor muestreo para determinar las acciones a tomar consiste en evaluar el efecto del bajo rendimiento a nivel de toda la plantación, número de plantas caídas y por último la evaluación del número de comos afectados y el grado de daño que muestran.

Síntomas y daño

- Por dañar el sistema radicular, la expresión del síntoma se observa en fruta pequeña, de bajo peso y el desarrollo de la misma es lento. El síntoma final en el campo se expresa en la caída de la planta por desraizamiento (no desnucado)
- Al evaluar el sistema radicular, se encontrarán manchas de color de rojizo oscuro, y en el corno las manchas y galerías con coloración rojizo oscuro y negro. En algunas ocasiones se observa la presencia de una macha acuosa producto de la infección por bacterias.



Helicotilenchus spp. (nematodo de espiral)

Biología y ecología

- Este es un nematodo ectoparásito, que se alimenta de las células de la epidermis de la raíz, las larvas son de 2 a 3 veces más grandes que las de *Meloidogyne*, su reproducción es sexual. La oviposición es menor que *Meloidogyne* y las larvas tienen cuatro estadios de desarrollo y viven de 2 a 3 meses.
- Es menos dañino que *Meloidogyne* y el nivel crítico es de 1000 nemátodos por 100 cc. De suelo.

Síntomas y daño

- Las funciones normales de las raíces en absorción y almacenamiento de nutrientes, absorción de agua, anclaje e intercambio de sustancias de crecimiento son afectadas, perdiéndose la eficiencia radicular.
- En el follaje, se observan síntomas de hojas coriáceas, hojas nuevas muestran coloración amarillenta, mientras que las hojas viejas muestran un color amarillo anaranjado y cuando el ataque es severo se muestra una decoloración completa del follaje.
- El peso de los racimos se reduce considerablemente, así como el diámetro y longitud de los frutos.

MANEJO INTEGRADO DE LOS NEMATODOS

- Seleccionar semilla de áreas que no muestren daño y presencia de nematodos.
- Limpiar la semilla fuera del área eliminando tierra y todo el sistema radical que presente el cormo.
- Tratamiento de los cormos en agua caliente a 56 grados centígrados por 10 minutos.
- Usar plantas de cultivo de tejidos para áreas nuevas.
- Mantener un buen sistema de drenajes para reducir los encharcamientos.
- En áreas con bastante infestación y pérdida de plantas, se recomienda dejar el suelo en barbecho por lo menos de tres meses (zonas secas) hasta 14 meses (zonas húmedas).

Manejo orgánico

- En plantaciones establecidas en donde se haya detectado poblaciones altas, el uso de materia orgánica (Compost, Lombricorpos, Bocachi) alrededor de las plantas (aproximadamente 35 quintales por manzana, ha ayudado a bajar poblaciones de nematodos.
- Aplicación de la bacteria *Pasteuria penetrans*.
- En áreas con bastante infestación y pérdida de plantas, se recomienda dejar el suelo en barbecho por lo menos de tres meses (zonas secas) hasta 14 meses (zonas húmedas).

Control químico

- Aplicaciones de los nematicidas que estén autorizados para banano y plátano, alrededor del hijo de producción ayuda a reducir las poblaciones de los nematodos y protege el sistema radicular de la nueva planta productiva.

3. Bacterias

Erwinia carotovora (Pudrición del cormo)

Biología y Ecología

- Esta bacteria vive en el suelo y penetra al cormo por las heridas que se le causan, ya sea mecánicas, por picudo o por nematodos.
- Condiciones de alta humedad y altas temperaturas ayudan a que la bacteria sea mas activa y dañe mas el cultivo.
- Al hacer el corte de las partes afectadas se muestra un olor fétido característico de esta bacteria.
- Se dispersa al usar cormos infectados en nuevas siembras

Síntomas y daño

- Produce la caída de las plantas en la base del pseudotallo, similar a la caída producida por el picudo.
- Las hojas se toman de color amarillento, las hojas nuevas son angostas y la candela muestra en la base síntomas de pudrición.

orgánicas mas cal en capas, cerrar el agujero con tierra y luego si se hace en época seca sembrar a los cuatro meses, si se hace en invierno sembrar a los seis meses a un lado del sitio.

Control químico

- Inyectar al pseudotallo de las plantas enfermas Round up al 20% (200 cc en un litro de agua), aplicando a cada planta 50 cc de la mezcla distribuidos en 5 sitios, iniciando la aplicación de la base de la planta, hasta que la planta se seque.

Plagas del pseudotallo y fruto

1. Bacterias

Ralstonia solanacearum (*Pseudomonas solanacearum*) (Moko)

Tratada anteriormente.

Erwinia Chrysantemi (Pudrición acuosa del tallo)

Biología y ecología

- Esta bacteria existe en todas las plantaciones sin causar daño, pero se activa e inicia el proceso de infección cuando la planta sufre un estrés por exceso o falta de agua, deficiencia de potasio u otro factor nutricional, o cuando la planta sufre una herida por cortar una hoja (en el deshoje) halándola hacia abajo, colocar un soporte de madera para apuntalar la fruta o daño por una herramienta y se introduce y daña a la planta por heridas que le son causadas al pseudotallo.

Síntomas y daño

- Se inicia una mancha acuosa de color oscuro en el sitio en donde se ha iniciado el proceso de infección, amarillamiento de las hojas mas viejas y de los pseudopecíolos (unión de las hojas) de abajo hacia arriba, doblamiento de las hojas en pseudopecíolo, el pseudotallo cercano a las hojas se va poniendo delgado y la planta se dobla en la parte afectada.
- Al hacer un corte del pseudotallo se observan manchas necróticas, hasta llegar a la mancha acuosa de color café rojizo y las brácteas están dañadas de afuera hacia adentro, esta es la razón para que los síntomas de amarillamiento se presenten en las hojas viejas.

MIP

- Seleccionar los cormos de áreas sin este problema y revisarlos para evitar que lleven la pudrición, esta se observa por las manchas acuosas que se presentan.
- Mantener un buen control de nematodos y picudo, evitar dañar mecánicamente la base de las plantas.
- Buenos drenajes para evitar encharcamientos
- Eliminación de las plantas enfermas y desinfección del machete o herramientas que sean usadas.

Manejo orgánico

- Las plantas que sean afectadas, cortarlas y aplicar en el agujero donde estaba la Planta Cal viva.
- Eliminar el riego por gravedad
- Buena fertilización usando compost.

Control químico

- No existe.

Ralstonia solanacearum (*Pseudomonas solanacearum*)

Biología y ecología

- Esta bacteria afecta a otros cultivos y tiene mas de 300 hospederos, por lo que se tiene que conocer cual cultivo ha existido anteriormente para iniciar una nueva plantación. En Nicaragua se encuentra dispersa en todas las áreas en donde se cultiva guineo (chato, moroca, cuadrado, Musa ABB) y de esta planta se ha transmitido al plátano.
- Necesita humedad y temperaturas entre 18 y 24 grados centígrados y una herida para poder infectar el plátano. Puede vivir en el suelo por varios años siempre y cuando exista una planta hospedera y las condiciones ambientales para su desarrollo.
- Se transmite por la raíz, cormos, heridas al pseudotallo de machete u otra herramienta infectada al momento del deshije y corte de fruta, y por las flores a través de insectos y pájaros.

Síntomas y daño

- Los síntomas son similares, pero el tiempo de aparición varían.
- Transmisión por semilla, se presenta en las primeras etapas de crecimiento presentando la primera hoja doblada en el centro de la misma y color amarillento, marchites y posteriormente secado.
- Los síntomas en los hijos se muestran por heridas de machete usado en el deshije, éstos toman un aspecto de marchitez antes de presentar las hojas verdaderas o en hijos de agua las primeras hojas se tornan amarillentas y marchitas.
- Los síntomas en las plantas adultas antes de la emisión del racimo lo presentan en las hojas nuevas con amarillamiento y angostas.
- En estas tres etapas al hacer corte del pseudotallo y del cormo se encuentran manchas de color amarillo claro y café rojizo alrededor de la parte central. No tiene ningún olor como la *Erwinia*.
- La enfermedad se puede presentar en la fruta, por las heridas que dejan las flores masculinas al desprenderse y que son visitadas por insectos y pájaros que llevan la bacteria. Los síntomas de manchas amarillo claro y café rojizo se presentan en los frutos y raquis del tallo. Los frutos comienzan a madurar prematuramente, llegando a mostrar una coloración amarilla. Al hacer un corte de los frutos, se observa una pudrición seca.

MIP

- Seleccionar semilla sana y no sacar material de áreas en donde se ha presentado la enfermedad.
- No sembrar en áreas en donde se ha presentado la enfermedad y no se ha tratado la planta enferma.
- No usar la misma herramienta que se ha usado en el manejo de la plantación de guineos.
- Desinfectar las herramientas con cloro al 5-6%, amonio cuaternario 5% (Beloran) o Iodine o Banodine al 5% al ingresar a nuevas áreas si hay sospecha de que se ha trabajado en áreas con la enfermedad.

Manejo orgánico

- No existe más que la prevención que se presenta en MIP, sin usar formalina o cloro.
- Para tratamiento de las plantas enfermas abrir un agujero agregar cal al fondo, ir cortando la planta, enterrarla y aplicar enmiendas

- Los síntomas de amarillamiento se pueden confundir con los que presentan el daño de picudo negro y de virus.

MIP

- Usar semilla sana, proveniente de áreas que no presenten la enfermedad.
- Sembrar plántulas provenientes de cultivo de tejidos
- Mantener una fertilización adecuada a la planta, que depende del análisis de suelo.
- Evitar el exceso o la falta de agua en la plantación.
- Eliminar la plantas enfermas.
- Desinfección de herramientas tal como se indica en el tratamiento de Moko.

Manejo orgánico

- La única recomendación que se puede dar es la de prevención que se da en MIP

Control químico

- No existe.

3. Virus

Cucumber Mosaic Virus (CMV) y Banana Streak Virus (VSB)

Biología y ecología

- Su transmisión es desconocida, y aparentemente se encuentran en un genoma de la planta. Se atribuyeron inicialmente a los clones FHIA, por lo que se prohibió la entrada a Nicaragua de éstos. Pero se ha comprobado que afecta a todos los clones, especialmente cuando son reproducidos en grandes cantidades por cultivo de tejidos.
- El virus no es transmitido mecánicamente, por lo que se debe de tomar en cuenta la procedencia y la calidad de la semilla.

Síntomas y daño

- Crecimiento y vigor reducido de la planta, hasta la muerte de la misma
- Racimos pequeños y frutos deformes

- Ruptura de la base del pseudotallo en la base de las yaguas en forma de triángulo con la base en la parte de abajo cortando las yaguas.
- Muerte de la hoja bandera, con pudrición en la base de la hoja similar al daño de picudo y pudrición del corno y del pseudotallo.
- Estrías de color Amarillo en las hojas

MIP

- No existe metodología de muestreo para esta enfermedad, únicamente detectar las plantas enfermas, determinar el avance de la enfermedad en cada una de ellas y dejarlas que produzcan fruto o eliminarlas en caso del daño muy avanzado.
- Los síntomas de la enfermedad son manchas como pizcas de color amarillento en las hojas (BSV), amarillamiento tipo mosaico en las hojas (CMV), rajamiento del pseudotallo, pudrición del cogollo de la planta, caída del racimo y fruta pequeña y mal formada.

Manejo orgánico

- No existe mas que las recomendaciones dadas en MIP

Control químico

- No existe.

Recomendaciones generales para el manejo de la plantación

1. Picudo negro :
 - a. Muestreo utilizando trampas de pseudotallo colocando 5/manzana y a las 72 horas leerlas, al encontrar 5 picudos promedio por trampa se hace una aplicación de un insecticida, en caso contrario se pueden colocar mayor número de trampas para que sirvan de control. Se puede usar la feromona Cosmolure para muestreo y control, colocando en el recipiente agua con jabón.
 - b. Se recomienda sembrar semilla sana y no dejarla por mucho tiempo en el campo, en caso contrario aplicar Creolina al 5% sobre el material, esto repele al insecto.
 - c. Mantener la plantación limpia de malezas y con buenos drenajes para evitar acumulación de agua.
 - d. Al observar plantas caídas desnucadas, determinar las áreas para hacer un control únicamente en dichas plantas.

- e. Si se presenta el picudo café (*Metamasius* spp.), seguir el mismo procedimiento de manejo.

2. Pudrición del tallo y pudrición del como :

- a. Utilizar semilla limpia proveniente de campos que no estén afectados por esta bacteria. Eliminar la semilla que presente manchas acuosas
- b. Evitar heridas de herramienta en el pseudotallo y en la base del mismo, para evitar la entrada de estas bacterias.
- c. Controlar picudos y nemátodos para evitar que estos produzcan heridas por donde penetre la bacteria.
- d. No existe método de muestreo para evaluar el daño. Para pudrición del como (*Erwinia carotovora*) se pueden evaluar las plantas caídas (desnucadas) y determinar si el daño es por el picudo o nemátodos o por la bacteria. Esta presenta un olor característico nauseabundo. Para pudrición acuosa del pseudotallo, se observan las manchas oscuras y acuosas en donde se encuentra la bacteria y el doblamiento de las plantas en esa área.

2. Moko

- a. El método de muestreo únicamente sirve para determinar la presencia de la bacteria en la planta, con la presencia de amarillamiento de las hojas centrales, fruta madura prematuramente y desarrollo anormal de la planta.
- b. Se recomienda usar semilla de áreas limpias, en caso de sospecha, se determina la presencia de la bacteria al hacer un corte en la semilla y a los pocos segundos se observan gotas como mucosidad. No tocar estas gotas.
- c. Se recomienda no sembrar en áreas cercanas o donde haya existido guineo, porque es una fuente de inóculo. Al mismo tiempo si la plantación de guineo está cercana, eliminar la bellota o chira para evitar la transmisión de la bacteria por insectos o pájaros, al mismo tiempo que las herramientas usadas en la plantación de guineo NO SE USEN EN LA PLANTACION DE PLATANO.
- d. En caso de la presencia o sospecha de Moko en la plantación, desinfectar las herramientas planta a planta con cloro al 5% , formaldehido.al 5% o Belorán al 5%.

3. Virosis (CMV y BSV)

A la fecha el manejo de este problema, de acuerdo a mi experiencia no tiene solución. Se le ha achacado a las variedades FHIA, pero considero que el problema es debido a la masificación de la producción de plántulas por medio de cultivo de tejidos

4. Bibliografía

Belalcazar, Silvio, 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Ica, Cali, Colombia.

Belalcazar, Silvio, 1999. El cultivo del plátano. Guía práctica, Armenia, Quindío, Colombia.

Bustamante, M. Et al, 1996. Manejo Integrado de Plagas de Musáceas (plátano y guineo), Zamorano-USAID, Nicaragua.

Bustamante, M, et al, 2000. Manejo del cultivo de plátano. Recomendaciones para el técnico y productor. El Zamorano, Honduras.

Stover R.H. and N.W. Simmonds, 1987. Bananas. Longman Scientific Technical, John Willey and Sons, Inc. New York.

5. Sitios en el internet

Generalidades

<http://unanleon.edu.ni/unanleon/proyectos/musaceas/pages/musaceas3.htm>

<http://www.cfired.org.ar/esp2/sectores/frutic/magmun.htm#segunda>

Plaguicidas a usar

<http://www.epa.gov/docs/epacfr40-chaptl.info/subch-E/40p0180/40P0180C.pdf>

<http://www.epa.gov/docs/epacfr40/chaptl.info/subch-E/>

<http://www.dupont.com.mx/agricolas/cultivos.htm>

<http://www.disagro.com/oisite/productosyservicios/proteccionvegetal/pocultivo.htm>

LISTADO DE PLAGUICIDAS PARA BANANO Y PLATANO
AUTORIZADOS POR LA EPA

Chemical Name	Crop	PPM	CFR
3-Carbamyl-2,4,5-trichlorobenzoic acid	BANANAS	-	180.1110
Ametryn	BANANAS	0.25	180.258
Azoxystrobin	BANANAS	2.0	180.507
Cadusafos	BANANAS	0.01	180.461
Carbaryl	BANANAS	10.0	180.169
Carbofuran	BANANAS	0.1	180.254
Chlorothalonil	BANANAS	0.5	180.275
Chlorpyrifos	BANANAS	0.1	180.342
Diazinon	BANANAS	0.2	180.153
Difenoconazole	BANANAS	0.2	180.475
Diquat dibromide	BANANAS	0.05	180.226
Diuron	BANANAS	0.1	180.106
Ethoprop	BANANAS	0.02	180.262
Fenamiphos	BANANAS	0.1	180.349
Fenarimol	BANANAS	0.5	180.421
Fenbuconazole	BANANAS	0.3	180.480
Fonofos	BANANAS	0.1	180.221
Fosetyl-Al	BANANAS	3.0	180.415
Glufosinate-ammonium	BANANAS	0.30	180.473
Glufosinate-ammonium	BANANAS	0.30	180.473
Glyphosate and its metabolites	BANANAS	0.2	180.364
Hexaconazole	BANANAS	0.7	180.488
Mancozeb	BANANAS	4.0	180.176
Oxamyl	BANANAS	0.3	180.303
Paraquat dichloride	BANANAS	0.05	180.205
Propiconazole	BANANAS	0.2	180.434
Simazine	BANANAS	0.2	180.213
Sulfosate	BANANAS	0.05	180.489
Tebuconazole	BANANAS	0.05	180.474
Terbufos	BANANAS	0.02	180.352

		5	
Thiophanate-methyl	BANANAS	2.0	180.371
Tridemorph	BANANAS	0.1	180.372
Trifloxystrobin	BANANAS	0.10	180.555
Oxyfluorfen	BANANAS (INC PLANTAINS)	0.05	180.381
Phosphine	BANANAS (INC PLANTAINS)	0.01	180.225
Myclobutanil	BANANAS (POST-H)	4.0	180.443
Benomyl	BANANAS (PRE & POST-H)	1.0	180.294
Thiabendazole	BANANAS (PRE & POST-H)	3.0	180.242
Bitertanol	BANANAS, WHOLE	0.2	180.457
Imazalil	BANANAS, WHOLE	3.0	180.413
Maneb	BANANAS, WHOLE	4.0	180.110
Triadimenol	BANANAS, WHOLE	0.2	180.450
Thiram	BANANAS, WITH PEEL (PRE & POST-H)	7.0	180.132
3-Carbamyl-2,4,5-trichlorobenzoic acid	BANANAS, PULP	-	180.1110
Azoxystrobin	BANANAS, PULP	0.1	180.507
Benomyl	BANANAS, PULP	0.2	180.294
Chlorothalonil	BANANAS, PULP	0.05	180.275
Diazinon	BANANAS, PULP	0.1	180.153
Fenarimol	BANANAS, PULP	0.25	180.421
Glufosinate-ammonium	BANANAS, PULP	0.20	180.473
Glufosinate-ammonium	BANANAS, PULP	0.20	180.473
Imazalil	BANANAS, PULP	0.2	180.413
Maneb	BANANAS, PULP	0.5	180.110
Thiabendazole	BANANAS, PULP	0.4	180.242
Thiophanate-methyl	BANANAS, PULP	0.2	180.371
Thiram	BANANAS, PULP	1.0	180.132
Chlorpyrifos	BANANAS, PULP (NO PEEL)	0.01	180.342
Mancozeb	BANANAS, PULP (NO PEEL)	0.5	180.176
Thiabendazole	BANANAS, PULP (POST-H)	0.4	180.242

EFECTO DE PRACTICAS DE CULTIVO Y FALLAS EN EL PROGRAMA DE CONTROL SOBRE EL DESARROLLO DE UN BROTE DE SIGATOKA

Luis H. Jácome, Ph.D.

Es bien sabido que, con las variedades actualmente cultivadas, el uso de fungicidas contra la Sigatoka negra es necesario para la producción de fruta de exportación. Sin embargo, el alto costo y disponibilidad de los fungicidas así como el equipo de aplicación requerido son generalmente factores limitantes para el productor. Aunque la selección del fungicida apropiado y el tiempo de aplicación son importantes para el éxito del control de Sigatoka, el control químico no lo es todo y es necesario integrar las prácticas de cultivo para tener un programa mas eficiente.

A continuación se describen algunas prácticas culturales o condiciones de la plantación, que al apartarse de los lineamientos respectivos, en mayor o menor grado favorecen el desarrollo de un brote de Sigatoka Negra en banano:

1. Fuentes de inóculo.
2. Deshoje.
3. Manejo y calidad de agua.
4. Distribución / densidad de plantas.
5. Vendaval ("blowdown").
6. Control de malezas.
7. Nutrición
8. Cosecha y control de edad de fruta.
9. Cambios en la plantación.
10. Supervisión.

Asi mismo, los siguientes aspectos del programa de control, al apartarse de los lineamientos respectivos, en mayor o menor grado favorecen el desarrollo de un brote de Sigatoka Negra en banano:

1. Calidad y Uso de fungicidas.
2. Calidad de aplicación aérea.
3. Cantidad y calidad de equipo.
4. Disponibilidad de material.
5. Supervisión y seguimiento de los programas.

SIGATOKA NEGRA: LA SITUACIÓN EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.

Luis H. Jácome, Ph.D.

A. Causa, Síntomas, y Distribución Geográfica:

La Sigatoka negra es una enfermedad causada por un hongo ascomiceto, *Mycosphaerella fijiensis* [anamorfo: *Paracercospora fijiensis*]. La enfermedad afecta las hojas de banano y plátano. La hoja infectada primero muestra pizcas (estrias) café, las cuales eventualmente se desarrollan en lesiones entre café y negro. Más tarde el tejido de la hoja infectada se vuelve necrótico. Así las hojas severamente infectadas llegan a ser no funcionales. El resultado será entonces, plantas con muy pocas hojas. Las variedades comerciales de banano y plátano son altamente susceptibles a esta enfermedad. Sin embargo, existen algunos híbridos que presentan menor tasa de desarrollo de la enfermedad y/o menor grado de defoliación o más hojas funcionales a cosecha.

En Latinoamérica fue detectada primero en La Lima, Honduras en 1972. En Centro América el primer brote epidémico ocurrió en Honduras en 1974. De allí el hongo se dispersó hacia el norte y sur, llegando a invadir las plantaciones en México y Centro América (1977-1981).

La Sigatoka negra se detectó en Belize en 1975; más tarde se detectó en Guatemala en 1977. Se detectó en Nicaragua en 1979. Luego se detectó en Costa Rica en 1979; y más tarde en Panamá en 1980. Se reportó en México en 1981. Se detectó en Colombia en 1981 y seis años más tarde en Ecuador (1987) en la provincia de Esmeraldas. Fue reportada en Venezuela en 1991-93 y en Perú en 1994. Fue detectada en Bolivia en 1996 y en Brazil en 1998. Reportada por primera vez en las Islas Galápagos (San Cristóbal) en Enero del 2001.

La Sigatoka negra no está presente en la mayoría de las Islas del Caribe. Sin embargo, la Sigatoka negra ya fue detectada en Cuba en 1990-91. Se reportó en Jamaica en 1995. Ya fue reportada en República Dominicana en 1996.

En 1998 por primera vez se reporta la Sigatoka negra en Estados Unidos (Homestead, Florida). Esto indica que su distribución geográfica tiende a ampliarse.

B. Desarrollo de la Enfermedad:

M. fijiensis causa una enfermedad explosiva. El hongo produce dos tipos de esporas, que son fácilmente diseminadas: conidias (asexuales) y ascosporas (sexuales). La descarga de esporas a partir de la hoja infectada se activa con la lluvia y luego las esporas son llevadas fácilmente por las corrientes de aire hacia nuevas hojas jóvenes. Lluvia, temperatura óptima (70-95 F) y humedad alta favorece el crecimiento y propagación de la enfermedad. Lluvias frecuentes favorecen la producción de esporas e infección. En presencia de condiciones húmedas y clima cálido, la espora germina y penetra el tejido de la hoja y comienza una nueva infección. Catorce a veintidós días después la infección es observada como pequeñas estrias café. En otras 2-3 semanas estas estrias se expanden y causan el desarrollo completo de la lesión, y un nuevo grupo de ascosporas es producido. La duración de la epidemia depende de las condiciones de

clima y el efecto combativo de los fungicidas.

C. Importancia Económica

La industria de musáceas representa una de las actividades agrícolas de mayor impacto económico y social en las regiones donde se desarrolla (Ecuador ~ USS 700 M). La Sigatoka negra es el principal problema fitosanitario que amenaza la producción de ésta fuente de alimentos y divisas. La Sigatoka negra es la enfermedad mas destructiva y costosa en bananos. Sin embargo, parece ser que el patógeno de la Sigatoka negra es mas difícil de controlar en algunas áreas que en otras. Por ejemplo, el costo de control ha sido varias veces mas alto en Honduras y Guatemala que en Panamá (USS 1300 vs 450 / Ha / año). Entre la razones para esto figuran las diferencias en clima y diferencias genéticas en la población del patógeno, especialmente aquellas que afectan la agresividad y virulencia, así como la ocurrencia de resistencia o reducción de sensibilidad a los fungicidas usados.

Latinoamérica y el Caribe es la región que produce la mayor proporción (35.5 %) de la producción mundial de banano y plátano. En términos de exportación de bananos, Ecuador (3,367,458 Tm), Costa Rica y Colombia son los tres mayores exportadores en el mundo y los tres países de mayor crecimiento en la industria bananera. El 30 % de la producción mundial de musáceas es banano tipo Cavendish: 19.5 % para consumo local y 10.5 % para exportación. Por lo tanto, el crecimiento sostenido de esta importante actividad económica en Latinoamérica y el Caribe depende de las medidas que en el orden fitosanitario y de comercialización tomen conjuntamente los gobiernos y los productores del área.

Considerando que la hoja es el centro de elaboración de alimentos (fotosíntesis) para la planta, menos hojas debido a Sigatoka negra significa fruta más pequeña, la cual no llena los requisitos de mercado internacional. Algunas veces la extensión de la reducción del crecimiento de la fruta es tal que la fruta debe ser cortada y descartada. En brotes menos severos, se reduce el tamaño de los racimos y dedos individuales, con el resultado que la fruta puede ser más vieja de lo que aparenta. Esto tiene una gran repercusión en relación al riesgo de maduración prematura. Por lo tanto, los principales aspectos económicos relacionados con la Sigatoka negra son:

1. Reducción de área de producción.

En éste sentido, el impacto económico de la Sigatoka negra ha sido mas crítico en la producción de plátano que en banano; ya que los productores por lo general no cuentan con los recursos y tecnologías necesarias para hacerle frente a la enfermedad. De 1982 a 1985, por ejemplo, Panamá redujo el área de plátano en 22 % (34 % de los productores abandonaron el cultivo); lo que conllevó a 47 % de reducción en la producción total. En Costa Rica, el área en producción de plátano se redujo 50 % entre 1979 y 1991. En Honduras la Sigatoka Negra ha provocado una reducción considerable (50-80 %) en las exportaciones de plátano. En general, en México, Centro América, Caribe, Colombia y Ecuador la producción de plátano ha disminuido en un 30 %. En Cuba, con 105,000 hectáreas plantadas con musáceas, la Sigatoka negra ha causado una dramática reducción en el área sembrada y en el rendimiento.

En Ecuador, durante el 2000, mas de 40.000 hectáreas de banano (~ 25 % del total) fueron severamente afectadas ("quemadas") por el hongo causante de la Sigatoka negra. Esto acentuó mucho mas la deteriorada economía de pequeños y medianos agricultores, acosados además por la severa caída del precio de la fruta. Varias fincas han sido

entregadas en fideicomiso, con la consiguiente tragedia para miles de trabajadores que ahora divagan entre haciendas en búsqueda de empleo. La rotación de banano a palma africana ha sido la alternativa para muchos productores. La reducción de hectareaje ha sido considerada como un mecanismo para equilibrar los precios hacia arriba.

2. El costo del control.

Países como Honduras, Costa Rica, Panamá, Nicaragua, Colombia, Guatemala, Cuba, Ecuador y Venezuela, entre otros, han visto incrementar anualmente el costo de producción del cultivo de banano debido a los daños directos ocasionados por la Sigatoka negra. El impacto de la enfermedad llega a representar el 27 % de los costos de producción. El número de aplicaciones para el control de la Sigatoka negra se ha incrementado a 35-45 aplicaciones por año, comparado a 6-15 aplicaciones para controlar la Sigatoka amarilla. Ahora con la Sigatoka negra, los productores de banano en Centro América tienen que invertir más de US\$ 1000 / hectárea / año comparado a US\$ 450-600 / Ha / año en 1988. Esto está asociado al alto costo de los agro-químicos usados y el de la aplicación. Ello implica que se requiere suficiente disponibilidad de fungicidas, buena tecnología y equipo de mezcla y aplicación, y una buena supervisión. Además del impacto económico, una de las mayores desventajas del control químico es el fenómeno de "desarrollo de resistencia a fungicidas". Esto encarece aún más el programa de control de la Sigatoka negra.

En Ecuador se invierten más de US\$ 600 por hectárea para control de la Sigatoka negra. En Ecuador se ha llegado hasta 24 aplicaciones/año para el control de la Sigatoka negra. Sin embargo, el declive del precio por caja ha presionado a los productores a disminuir el promedio anual de aplicaciones en contra de la Sigatoka negra. Insumos de mala calidad o adulterados también han sido asociados con la crisis bananera. Con la epidemia del 2000, se calculó que se requeriría una inversión de por lo menos US\$ 105 millones para reactivar las plantaciones afectadas.

3. Pérdida de la fruta debido al fracaso en el control.

Cuando fallan las medidas de control las hojas envejecen más rápido y son removidas prematuramente. Esta defoliación afecta el rendimiento. La fruta es cortada con menor grado y/o es descartada. La pérdida de fruta debido a la Sigatoka puede representar millones de cajas de bananos. Por ejemplo, en Honduras se perdió casi un millón de cajas de banano debido a la epidemia de 1985-86; cuando el costo de control de la Sigatoka negra fue ~US\$ 13 M. En 1990 más de un millón de plantas de banano fueron eliminadas debido a la Sigatoka negra en Guatemala. En Costa Rica el total de exportación de bananos disminuyó ~12 % FOB en 1996 comparado a 1995. En Ecuador, la no exportación de una caja implica una pérdida de US\$ 4.5 para el país.

4. Fruta rechazada y reclamos en el mercado.

El control de la Sigatoka negra es esencial para la exportación de fruta. De lo contrario, la calidad de la fruta se ve afectada. El problema de la Sigatoka se manifiesta finalmente por medio de la cantidad de fruta rechazada en el mercado debido a maduración prematura, y los reclamos por clientes insatisfechos. El precio de la fruta también llega a ser afectado.

D. Control Químico

El control químico de la Sigatoka ha evolucionado enormemente. El caldo Bordelés ha sido reemplazado por nuevas generaciones de agroquímicos. Fungicidas (protectantes y sistémicos) son aplicados regularmente para proteger las hojas jóvenes y mantenerlas sanas. Excepto en el caso de clorotalonil, dichos fungicidas pueden aplicarse usando aceite. El aceite actúa como fungistático y retarda el desarrollo del patógeno. Actualmente, diferentes inhibidores de esteroides son comúnmente usados: aunque nuevas clases de fungicidas (p.e.: inhibidores de respiración, etc) pueden ser una contribución importante al programa de control. Los fungicidas sistémicos (benzimidazoles, SBI, DMII, strobilurinas, pirimidinas, etc), aunque más efectivos para el control de la Sigatoka negra que los protectantes (ditiocarbamatos, clorotalonil, etc), son vulnerables al desarrollo de resistencia. Ya se ha observado resistencia a benomyl y reducción de sensibilidad a inhibidores de esterol en gran parte de las plantaciones de Latinoamérica. Además, ya se ha observado resistencia a strobilurinas en algunas áreas de Centro América. Por lo tanto, un programa integrado de uso de rotación (alternación), o mezcla de fungicidas de diferente modo de acción contribuye a reducir el riesgo de perder su efectividad. El estudio de la dinámica de la infección y factores climáticos permite una selección y aplicación oportuna y efectiva de los fungicidas. La condición y el manejo de la plantación también juega un papel importante en el control de la enfermedad. Por lo tanto, el conocimiento epidemiológico del patosistema *Mycosphaerella-Musa* contribuye grandemente al éxito en el control integrado de la Sigatoka negra.

ALTERNATIVA ORGÁNICA PARA EL CONTROL DE LA SIGATOKA EN BANANO

Por Ing. Rene Amador C.

La sigatoka negra en el cultivo del banano es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y el daño económico del hongo radica en la reducción de la capacidad fotosintética de la planta y por ende el rendimiento de la misma.

Tradicionalmente el control de esta enfermedad ha dependido de la aplicación de fungicidas químicos, sin embargo la presión de selección que estos han ejercido sobre el hongo, ha generado organismos resistentes, volviéndose ineficiente el grado de control con algunos productos. Por lo anterior, se vuelve indispensable el manejo integrado del cultivo y la enfermedad a través de la implementación de diferentes prácticas de prevención y control (cultural, biológico, mecánicos) y en donde se considere el monitoreo de sensibilidad del hongo al fungicida y la rotación de fungicidas de diferente modo de acción.

Para tal efecto, **LONLIFE** fue desarrollado como un fungicida sistémico para combatir la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), y amarilla (*Mycosphaerella musicola*) en el plátano y banano, sin que cause efectos tóxicos a las plantas ni al ambiente, por el contrario favoreciendo a las plantaciones, así como también mejorando el entorno ecológico, pues está formulado a base de una suspensión de ácidos orgánicos reaccionados con trazas de ácido ascórbico y derivados cítricos.

El mecanismo de acción del fungicida **LONLIFE** sobre el hongo que causa la Sigatoka es actuar sobre su membrana celular, especialmente alterando su permeabilidad. De ese modo decodifica e interfiere en los mensajes químicos de las enzimas y de las proteínas desdobladoras de los nutrientes esenciales del patógeno. De igual modo, **LONLIFE** opera mediante la ruptura y explosión de las celular micóticas, debido a este mecanismo de acción se consigue impedir la aparición de resistencia. **LONLIFE**, además induce la resistencia sistémica de la planta y la regeneración celular, optimizando la capacidad de respuesta de la planta ante factores de stress

LONLIFE, puede ser usado dentro de una programa de rotación de fungicidas y evitar así la aparición de resistencia, con los beneficios adicionales de que encaja perfectamente bien en programas de agricultura ecológica, de transición y agricultura orgánica.



División agrícola de Dorli S.A.

SEMINARIO INTERNACIONAL

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN BANANO Y PLATANO CON ENFASIS EN SIGATOKA NEGRA

MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA MEDIANTE EL USO DE PRODUCTOS ECOLOGICOS

RESUMEN

EL ARTE DEL MANEJO DEL SUELO ES TAN VIEJO COMO LA CIVILIZACION, SIN EMBARGO LA AGRICULTURA ACTUAL ESTA CADA VEZ MAS TECNIFICADA Y DEDICADA AL MONOCULTIVO TIENDIENDO A LA INTENSIFICACION QUE PROVOCA COMO SE HA VISTO MARCADOS DESEQUILIBRIOS.

EN EL PRESENTE SIGLO SERA NECESARIO EMPLEAR NUEVOS CONOCIMIENTOS Y NUEVAS TECNOLOGIAS PARA PRODUCIR LOS ALIMENTOS Y LA BIOMASA NECESARIOS PARA MANTENER CUBIERTAS LAS NECESIDADES DE LA SOCIEDAD.

SI QUEREMOS TENER UN BUEN CONTROL DE LAS ENFERMEDADES DEBEMOS PARTIR DE PLANTAS BIEN NUTRIDAS, ESTO LO CONSEGUIMOS MANEJANDO Y EQUILIBRANDO AL SUELO.

UNA ALTERNATIVA PARA CONSEGUIR ESTE PROPOSITO LO CONSTITUYE EL PAQUETE NUTRICIONAL *CODA*, QUE CONSISTE EN UN GRUPO DE PRODUCTOS QUE EN PRIMER LUGAR EQUILIBRAN LAS CONDICIONES DEL SUELO COMO *CODAHUMUS* Y EL *CODASAL* Y EN SEGUNDO LUGAR PROTEGEN Y FORTALECEN A LA PLANTA AYUDANDOLA A PREVENIR Y CONTROLAR ENFERMEDADES, COMO EL *CODAVIT* Y EL *CODAFOL 0-30-20*.

SI TENEMOS UN SUELO EQUILIBRADO Y PLANTAS BIEN NUTRIDAS VAMOS A TENER UN MEJOR CONTROL DE LA SIGOTAKA NEGRA, ENFERMEDAD QUE CADA DIA SE VUELVE MAS AGRESIVA Y RESISTENTE A LA APLICACIÓN DE LOS FUNGICIDAS TRADICIONALES.

ADEMAS. UNA ALTERNATIVA ECOLOGICA DE RECIENTE USO PARA EL CONTROL DE LA SIGATOKA HA SIDO UN BICARBONATO DE POTASIO FORMULADO EN EL JAPON QUE CON UN MECANISMO DE ACCION MUY ESPECIFICO EN LA PARED CELULAR DEL HONGO PUEDE LOGRAR UN CONTROL DE ESTADIOS INICIALES DE LA ENFERMEDAD...ESTE PRODUCTO SE LLAMA *KALIGREE.V*

“SUPERIORIDAD DE LAS FORMULACIONES INDAR 2-OF Y DITHANE 350 OS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN EL CULTIVO DE BANANO Y PLATANO”

INDAR 2-OF

NOMBRE GENERICO: FENBUCONAZONE

El Indar 2-OF es el triazol con mayor actividad biológica, según estudios realizados en la Universidad de Cornell USA. Su solubilidad es de 4 ppm, lo que le hace prácticamente insoluble. Esta característica, es la que le permite permanecer en la base de la hoja y nervadura central por más tiempo que otros productos triazoles y si a esto, le sumamos su alto grado de capacidad lipofílica, que le permite ser el triazol ideal para la rotación entre las diferentes moléculas de la misma familia. Puede ser usado en suspensión en aceite o en emulsión (agua + aceite).

DITHANE 350 OS

Es la única formulación de Mancozeb, fungicida multisitio, desarrollado específicamente para banano (musaceas). Su uso en América Central y en Suramérica en plantaciones comerciales de banano y plátano, es cada vez mayor, debido a su gran versatilidad que le permite ser usado en suspensión en aceite, emulsión (agua + aceite) o solo en agua, permitiendo así un período libre de aceite cuando las condiciones climáticas lo permiten.

Al estar diseñado y formulado para el cultivo de banano, se debe usar en cocteles con fungicidas de acción sistémica, en el período de lluvias. El Dithane 350 OS no se lava de la hoja, sino que se redistribuye en la misma, logrando así un mejor efecto fungicida sobre las ascosporas, evitando las reinfecciones características de los períodos de altas presiones. Su ingrediente activo está formulado bajo el sistema de "liberación controlada", lo que logra que exista un menor impacto ambiental al usar dosis iniciales menores (de 1.600 a 1.050 gramos de ingrediente activo por hectárea) y mantener su efectividad por mayor tiempo, debido a su estabilidad. Esto lo hace minimizar el impacto del agroquímico en el medio ambiente, a la vez que hace que su aplicación sea más efectiva y económica.

RESUMEN

TEGA 075 EC (*Trifloxystrobin*) nueva alternativa en el manejo y control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano

Autor: Departamento Técnico Div. Protección Cultivos Bayer S.A

ACCION FITOSANTARIA: Fungicida perteneciente al grupo químico Strobilurinas y de la nueva generación de los denominados "Start" para control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano.

NOMBRE COMUN: Trifloxystrobin.

FORMULACION Y CONCENTRACION: Es un Concentrado Emulsionable (CE), que contiene 75 gramos/ lt. de producto comercial.

FITOCOMPATIBILIDAD: Las aplicaciones de Tega deben realizarse en condiciones de enfunde normales en el país, es decir cuando el racimo de banano se haya enfundado en forma muy temprana (prematura).

Cultivo	Dosis/Hectárea	Enfermedad	Mezcla
BANANO (<i>Musa sp</i>)	1.0 lt.	Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) Sigatoka amarilla (<i>Mycosphaerella musicola</i>)	Aceite agrícola (suspensión) Aceite+emulsificante+Tega+Agua(Emulsión)

Los volúmenes de aceite agrícola en aplicaciones aéreas, preferentemente en Emulsión están de acuerdo a las cantidades recomendadas y utilizadas por cada productor o compañía bananera de cada zona.

MISCIBILIDAD Y COMPATIBILIDAD: Este producto puede ser mezclado con la mayoría de agroquímicos, con excepción de los de reacción alcalina. Sin embargo se recomienda hacer una prueba previa en caso de duda.

Para mezclas en aceite agrícola solo y/o preferentemente en Emulsión deben prepararse en el siguiente orden Aceite+Emulsificante+Tega+Agua (Emulsión).

FRECUENCIAS: En general de acuerdo a la zona y presión de la enfermedad, aplicar Tega entre 14 a 21 días; para zonas de alta presión aplicar entre 14 a 18 días. No aplicar Tega en bloques de 2 ciclos consecutivos.

MECANISMOS DE ACCION: El producto actúa sobre las mitocondrias de las células de los hongos, interrumpiendo el flujo de electrones en el enlace del Complejo III. Como consecuencia, la producción de ATP es reducida. Como el ATP es el principal fuente de energía, importantes procesos bioquímicos de las células son severamente afectados, el crecimiento celular se detiene y al final el hongo muere.

MODO DE ACCION Y SISTEMICIDAD: El producto posee una acción sistémica, diferente a los estándares conocidos; por lo que se denomina MESOSTEMICA. Acción que consiste que el producto es absorbido por la capa de cera de la superficie de la hojas, por movimientos superficiales de vapor y redistribución es redistribuido a otras partes de la planta; además tiene acción translaminar y no se mueve en sistema vascular de la planta.

Antídoto: No existe antídoto específico, aplicar tratamiento sintomático. En caso de intoxicación:

Por contacto: lavar inmediatamente la piel con agua y jabón, los ojos con abundante agua fresca.

Por ingestión: suministrar carbón medicinal con abundante agua.

TOXICIDAD: III: Ligeramente peligroso.

DL 50 Aguda Oral <3000 mg/kg

DL 50 Aguda Dermal <4000 mg/kg

DOSIFICACION DE TEGA 075 EC:

RECOMENDACIONES DE USO: Aplicar Tega 075 EC a inicios de temporadas y lluvias y/o últimos meses de invierno; como rotación después de aplicaciones de 1 a 2 ciclos consecutivos de triazoles, a fin de mantener bajo y controlable los niveles de infección.

Como toda Strobilurina, no aplicar Tega 075 EC cuando se perdió el control de la Sigatoka negra y el nivel de infección está sumamente alto. Evitar el uso de Tega 075 EC en bloques de 2 ciclos consecutivos.

VENTAJAS:

Por estudios realizados en el país con Tega 075 EC obtuvimos las siguientes ventajas:

- > Mayor número de hojas sanas y funcionales por plantas, aumentando el rendimiento potencial.
- > Reduce de manera drástica los índices de infección de Sigatoka negra en épocas críticas.
- > Existe una mayor recuperación de sanidad de las plantas tratadas.
- > Para aplicaciones con aceite agrícola solo, no requiere emulsificante (Suspensión).
- > Es fitocompatible con plantas en desarrollo y en floración de racimos.
- > Es un producto de alternativa para el manejo de resistencia.

TOLERANCIA EN PAISES EUROPEOS Y EPA USA: 0.02 mg / kg - 0.1 mg / kg respectivamente.

REGISTRO MAG: 087-F2-SESA-U

RECOMENDACIONES TECNICAS PARA EL MANEJO INTEGRADO SIGATOKA NEGRA EN ECUADOR

*Luis Berrocal Agüero
Ecuador, Abril 2002*

INTRODUCCION

Desde su aparición en las áreas bananeras de todo el mundo, la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET) se ha convertido en el principal problema fitopatológico del cultivo. En algunos países ha superado costos de 1.300,00 dólares por hectárea por año. En Ecuador estos valores varían entre 350,00 y 800,00 dólares por hectárea por año.

Varios son los factores que influyen en el control y por ende en los costos. El conocimiento de estos factores y la habilidad del técnico para combinar las diferentes alternativas de manejo de la enfermedad, marcarán la diferencia entre el éxito o el fracaso, el costo alto o baja en cada zona y principalmente si producimos o no producimos fruta con calidad de exportación.

Con la finalidad de que productores y técnicos dispongan de más alternativas para el control de esta enfermedad se ofrece a continuación una serie de conceptos y recomendaciones adaptadas al Ecuador, producto de las experiencias vividas en este país por más de 11 años, que esperamos sean de utilidad para el sector bananero y el país.

Se desarrollaran a continuación los siguientes temas:

- 1- La planta de banano
- 2- Condiciones ambientales, favorables para el hongo
- 3- Microclimas de las zonas bananeras del Ecuador
- 4- Métodos de evaluación
- 5- Fumigación aérea
- 6- Uso de funguicidas

1. LA PLANTA DE BANANO

La planta de banano tiene la característica de crecer continuamente a través de la unidad principal (madre) y sus hijos de sucesión (hijos y nietos). Diariamente salen nuevos racimos y lo más significativo para nuestro tema, todos los días hay nuevas hojas y tejidos sin protección susceptible a nuevas infecciones. El dinámico crecimiento analizado se ve muy influenciado por el clima y especialmente por el manejo del cultivo.

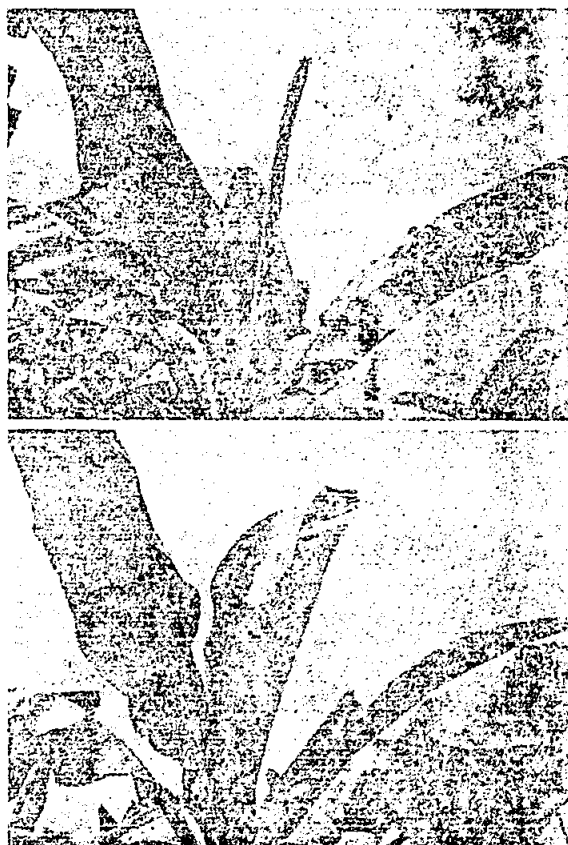
1.1- CRECIMIENTO

1.1.1- Emisión foliar : debe considerarse su desarrollo constante, dejando áreas de la hoja completamente descubiertas por funguicidas, incluso en productos de alta movilidad, cuyo patrón de desplazamiento acropetal (hacia los bordes y puntas) imposibilitan el movimiento hacia la vena central, las bases de la hoja y hojas nuevas.

Mayor atención se debe tener en áreas nueva (plantillas) ya que en muchos casos las hojas salen al doble de velocidad que en plantaciones establecidas. Esto implica que tendremos mayor cantidad de tejido nuevo descubierto, agravado por la susceptibilidad características de las plantillas.

1.1.2- Hoja bandera:

Destacamos los estados de desarrollo de la hoja bandera de 0,4 – 0.5 (figura a la derecha), ya que hasta este momento ha transcurrido el 40-50% del tiempo para el desarrollo total de la hoja y solo esta expuesta el 3-4% del área foliar. Si consideramos una emisión foliar de 10 días, significa que en los próximos cuatro días tendremos una hoja en estado 0,8 con un 90% de tejido nuevo descubierto (figura derecha abajo). Esto es muy importante al momento de establecer el periodo de protección de los funguicidas, tema que abordaremos más adelante.



1.2. MANEJO

1.2.1- Riego: El riego bajo follaje (aspersión o gravedad) es favorable con respecto al control de Sigatoka si lo comparamos con el riego sobre-follaje (gran cañón), ya que este último al simular la lluvia, provoca

liberación de esporas (azcosporas) y produce una lámina de agua sobre la hoja que favorece la germinación y además lava los fungicidas aplicados.

- 1.2.2- **Deshoje fitosanitario:** es indispensable mantener un programa de deshoje semanal (en casos graves debe hacerse dos veces por semana), eliminando todo material seco producido por la enfermedad. Un buen deshoje puede ahorrar más de tres ciclos en el año.



- 1.2.3- **Población :** se debe manejar una población moderada, acorde con el microclima, vigor y variedad. Poblaciones altas en especial con el uso de dobles, afecta el buen control de Sigatoca al aumentar la humedad y traslape de hojas produciendo coberturas de fumigación deficiente.



- 1.2.4- **Drenajes:** indispensables para proporcionar mejor ambiente para el desarrollo radicular y de la planta y para bajar la humedad general en la plantación.
- 1.2.5- **Malezas:** se debe mantener un control adecuado para evitar competencia y el exceso de humedad.
- 1.2.6- **Fertilización:** una plantación bien nutrida no solo produce más sino que también es más resistente. Muchos elementos son fuentes de resistencia a las enfermedades, tal es el caso de potasio (K) y calcio (Ca).

2. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones climáticas están íntimamente relacionadas con el desarrollo y comportamiento del hongo *Mycosphaerella*. Los parámetros más estudiados son:

2.1. Temperatura: El hongo crece adecuadamente en un rango de temperatura de 22 a 28°C, con un óptimo de 26°C. Como se verá más adelante, en las diferentes zonas bananeras del Ecuador, en la mayor parte del año se mantienen temperaturas que permiten su desarrollo.



2.2. Humedad relativa: Importante para el crecimiento y fundamentalmente para la maduración de las esporas, siendo muy favorables los valores mayores al 90% muy ligada con las lluvias, drenajes, riego, población y malezas.

2.3. Viento: fundamental para la dispersión del inóculo.

2.4. Evaporación: es un parámetro que mide indirectamente las condiciones de temperatura, radiación solar, humedad ambiente y el viento. La evaporación obtenida por medio del "evaporímetro piche" se ha utilizado en modelos de predicción climática.

2.5. Lluvias: de todos los parámetros mencionados anteriormente, la lluvia es el más importante. Analizando los parámetros en Ecuador, encontramos condiciones de temperatura que en mayor o menor grado, permiten el crecimiento del hongo. La humedad y evaporación se ven influenciadas por el régimen de lluvias. La lluvia se puede considerar como el "gatillo disparador" de las nuevas infecciones de Sigatoka. La disponibilidad de agua libre sobre las lesiones (manchas en estado 4 al 6) hacen que los seudotecios (peritecios) se inviven hasta explotar y liberando las ascosporas (estructuras reproductivas sexuales que son las más importantes en la reproducción de *Mycosphaerella fijiensis*). También con el agua son arrastradas las masas de conidias (estructuras reproductivas asexuales) que se produce en las lesiones jóvenes

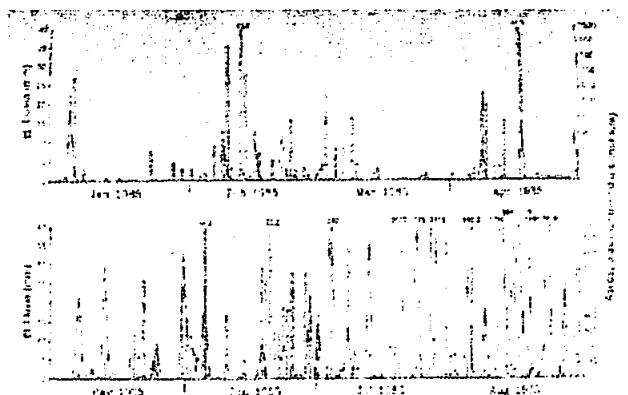


Fig. 27. Correlación entre la cantidad de ascosporas del tipo *Mycosphaerella fijiensis* (estructuras reproductivas sexuales) y la cantidad de precipitación pluvial (mm) en un período de tiempo (enero a abril) en la zona de Sigatoka, Ecuador.

(estados 2 y 3).

Otro efecto muy importante de la lluvia consiste la formación de una película de agua sobre la hoja, permitiendo la germinación de ascosporas y conidias y proporcionado el medio favorable para el crecimiento inicial del tubo germinativo.

3. MICROCLIMAS ZONALES

La combinación de todas las variables climáticas, crean diferentes microclimas que influyen en el comportamiento de la enfermedad, dando muchos niveles de presión que para fines prácticos los dividimos en:

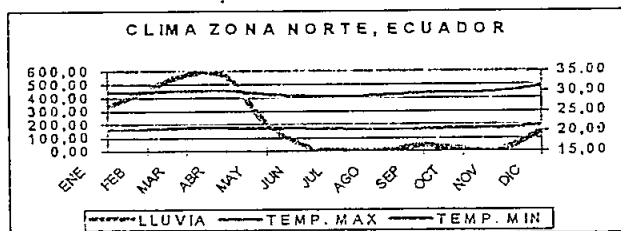
ALTA : Quevedo, Naranjal, El Triunfo, Guabo-Río Bonito

MEDIA : Otras áreas de Los Ríos y El Guayas

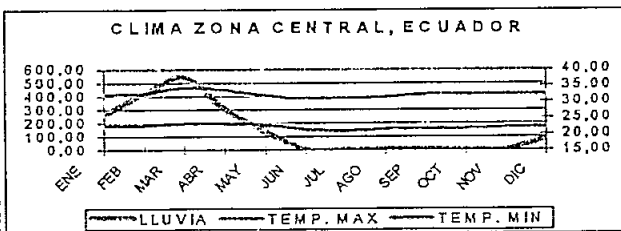
BAJA : Milagro y El Oro

RESUMEN DE PARAMETROS CLIMATICOS DE DIFERENTES ZONAS BANANERAS DE EL ECUADOR

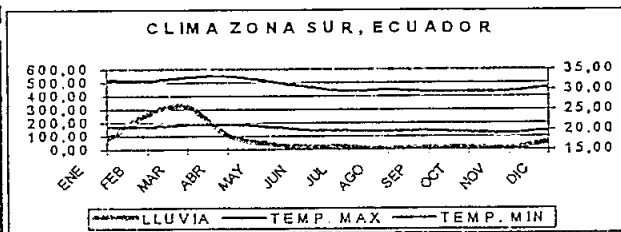
PROMEDIO ZONA NORTE			
MES	LLUVIA	TEMP. MAX	TEMP. MIN
ENE	336,61	29,66	20,40
FEB	458,10	29,75	20,60
MAR	565,56	30,04	20,78
ABR	554,63	30,08	20,81
MAY	210,80	29,26	20,68
JUN	34,83	28,74	20,58
JUL	3,97	28,54	20,46
AGO	3,78	28,99	20,34
SEP	35,31	29,48	20,55
OCT	14,07	29,63	20,67
NOV	12,70	29,90	20,82
DIC	142,87	31,03	21,33



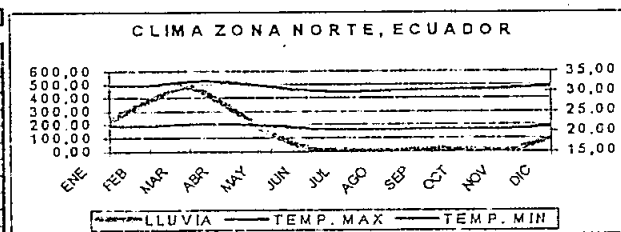
PROMEDIO ZONA CENTRAL			
MES	LLUVIA	TEMP. MAX	TEMP. MIN
ENE	260,98	32,26	22,43
FEB	417,47	32,67	22,55
MAR	537,88	34,35	23,03
ABR	303,92	33,65	23,10
MAY	134,18	31,90	22,64
JUN	2,83	31,06	21,29
JUL	0,83	31,11	20,87
AGO	0,00	31,44	21,35
SEP	0,92	32,36	21,42
OCT	0,00	32,31	21,61
NOV	2,63	32,51	21,95
DIC	82,04	32,31	22,04



PROMEDIO ZONA SUR			
MES	LLUVIA	TEMP. MAX	TEMP. MIN
ENE	75,79	32,29	20,78
FEB	261,42	32,08	20,69
MAR	320,59	32,98	21,26
ABR	108,06	33,25	21,29
MAY	41,13	32,00	20,63
JUN	18,99	30,55	19,89
JUL	18,16	29,54	19,71
AGO	6,59	29,88	19,52
SEP	11,10	29,40	19,67
OCT	13,58	29,35	19,42
NOV	10,10	29,58	19,13
DIC	54,04	30,48	19,75



PROMEDIO GENERAL			
MES	LLUVIA	TEMP. MAX	TEMP. MIN
ENE	224,45	31,41	21,20
FEB	375,09	31,50	21,23
MAR	476,01	32,46	21,70
ABR	322,20	32,33	21,73
MAY	128,70	31,05	21,31
JUN	18,88	30,12	20,62
JUL	7,65	29,73	20,34
AGO	3,46	30,10	20,40
SEP	15,78	30,41	20,55
OCT	9,22	30,43	20,57
NOV	8,46	30,67	20,63
DIC	92,99	31,27	21,05



4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Se debe implementar y mantener un método de evaluación constante (preferible semanal) que nos refleje las condiciones de la hacienda y muy especialmente evaluar la infección temprana y la eficacia de los controles realizados.

En temporada de alta presión, los métodos de preaviso biológico deben ser interpretados con cautela, ya que los valores reflejan la existencia de lesiones en estados de desarrollo 1, 2 o 3 cuya edad varía normalmente de 18 a 35 días. Como se tratará en la sección de fungicidas, la mayoría de los productos tienen una capacidad curativa muy inferior a estos 18 a 35 días.

Los métodos más valiosos son los que predicen la enfermedad antes de que se manifiesten los síntomas, por ejemplo el preaviso climático e Insight.

Algunos de los métodos de evaluación y usos son :

Método	USOS
"Stover"	Incidencia y severidad (HJE, HJM, HP, HC).
Preaviso biológico	Infección temprana (con síntomas visibles)
Preaviso climático	Conocer momento oportuno de la infección
"INSIGHT"	Infección temprana (pre-sintomática)

5. FUMIGACIONES

Se involucran en este capítulo el tema de aviones, pistas, mezcladoras, preparación de mezclas, nueva tecnología de aplicación (GPS, flujo inteligente) y condiciones al momento de la aplicación, entre otros. Solo comentaremos los siguientes puntos:

5.1. Preparación de mezclas: la correcta secuencia de preparación es fundamental para garantizar la distribución en el campo y la efectividad de los productos. Se recomienda el siguiente orden de preparación:

5.1.1. Suspensiones en aceite:

- a- Aceite 100%
- b- Emulcificante (si es necesario)
- c- Agitar (5 minutos)
- d- Fungicida
- e- Agitar (5 minutos)

5.1.2. Emulsión Aceite-Agua:

- a- Aceite 100%
- b- Emulcificante (0.8 – 1.0 % del volumen de aceite)
- c- Agitar (5 minutos)
- d- Agua (aprox. 80%)
- e- Agitar (5 minutos)
- f- Funguicida
- g- Agitar (5 – 10 minutos).

5.2. **Condiciones para la aplicación:** se recomienda tener especial cuidado con la condiciones climáticas al realizar la aplicación, ya que estas pueden dañar toda buena programación de productos y frecuencia. Los factores básicos a considerar y los parámetros recomendados son:

- a- Temperatura: menor a 28 – 29 °C
- b- Velocidad viento: menor a 5 m/s (sin ráfagas)
- c- Inversión: ninguna
- d- Humedad: mayor a 60 – 70%
- e- Humedad hoja: menos del 50%

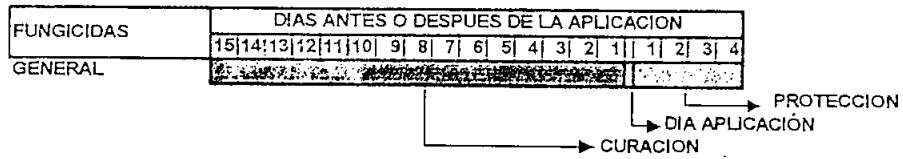
5.3. **Volúmenes de aplicación:** en suspensiones con aceite normalmente se recomienda aplicar a 3.5 galones por hectárea. Sin embargo en emulsiones es preferible usar mayores volúmenes (4 a 5 galones por hectárea) para crear de gotas más grandes, con lo que se disminuye la evaporación, baja la pérdida por deriva, aumenta la cobertura y penetración en el follaje del cultivo. En haciendas con alta infección es de mucha ayuda trabajar con volúmenes de 5 galones por hectárea en proporción de 2.5 aceite y 2.5 de agua.

5.4. **Tecnología de ayuda a las aplicaciones:** actualmente se cuenta con grandes avances tecnológicos en el área de la aerofumigación que ayudan a mejorar la eficacia de las aplicaciones. Algunos ejemplos son: GPS, sistema de "flujo inteligente" y digitalización de planos (perímetros de la hacienda).

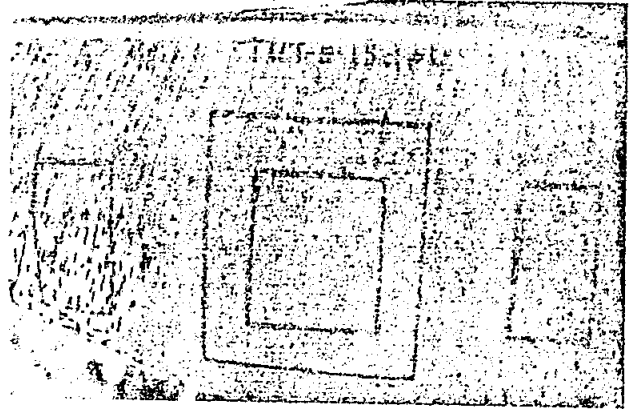
6. **FUNGUICIDAS**

6.1. **Modo de acción:** no trataremos de aspectos puramente técnico, sino de algo práctico sobre el funcionamiento y la interacción del funguicida – hongo – planta. Los funguicidas tienen una acción CURATIVA y otra de PROTECCIÓN, trataremos de explicar lo mejor posible ya que es fundamental para establecer las frecuencias o intervalos de aplicación correctos.

PERIODOS DE PROTECCION Y CURACION DE DIFERENTES FUNGICIDAS



6.1.1. **Acción curativa:** el poder curativo o capacidad de un producto para controlar el desarrollo del hongo a equis ("X") días después de que ha ocurrido el inicio de la infección, debe determinarse para cada funguicida y cada zona. Esto se hace con experimentos de post - infección como se muestra abajo:



De los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede establecer con bastante certeza la capacidad curativa de cada producto. Hasta la fecha no conozco que se haya realizado una prueba de validación de este tipo en Ecuador, algo que es fundamental conocer para mayor seguridad en el control de Sigatoka.

A continuación se presenta un resumen de varios funguicidas, con periodos de curación y protección que hemos venido utilizando, que son una extrapolación de trabajos realizados en Costa Rica y además de la experiencia de años de trabajo en el tema de Sigatoka.

Especies de nematodos que atacan al banano

Se ha reportado casi 150 especies de nematodos en asociación con las raíces de la esp. *Musa* (Sarah, 1989; Gowen y Quénéhervé, 1990). No obstante, la mayoría son de una patogenicidad limitada o desconocida. Los nematodos patógenos más importantes y extendidos en el banano son los *Radopholus similis*, y las especies pertenecientes a los géneros *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*.

El nematodo barrenador, *R. similis* está estrictamente limitado a las áreas tropicales. Se considera que es el problema principal de nematodos donde los bananos, especialmente las plantaciones del subgrupo Cavendish, se cultivan comercialmente (Sarah, 1989; Gowen y Quénéhervé, 1990; Stanton, 1994). El nematodo barrenador también es común en el plátano y los tipos de banano de cocción que se cultivan en las tierras bajas del África central y oriental, y en Puerto Rico, en el Caribe. Sin embargo, se encuentra generalmente ausente de las raíces de los plátanos y bananos de cocción en África occidental, Latinoamérica y el Caribe (Pinochet, 1977, 1998a; Sarah, 1985, 1989; Adiko, 1988; Bridge, 1988, 1993).

Radopholus similis es un nematodo endoparasítico migratorio que completa su ciclo de vida en 20-25 días en la raíz y los tejidos del cormo bajo condiciones óptimas. Los nematodos jóvenes y las hembras adultas son formas móviles activas que pueden dejar las raíces en caso de condiciones adversas, y mudarse al suelo hacia nuevas raíces. Los nematodos emigran inter- e intra-celularmente en la corteza de la raíz, donde se alimentan del citoplasma de las células. Esto resulta en paredes celulares colapsadas, cavidades y túneles (Blake, 1961, 1966; Valette *op. cit.* 1997). En los cormos, las lesiones comienzan a desarrollarse donde se unen a las raíces infestadas. Las necrosis se pueden extender a toda la corteza del cormo (lo que se conoce como enfermedad de cabeza negra) y a las raíces, pero la estela de la raíz normalmente no se daña sino excepto ocasionalmente, cuando es muy joven (Mateille *op. cit.* 1994; Valette *op. cit.* 1997). Las necrosis aparecen como decoloraciones café-rojizas y se pueden ver fácilmente una vez que se han lavado las raíces y se les ha quitado la tierra.

Los nematodos lesionadores, esp. *Pratylenchus* son endoparasíticos migratorios cuya biología, síntomas y daños son muy similares a los del nematodo barrenador. El *Pratylenchus coffeae* es el más diseminado en el área tropical. No es tan frecuente como el *R. similis* en las fincas de producción intensiva pero puede ocasionalmente ser la especie dominante, como en Honduras o en África del Sur (Pinochet y Rowe, 1978; Jones y Milne, 1982). Está ampliamente extendido en el plátano o en los bananos de cocción en Asia, África y Latinoamérica (Sarah, 1985, 1989; Adiko, 1988; Pinochet, 1988; Gowen y Quénéhervé, 1990; Bridge, 1993). El *Pratylenchus goodeyi* es típicamente una

especie de las tierras altas de Africa (Price y Bridge, 1995). También está presente en las Islas Canarias, en Creta y en el Delta del Nilo, donde probablemente fue introducido accidentalmente, y donde se puede mantener debido a su preferencia a temperaturas menores, si se le compara con el *R. similis* o el *P. coffeae* (De Guiran y Vilardebo, 1961a; Bridge, 1988a, 1993a; Sarah, 1989; Gowen y Quénéhervé, 1990a; Price y Bridge, 1995a).

Los nematodos de espiral, esp. *Helicotylenchus*, especialmente los *H. multicinctus*, son probablemente los más diseminados en la producción de banano (McSorley y Parrado, 1986; Gowen y Quénéhervé, 1990). A menudo se les encuentra mezclados con otras especies dominantes como *R. similis*, pero pueden ser la especie problema parasítica del suelo más importante en lugares donde el *R. similis* no puede sobrevivir, ejemplo altas latitudes como en Israel (Minz *op. cit.* 1960), o donde el nematodo barrenador todavía no ha sido introducido, tal como en producciones minifundistas (Sarah, 1985a; Adiko, 1988). En ese caso, a pesar de que causan necrosis superficiales, pueden provocar pérdidas significativas del cultivo (McSorley y Parrado, 1986).

Los nematodos noduladores de la raíz (esp. *Meloidogyne*) son los parasíticos de plantas más extendidos en el mundo. Como son altamente polípagos, están presentes en las raíces del banano pero no se les considera una plaga importante para el banano en general. Sin embargo, son dominantes en situaciones donde los nematodos migratorios no están presentes, tal como en altas latitudes del área mediterránea, Yemen, Taiwán y la Provincia del Cabo (Jones y Milne, 1982; Sarah, 1989; Gowen y Quénéhervé, 1990) o en minifundios (Sarah, 1985; Adiko, 1988). En esas situaciones pueden ser responsables de daños sustanciales. Aún más, han sido señalados como una de las amenazas principales para plántulas jóvenes producidas mediante técnicas *in-vitro* (Sarah, obs. pers.).

Consecuencias de la infestación de nematodos

La destrucción de las raíces y los tejidos del cormo reduce la absorción de agua y minerales, lo que a su vez origina una disminución del crecimiento y desarrollo de la planta y puede llevar a una severa rebaja en el peso del racimo e incrementar significativamente el período entre dos cosechas sucesivas (Gowen, 1975; Stanton, 1994). Además, esta destrucción también resulta en una tendencia por parte de las plantas a desraizarse (enfermedad del vuelco), particularmente durante las tormentas de viento y los períodos de mucha lluvia.

Las pérdidas en el cultivo dependen de varios factores que incluyen la patogeneidad de las poblaciones locales, los patógenos asociados (incluyendo otras especies de nematodos), el cultivar de bananos y los factores climáticos y de suelo, especialmente la fertilidad. En plantaciones comerciales de cultivares

del suelo. Loos (1961) reportó que cinco o seis meses de inundación eran capaces de eliminar *R. similis* en Honduras y Panamá. La inundación también ha sido usada en Surinam (Maas, 1969). En Costa de Marfil, seis o siete semanas de inundación completa fueron tan efectivos como 10-12 meses de abandono en la reducción de poblaciones de nematodos (Sarah, *op. cit.* 1983; Mateille, *op. cit.* 1988). Sin embargo, a menudo, este método no es aplicable porque la tierra debe estar nivelada y debe haber una fuente permanente de agua. La solarización usa la energía solar para calentar el suelo a través de una película de plástico (Kata, 1981; Giblin-Davis y Verdake, 1988). Cuando la temperatura del suelo alcanza los 47 °C dos horas al día durante seis días, ningún nematodo puede sobrevivir. Pero esta técnica sólo permite tratar unos cuantos centímetros de profundidad y puede ser usada en regiones donde, y, o, durante estaciones cuando las condiciones nubosas no permanecen. En consecuencia, esta técnica es probablemente de interés limitado al área tropical húmeda. Por otra parte, podría ser muy útil en los viveros para el saneamiento del suelo que irá en las bolsas de polietileno.

Limpieza de la planta

Los nematodos pueden ser introducidos a un suelo limpio de ellos mediante cormos o hijos infestados. Por ende, todo el material a ser sembrado debería ser producido en suelos libres de nematodos. Como a menudo este no es el caso, los cormos infestados e hijos deben ser tratados para removerles los nematodos. El método más simple consiste en podar o mondar superficialmente los cormos para quitar el tejido lesionado. Sin embargo, los nematodos ubicados profundamente dentro de la corteza, en tejidos no necróticos, pueden escapar a dicha remoción. Más aún, si el mondado es demasiado, los hijos, especialmente los pequeños, pueden ser dañados. El almacenaje durante dos semanas de material mondado puede reducir más la población de nematodos (Quénéhervé y Cadet, 1985), pero tales técnicas no se pueden aplicar en hijos pequeños porque son muy frágiles y deben ser replantados rápidamente.

La poda o mondado, seguido de tratamientos de agua caliente (52-55 °C durante 15-20 minutos) ha sido una práctica común y efectiva en Latinoamérica y Australia (Blake, 1961; Stover, 1972; Pinochet, 1986). Sin embargo, los tratamientos de agua caliente requieren mucha mano de obra y las temperaturas y tiempos de inmersión son críticos y dependen del tamaño de hijo o cormo (Gowen y Quénéhervé, 1990). Por lo tanto, los tratamientos en gran número de plantas requieren de un monitoreo cuidadoso que involucre un buen dominio tecnológico.

La mejor manera de evitar la contaminación es el uso de plantas libres de nematodos, propagadas en técnicas *in-vitro*. Las plantas micropropagadas son

ahora uno de las fuentes más comunes de material de siembra en la mayoría de las regiones productoras y deberían ser el único tipo de material de siembra permitido cuando se cultiva el banano en suelo vírgen. Esta técnica requiere un buen manejo de viveros, para evitar la contaminación de las plantas a través de la tierra en las bolsas. La tierra debe ser saneada mediante solarización (ver arriba) o por calentamiento, pero la mejor solución es usar substratos libres de nematodos como arenas o cenizas volcánicas de áreas no cultivadas, mezcladas con materia orgánica (fibras de coco, pulpa de café...).

Medidas post-siembra

Dependiendo de la eficiencia del suelo y el saneamiento de las plantas, puede llevarse de uno a tres ciclos de cultivo antes de que los nematodos alcancen de nuevo el límite de daño significativo (Sarah *op. cit.* 1983a; Sarah, 1989a; Mateille *op. cit.* 1992). Como se indicó anteriormente, la erradicación es casi imposible y el saneamiento no siempre es tan efectivo como se espera. Por lo tanto, se debe considerar un programa de protección post-siembra del cultivo.

Las pérdidas en rendimiento se pueden reducir apuntalando o poniendo soportes a los pseudotallos para evitar el volcamiento. Sin embargo, esta técnica sólo elimina la consecuencia del ataque de los nematodos y no se puede verdaderamente considerar como un método de control. Un drenaje mejorado es también un factor importante en la reducción del daño causado por los nematodos en las regiones de alta precipitación pluvial, como en partes de Centroamérica (Pinochet, 1986). Del mismo modo, cualquier medida que mejore la fertilidad y el desarrollo de las raíces puede incrementar la tolerancia de la planta a los nematodos. La fertilidad de la tierra es realmente un factor clave en el mejoramiento de la tolerancia a los ataques de los nematodos (Sarah, 1995). Estas incluyen el arado del suelo o cualquier otra técnica relacionada que permita que el sistema de raíces se desarrolle mejor antes de la siembra, la incorporación de materia orgánica a la tierra, la fertilización y el riego.

La materia orgánica tiene muchas acciones positivas; en primer lugar trae nutrimentos esenciales y mejora la retención de agua del suelo. Adicionalmente, la materia orgánica permite el desarrollo de microbiota, entre la que hay antagonistas naturales de los nematodos (ver control biológico). Más aún, la materia orgánica puede que tenga una acción directa contra los nematodos, ya sea a través de la producción de componentes tóxicos (hidrocarburos, sulfidos...) provenientes de su descomposición, o a través de la presencia de alcaloides o fitoalexinas en las plantas originales (como son: *Ricinus communis*, *Azadirachta indica*, *Coffea canephora* u otros). A pesar de que la información concerniente a su efectividad sobre el banano todavía es insuficiente, el uso de estas medidas debe ser estimulado.

Micorrización

Tal como muchas otras plantas, los bananos dependen de algunos hongos micorrícicos vesiculares arbusculares (MVA), que mejoran grandemente su nutrición, especialmente bajo condiciones de baja fertilidad (Strullu, 1991a; Declerck *op. cit.* 1995). Es más, los MVA pueden desempeñar un papel en el control de los patógenos de las raíces, incluyendo a los nematodos (Umesh *op. cit.* 1988; Pinochet *op. cit.* 1996; Jaizme-Vega *op. cit.* 1997). La forma como los MVA interactúan con los patógenos de las raíces no es conocida pero se supone que aumentan la tolerancia de la planta mediante el mejoramiento de la nutrición, y también pueden interactuar físicamente (ocupando el sitio) y, o, tener un efecto supresivo en la reproducción de los nematodos. La posibilidad de producir en masa MVA *in vitro* (Declerck *op. cit.* 1996a; 1996b) puede permitir la inoculación masiva de las plántulas en los viveros. Estas plántulas podrían después ser transplantadas a los campos unos pocos meses adelante con una alta colonización de MVA en sus raíces, lo que proveería una buena protección contra los patógenos de las raíces, incluyendo los nematodos.

Control Biológico

Los nematodos parasíticos de plantas tienen muchos enemigos naturales en el suelo y desde hace tiempo se ha estado dirigiendo estudios sobre posibles controles biológicos. Los primeros antagonistas considerados fueron los hongos tramperos (*Arthrobotrys*, *Dactyllela*, *Dactylaria*, etc...). Sin embargo eran muy difíciles de producir en masa y, además, su eficiencia estaba ligada a características de suelo muy estrictas (pH, materia orgánica, microflora y microfauna del suelo...) (Cayrol *op. cit.* 1992; Davide, 1994). Los diversos esfuerzos industriales intentados no fueron exitosos.

Muchos de los programas de investigación actuales conciernen a la bacteria *Pasteuria penetrans*. Sus endoesporas se pegan en la cutícula del nematodo y de allí desarrollan un tubo germinativo que penetra en el pseudoceloma del nematodo e invaden rápidamente todo el cuerpo, formando esporas nuevas (hasta dos millones en un nematodo). Sin embargo, las relaciones entre cepas de bacterias y especies de nematodos e incluso de biotipos parecían ser altamente específicas (Sayre *op. cit.* 1991; Cayrol *op. cit.* 1993). En consecuencia, no es probable que se presente una solución aplicable en los años venideros.

Recientemente se desarrolló la formulación industrial de un hongo parasítico, *Paecilomyces lilacinus* (Davide, 1994). El *P. lilacinus* es un parásito de huevos, nematodos jóvenes y adultos, y aparentemente está obteniendo resultados prometedores en las Filipinas.

Uso de plantas resistentes

La resistencia al nematodo barrenador a través de mejoramiento genético ha sido obstaculizada desde hace tiempo por las dificultades en el desarrollo genético de los bananos (Menéndez y Sheperd, 1975; Pinochet, 1988). Sin embargo, las nuevas técnicas de mejoramiento celular y molecular del banano pueden permitir que se circunvalen en el futuro las limitaciones naturales del desarrollo tradicional de las plantas. Muchos equipos investigativos están colaborando actualmente con los programas principales en el logro de resistencia del cultivar. Desde hace mucho se ha reconocido al 'Pisang Jari Buaya' (AA) como una fuente de resistencia al nematodo barrenador (Wehunt *op. cit.* 1978; Pinochet y Rowe, 1978, 1979; Pinochet, 1988). A pesar de que su capacidad de herencia no ha sido realmente establecida (Stanton, 1994), esta resistencia ha sido incorporada a las líneas hereditarias, lo que ha llevado a la producción de híbridos de interés comercial (Rowe y Rosales, 1994). Se ha sugerido que clones con gran número de raíces pueden mostrar una mayor tolerancia a los ataques de los nematodos, y la selección de este carácter debería ser un objetivo prioritario. (Gowen, 1996).

Se ha avanzado en técnicas para la selección prematura de germoplasma en pequeños recipientes (Pinochet, 1988; Sarah *op. cit.* 1992; Fogain, 1996). Tales métodos permiten identificar muy rápidamente qué germoplasma es susceptible. Al eliminar las líneas genéticas inferiores sólo el germoplasma más promisorio tiene que ser retenido para su evaluación final en las relativamente caras pruebas de campo (Price y McLaren, 1996).

Debido a las diferencias en patogeneidad entre las poblaciones de *R. similis* (Fallas *op. cit.* 1995, 1996), tanto como entre las de otras especies de nematodos capaces de convertirse en parásitos y dañar las raíces del banano, los esfuerzos para desarrollar un banano con amplia resistencia a todos esos patógenos será extremadamente difícil (De Waele, 1996). Como primer paso, hay cultivares de banano que son potencialmente valiosos y que están siendo evaluados *versus* las poblaciones locales de nematodos barrenadores en cada zona ecológica en estudios coordinados por el INIBAP. Avances recientes en la investigación de los mecanismos de resistencia al *R. similis* han mostrado que los componentes fenólicos, especialmente algunos taninos y flavonoides, podrían estar involucrados en la reducción de la progresión de los nematodos a los tejidos del banano y su multiplicación dentro de estos (Mateille *op. cit.* 1994; Valette *op. cit.* 1996, 1997). Un mejor conocimiento de los mecanismos involucrados en la resistencia de *Musa* a los nematodos, que lleve a la identificación de los genes dominantes involucrados, sería indudablemente de ayuda a los programas de mejoramiento genético.

Conclusiones

La producción de bananos orgánicos es posible a través de un buen manejo integrado de prácticas culturales. En regiones y sistemas culturales donde la resiembra es frecuente, el saneamiento del suelo y el uso de plantas libres de nematodos es de importancia primordial. En todo caso, un buen manejo de la fertilidad de los suelos durante el ciclo de cultivo es esencial, especialmente el monitoreo de las adiciones de agua y materia orgánica.

En este contexto, la investigación debe encaminarse hacia:

- * encontrar los mejores cultivos de cobertura orgánica para controlar los nematodos;
- * mejorar y racionalizar los suministros de materia orgánica y especialmente aquellos que resultan de plantas que contienen propiedades antagónicas (alcaloides o fitoalexinas);
- * encontrar medidas alternativas para el saneamiento de las plantas en las situaciones donde todavía no se usan, o no se espera que se usen rutinariamente las plántulas generadas *in vitro*.

Se espera que del control biológico salgan técnicas prometedoras de control alternativo, el uso de los simbioses de raíces y el desarrollo genético de plantas resistentes. Este último es actualmente el tema más activo y apoyado, y algunos cultivares resistentes ya han sido implementados. Además, son muy interesantes las perspectivas para los intentos de transgenias beneficiosas. Se ha iniciado algunos programas sobre interacciones de micorrizas-nematodos, y dentro de dos o tres años tendríamos algunas respuestas acerca de la potencialidad de los MVA para el control de nematodos. El control biológico en su sentido estricto (el uso de antagonistas vivos) es un problema más complejo, en lo que concierne a los patógenos del suelo, especialmente los endoparásitos. Sin embargo, esto en ningún caso debería ser pretexto para desestimar programas de investigación que, al contrario, deben ser fomentados.

En cualquier caso, la complejidad de las comunidades de nematodos obstaculizan la eficiencia y la durabilidad de muchos métodos de control. Los agrosistemas y las plagas que los acompañan están en evolución permanente y cualquier medida de control inducirá, más o menos rápidamente, cambios en el complejo especies/patotipos. Sólo una colaboración permanente y con una retroalimentación continua entre el productor y la comunidad científica pueden permitir la adaptación de los métodos de control continuamente, tomando en cuenta cada situación local.

Referencias

- ADIKO, A. 1988. Plant-parasitic nematodes associated with plantain, *Musa paradisiaca* (AAB), in the Ivory Coast. *Revue de Nématologie* 11:109-113.
- BLAKE, C. D. 1961. Root rot of banana caused by *Radopholus similis* (Cobb) and its control in New South Wales. *Nematologica* 6: 295-310.
- BLAKE, C. D. 1966. The histological changes in bananas roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12: 129-137.
- BRIDGE, J. 1988. Plant nematode pests of banana in East Africa with particular reference to Tanzania. In: *Nematodes and the Borer Weevil in Bananas, Proceedings of an INIBAP Workshop, Bujumbura, Burundi, 1987*. INIBAP, Montpellier, France, pp. 35-39.
- BRIDGE, J. 1993. Worldwide distribution of the major nematode parasites of bananas and plantains. In: Gold, C.S. and Gemmel, B. (eds) *Proceedings of Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases in Africa, Cotonou, Bénin, 12-14 November 1991*. The Printer, Davis, California, USA, pp.195-198.
- CAVENESS, F.E. and T. BADRA 1980. Control of *Helicotylenchus multicinctus* and *Meloidogyne javanica* in established plantain and nematode survival as influenced by rainfall. *Nematologica* 10: 10-14.
- CAYROL, J.C., DJIAN-CAPORALINO, C., PANCHAUD-MATTEI, E. 1992. La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Courrier de la cellule environnement de l'INRA*: 17, 31-44.
- COLBRAN, R. C. 1964. Cover crops for nematode control in old banana land. *Queensland Journal Of Agricultural Science*, 21:233-236.
- DAVIDE R.G. 1994. Biological control of banana nematodes: development of Biocon I (Bioact and Biocon II technologies. In: Valmayor, R.V., Davide, R.G., Stanton, J.M., Treverrow, N.L. and Roa, V.N. *Banana nematodes and weevil borers in Asia and Pacific. Serdang Selangor, Malaysia, 18-22 april 1994*. INIBAP/ASPNET, Los Baños, Philippines, pp. 139-146.
- DECLERCK, S., C. PLENCHETTE, D.G. STRULLU. 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant and Soil*. 176: 183-187.
- DECLERCK, S., D.G. STRULLU, C. PLENCHETTE, C. 1996a. *In vitro* mass production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus versiforme* associated with Ri T-DNA transformed carrot roots. *Mycological Research* 100: 1237-1242.
- DECLERCK, S., D.G. STRULLU, C. PLENCHETTE, T. GUILLEMETTE. 1996b. Entrapment of *in vitro* produced spores of *Glomus versiforme* in alginate beds : *in vitro* and *in vivo* inoculum potential. *Journal of biotechnology*. 48: 51-57.
- DE GUIRAN, G., A. VILARDEBO, A. 1961. Le banaier aux îles Canaries. VI. Les nématodes parasites. *Fruits*. 17: 263-277.
- DE WAELE, D. 1996. Plant resistance to nematodes in other crops : relevant research that may be applicable to *Musa*. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka. Proceedings of the workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 October 1995*. IPGRI, CIRAD, MARDI, INIBAP, pp. 108-118.
- FALLAS, G., J.L. SARAH, M. FARGETTE. 1995. Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA, cv. Poyo). *Nematologica*. 25:135-141.
- FALLAS, G., M. HAHN, M. FARGETTE, P. BURROWS, J.L. SARAH. 1996. Molecular and biochemical diversity among isolates of *Radopholus similis* from different areas of the world. *Journal of*

NEMATODOS NODULADORES DE LAS RAÍCES DEL BANANO

Meloidogyne incognita (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949

Meloidogyne javanica (Treub, 1885) Chitwood, 1949

Dirk De Waele y Romulo G. Davide (1998)

Los nematodos noduladores de las raíces, *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*, se encuentran en las raíces de bananos y plátanos en todos los lugares donde crecen estos cultivos. *Meloidogyne arenaria* y ocasionalmente algunas otras especies de *Meloidogyne* también pueden ser encontradas asociadas con bananos y plátanos. A pesar de su amplia presencia y a veces alta abundancia, los nematodos noduladores de las raíces no se consideran patógenos graves del banano y plátano. A menudo, los nematodos noduladores de las raíces se encuentran en las raíces del banano junto con otras especies patógenas como *Radopholus similis* y *Pratylenchus* spp. El daño, ocasionado por estas otras especies de nematodos, es más visible (necrosis de las raíces) y más destructivo (volcamiento de las plantas) que los síntomas (llagas) y otros efectos adversos, causados por *Meloidogyne* spp. Además, *R. similis* y, en menor grado, *Pratylenchus* spp., tienden a superar las poblaciones de los nematodos noduladores y, finalmente, reemplazarlas. Cuando estos nematodos se encuentran juntos, los nematodos que inducen lesiones en las raíces, destruyen sus tejidos y proporcionan de este modo sitios para la alimentación de las especies *Meloidogyne*. Sin embargo, existen indicaciones de que la importancia de los nematodos noduladores de las raíces podría estar descuidada, especialmente en las áreas donde *R. similis* no está presente.

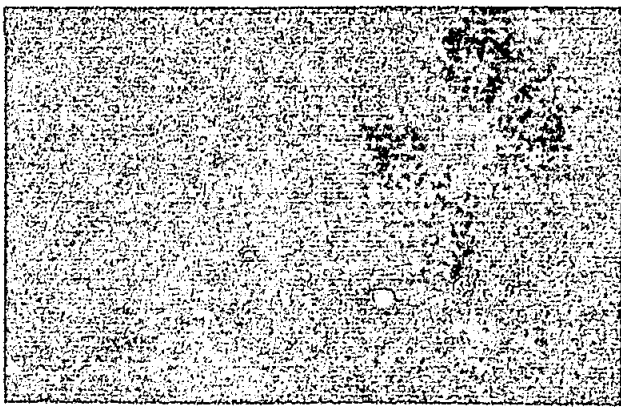
Distribución

Meloidogyne incognita y *M. javanica* se dan en todas partes del mundo. En bananos y plátanos estos nematodos pueden ser abundantes en las áreas donde el clima es demasiado frío para el *R. similis*, donde este último no ha sido introducido, o donde no se encuentra el *Pratylenchus goodeyi*. Tales áreas pueden ser encontradas en el Mediterráneo (Creta y Líbano), en los subtrópicos (África del Sur), en los trópicos a grandes altitudes en Suramérica (los Andes en Colombia) y en las tierras bajas de África (Ghana, Tanzania), donde los bananos de postre del subgrupo Cavendish no han sido introducidos en gran escala y, por lo tanto, *R. similis* no se propagó con el material de plantación infectado. En los altiplanos de África, *M. incognita* y *M. javanica* son mucho menos abundantes debido a la presencia de *P. goodeyi*. En contraste, en Asia,

especialmente en el sureste de Asia, que se considera el centro de origen de *Musa*, las especies de *Meloidogyne* a menudo son los nematodos más comunes y abundantes en muchas variedades diploides y triploides nativas cultivadas como postre o para cocción. En Malasia, los cultivares populares locales como el Pisang Mas (AA, sin. Sucrier), Pisang Berangan (AA, sin. Lakatan), Pisang Rastali (AAB, subgrupo Silk), Pisang Nangka (AAB), Pisang Tanduk (AAB), y Pisang Embung (AAA, sin. Gros Michel) son susceptibles a *M. incognita*. El estancamiento del crecimiento, pseudotallos delgados y racimos pequeños comúnmente se observan en estos cultivares. En Asia, *Meloidogyne* spp. también pueden ser predominantes ocasionalmente en los bananos de postre del subgrupo Cavendish. En Filipinas, *M. incognita* y *M. arenaria* están muy propagados y ocurren en los bananos de postre de tipo Cavendish gigante en grandes cantidades. Por ejemplo, en Davao el 82% de todas las muestras de raíces examinadas estaba infectado, con una densidad de población promedio de 3,539 nematodos por 100 g de raíces frescas. En Malasia Occidental, *M. javanica* estaba muy difundido en una plantación comercial de bananos de postre: la cantidad promedio de especímenes jóvenes en la segunda etapa (J₂), recuperados de 200 ml de suelo, fue de 2,300 y las plantas mostraban llagas extensas en sus raíces.

Sección transversal a través de una llaga de una raíz de plátano que muestra cuerpos de hembras hinchados (*Meloidogyne* spp.).



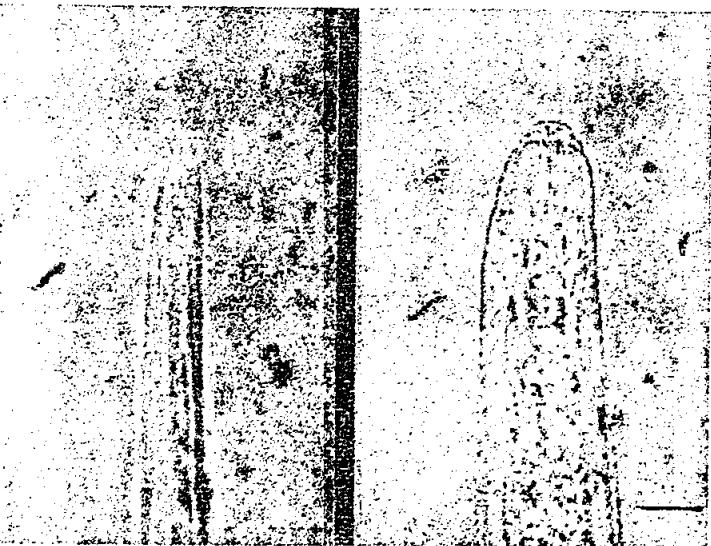


Hembra y masa de huevos diseccionadas (*Meloidogyne* spp.).

Ciclo de vida, síntomas y daño

Las especies *Meloidogyne* son endoparásitos sedentarios. Los especímenes jóvenes móviles en la segunda etapa (J_2) emergen de los huevos, se mueven hacia las raíces y penetran en ellas a través de la punta, en las regiones de una penetración previa, o donde se encuentran pequeñas heridas. En la raíz, los J_2 invaden la endodermis y, al entrar en la estela, inducen la producción de células gigantes con núcleos múltiples que se derivan del parénquima vascular o de la diferenciación de las células vasculares en la parte central de la estela. La formación de estas células gigantes trastorna o bloquea los vasos de xilema que la rodea. También se induce la multiplicación de las células corticales, lo que resulta en la formación de llagas características. Los especímenes jóvenes J_2 se alimentan de estas células gigantes y mudan tres veces para convertirse en hembras adultas que crecen rápidamente. La disección de las llagas revela las típicas hembras hinchadas en varias etapas de maduración. Cuando las hembras maduran, forman sacos. La reproducción es partenogénica. Un alto porcentaje de

Región de la cabeza de *Meloidogyne*: espécimen en la 2^{da} etapa juvenil (izquierda) y macho (derecha). Barra = 20 micrones.



machos se producen sólo en condiciones adversas. Los huevos se depositan dentro de una matriz gelatinosa para que se forme una masa de huevos. Una sola masa de huevos puede contener varios centenares de huevos. En las raíces primarias, carnosas y gruesas, las masas de huevos pueden quedarse dentro de la raíz. En bananos y plátanos, el ciclo biológico completo dura de cuatro a seis semanas. Diferentes especies de *Meloidogyne* pueden ser observadas en la misma llaga. Los nematodos noduladores de las raíces también pueden colonizar las capas externas del cormo a una profundidad de hasta 7 cm.

En bananos y plátanos, los síntomas más obvios de la infección por *Meloidogyne* spp. son las raíces secundarias y primarias hinchadas y con llagas. Algunas veces las puntas de las raíces son invadidas y existen pocas llagas o ningunas, pero el crecimiento de las puntas de las raíces se detiene y nuevas raíces proliferan justo por encima de los tejidos infectados. Las plantas infectadas tienen una cantidad de raíces secundarias y terciarias mucho más baja. En Pakistán, se observaron síntomas tales como amarilleamiento en las partes aéreas de la planta, hojas más angostas, detención del



Región de la cola del espécimen en la 2^{da} etapa juvenil *Meloidogyne* incognita. Barra = 20 micrones.



Región de la cola de un macho de *Meloidogyne* incognita. Barra = 20 micrones.

crecimiento de la planta y producción reducida de la fruta, causados por *M. javanica*. En Filipinas, un experimento de evaluación del rendimiento de los bananos de postre de tipo Cavendish gigante bajo condiciones de campo infectados con *M. incognita*, mostró que un nivel de inóculo de 1,000 J₂ por planta dio como resultado un 26.4% de pérdida de rendimiento, 10,000 J₂, un 45.4 % de pérdida de rendimiento, y 20,000 J₂, 57.1% de pérdida de rendimiento en comparación con las plantas no inoculadas.

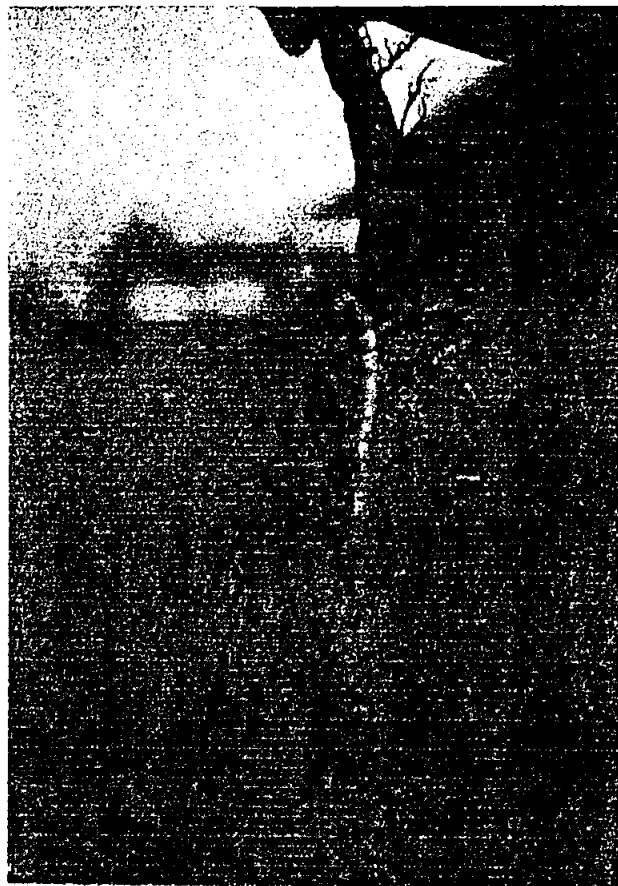
En las raíces de los bananos y plátanos, a menudo las especies de *Meloidogyne* ocurren junto con los hongos del suelo, pero los efectos sinérgicos entre estos dos grupos de patógenos no han sido estudiados, aunque hay indicaciones de que los mismos pueden existir. En Yemen, los niveles más altos de podredumbre de las raíces se observaron en las plantaciones bananeras donde *M. incognita* y los hongos de suelo (*Fusarium* y *Rhizoctonia* spp.) se encontraban juntos.

Control biológico, químico y cultural

Las especies de *Meloidogyne* pueden ser propagadas con el material de plantación infectado. Los cormos infectados pueden ser desinfectados de los nematodos noduladores de las raíces mediante el pelado, seguido por el tratamiento con agua caliente (de 53 a 55°C por 20 minutos) o por el tratamiento con nematicidas antes de plantarlos.

Los nematodos noduladores de las raíces tienen un amplio rango de huéspedes, especialmente de plantas dicotiledóneas, que a menudo se encuentran en las áreas donde se cultivan los bananos y plátanos. Por lo tanto, se debe prestar una atención especial al mantenimiento de barbechos sin malezas y a la selección de los cultivos de cobertura o cultivos asociados en los sistemas de rotación o cultivos intercalados. Sin embargo, el barbecho realizado con el fin de erradicar a los nematodos noduladores de las raíces, puede resultar ineficaz, ya que se informa que, por ejemplo en Cuba, las especies de *Meloidogyne* permanecieron en el suelo en ausencia de bananos por hasta 29 meses. En India, el cultivo intercalado de los bananos del tipo Robusta (subgrupo Cavendish) con *Coriandrum sativum*, *Sesamum indicum*, *Crotalaria juncea*, *Tagetes erecta* y *Acorus calamus*, redujo significativamente las poblaciones de *M. incognita* en los ensayos de campo. El mismo efecto sobre las especies de *Meloidogyne* fue obtenido en los ensayos de rotación de cultivos con el pasto Pangola, maíz y caña de azúcar en Cuba y con *Tagetes patula* en África del Sur. Debido al período de inundación, la rotación con el arroz en cáscara también puede reducir drásticamente las poblaciones del nematodo nodulador de las raíces.

La mayoría de las variedades de bananos y plátanos cultivadas son susceptibles a los nematodos noduladores de las raíces. Sin embargo, el tamizado en gran escala de los genotipos de banano y plátano reveló la existencia de fuentes de resistencia a las especies de *Meloidogyne*. En Filipinas, de los 90 genotipos de *Musa* examinados con respecto a la susceptibilidad (taza de reproducción de nematodos) y sensi-



Llagas en las raíces de banano causadas por *Meloidogyne* spp.

bilidad (daño causado por nematodos) a *M. incognita*, nueve cultivares (Alaswe, Dakdakan, Inambak, Pastilan, Pugpogon, Maia Maoli, PaaDalaga, Sinkor y Viente Cohol) mostraron resistencia. Estos cultivares tenían un índice de formación de llagas de 1 a 2 indicando sólo una formación ligera de llagas con generalmente pocos nematodos en las raíces.

Numerosos experimentos en el campo mostraron la eficacia de varios nematicidas contra los nematodos noduladores de las raíces. La inmersión de los cormos por 10 minutos en una solución de nematicida como un tratamiento antes de plantarlos, puede proteger las plantas por unos pocos meses contra la infección con nematodos. Entre los nematicidas que resultaron eficaces, se encuentran el dibromocloropropano (DBCP o Nemagon, prohibidos hoy en día en numerosos países), los organofosfatos: etoprofos y fenamifos, y los carbamatos: aldicarb y carbofuran. La inmersión de los cormos pelados en el hipoclorito de sodio (NaOCl) a 1% por 5 o 10 minutos también controló las especies de *Meloidogyne* y se considera como un tratamiento presembrado eficaz, de bajo costo y no tóxico. Igualmente, se mostró que la fumigación antes de sembrar con el dibromuro de etileno (EDB, prohibido en numerosos países), dicloropropano-dicloropropeno (D-D) o bromuro de metilo y el tratamiento del suelo después de la siembra con la mayoría de organofosfatos (etoprofos, cadusafos, fenamifos, isazofos, terbufos) y carbamatos (aldicarb, carbofuran, oxamil), aplicados

varias veces al año, puede controlar significativamente los nematodos noduladores de las raíces en las plantaciones de banano y plátano establecidas y mejorar el crecimiento de las plantas y su rendimiento. Estudiando patrones de fluctuaciones estacionales de los nematodos, se puede desarrollar un programa de control eficaz con nematocidas que se aplicaría únicamente cuando las poblaciones se acercan al nivel crítico, usualmente al empezar la estación lluviosa. En Puerto Rico, el oxamil aplicado cuatro veces con un intervalo de 30 días durante la época de crecimiento, en los pecíolos de las hojas de los bananos Cavendish gigante controló eficazmente el nematodo *M. incognita*.



En Filipinas, los extractos de las raíces de caléncula africana (*Tagetes erecta*), ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*), pasto de Bermuda (*Cynodon dactylon*) y mimosa (*Mimosa pudica*) resultaron altamente eficaces contra la eclosión de huevos de *M. incognita* e infestación. La eficiencia de estos extractos de raíces fue comparable con el de los nematocidas basados en químicos. Los extractos de las hojas de Kaatoanbangkal (*Anthocephalus chinensis*) y lirio de agua (*Eichornia crassipes*), y los extractos de los bulbos de ajo (*Allium sativa*) y cebolla (*Allium alia*) también resultaron eficaces contra *M. incognita*. La caracterización de los principios activos reveló un aldehído fenólico extraído de *A. chinensis*, un ácido carboxílico extraído de *E. crassipens* y un cetona extraído de *A. cepa*.

También en Filipinas, los extractos del cultivo de 17 especies de microorganismos fueron evaluados bajo condiciones de laboratorio e invernadero con respecto a la actividad nematocida contra *M. incognita*, basándose en las pruebas de mortandad e ineficacia observadas, en los bananos del Cavendish gigante. Los extractos purificados de varias especies de *Penicillium* (*P. oxalicum*, *P. anaticum*) y *Aspergillus niger* mostraron una alta actividad nematocida. Esta búsqueda de los agentes de control biológico dieron como resultado la llamada Tecnología BIOCON, en la cual las formulaciones líquidas y en polvo que contienen *Paecilomyces lilacinus* y *P. oxalicum* se utilizan exitosamente para controlar nematodos en banano, incluyendo *Meloidogyne* spp. También se investigan los hongos arbusculares como agentes de control biológico. La inoculación de los bananos micropropagados del cultivar Grand Naine (subgrupo Cavendish) con dos aislados de *Glomus mosseae* detuvo la formación de llagas y el crecimiento de nematodos de *M. incognita* en las raíces bajo condiciones de invernadero. La inoculación del mismo cultivar de banano con *Glomus intraradices* no afectó el crecimiento de *M. incognita* en las raíces, pero aumentó el crecimiento de la planta mejorando su nutrición.

Raíces de banano infectadas con las hembras hinchadas de *Meloidogyne* spp.



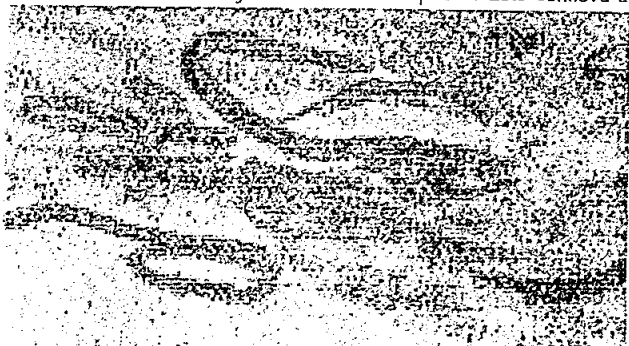
EL NEMATODO BARRENADOR DEL BANANO *RADOPHOLUS SIMILIS* COBB

J.L. Sarah, J. Pinochet y J. Stanton (Diciembre, 1996)

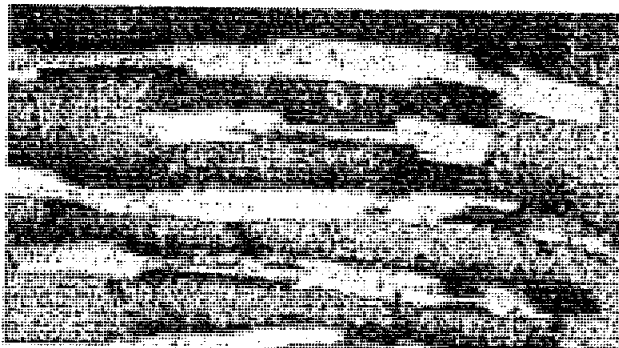
El nematodo barrenador (*Radopholus similis*) es uno de los patógenos más importantes que ataca la raíz y el rizoma (cormo) en bananos en las zonas de producción inter-tropicales. La propagación vegetativa usando rizomas o hijuelos infectados ha diseminado esta plaga alrededor del mundo. A pesar que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

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. Esto conlleva a



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



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

pérdidas en el peso del racimo e incrementa significativamente el período entre dos cosechas sucesivas. Mas 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 patógenas 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 patógeno 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.

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



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

terrenos bien nivelados y una fuente de agua permanente. A pesar que la fumigación del suelo es bastante efectiva en eliminar los nematodos, son muy pocos los nematicidas autorizados hoy en día y los costos de aplicación pueden ser prohibitivos. Mas aún, estos químicos son biocidas de amplio espectro con efectos nocivos sobre la microflora del suelo.

La propagación de material de siembra debe ser hecha en campos libres de nematodos ya que los nematodos pueden ser introducidos en terrenos limpios si se siembra con material infestado. Rizomas o hijuelos ligeramente infestados pueden ser tratados para librarlos de los nematodos. El método más simple consiste en "pelar" superficialmente los rizomas para remover el tejido lesionado. Sin embargo, este método puede presentar problemas debido a que los nematodos localizados en el tejido parenquimático no necrosado pueden escapar a este tipo de tratamiento. La exposición al sol por dos semanas del material "pelado" puede reducir aún más la población de nematodos, pero esta técnica no puede ser aplicada a hijuelos pequeños los cuales son bastantes frágiles y necesitan ser replantados rápidamente.

El "pelado" seguido por inmersión en agua caliente (52-55°C por 15-20 minutos) ha sido una práctica común y muy efectiva en América Central y en Australia. Sin embargo, los tratamientos con agua caliente requieren abundante mano de obra y control cuidadoso (la temperatura y el tiempo de exposición son críticos) para que sean efectivos y limitar daño adicional sobre las plantas. También se puede desinfectar el material de siembra sumergiéndolo en una solución nematicida (2 500 ppm) por 30 minutos. La técnica conocida como "prálinage" 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).

La mejor manera para evitar la contaminación de suelos sanos es utilizando plantas libres de nematodos propagadas *in vitro*. Esta forma de propagación, se esta convirtiendo en la actualidad en la fuente más común de material de siembra en muchas regiones productoras y es sin duda, el procedimiento más recomendable para introducir el banano en tierras vírgenes.

Una vez introducido, la erradicación de *R. similis* del suelo es virtualmente imposible y las poblaciones pueden aumentar con mayor o menor rapidez después de la siembra. Las pérdidas de producción pueden ser reducidas amarrando o apurtalando las plantas para evitar su caída. Otro factor importante para reducir el daño causado por nematodos es proporcionando un drenaje apropiado en zonas de lluvia intensa como en algunas partes de América Central. De la misma manera, cualquier medida que aumente la fertilidad y el desarrollo de las raíces puede incrementar la tolerancia de la planta a los nematodos. Estas medidas incluyen la preparación del suelo antes de la siembra, incorporación de materia orgánica, fertilización e irrigación.

Actualmente, el control químico es la manera más común de controlar las poblaciones de nematodos. Los nematicidas son generalmente organofosforados o carbamatos (no volátiles), los cuales son aplicados como gránulos sobre la superficie del suelo alrededor de la planta. Los compuestos emulsificantes se aplican como rocío líquido o a través de los

sistemas de irrigación (por ejemplo en las Islas Canarias). El momento óptimo de aplicación, la cantidad y la frecuencia son determinados por la eficiencia del nematicida, las condiciones ambientales, así como por la patogenicidad de las razas locales y la dinámica de la población. En la mayoría de las áreas de producción se aplica entre 2 y 3 g de ingrediente activo por planta 2-3 veces por año. Para evitar problemas de biodegradación inducida por el uso repetido del mismo nematicida, se recomienda alternar compuestos diferentes. A pesar que los nematicidas son generalmente efectivos en el control de los nematodos, no son fáciles de usar, son caros, altamente tóxicos, y tienen un impacto negativo sobre el medio ambiente.

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 Jan 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 *R. similis* 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. Ud. puede ayudar enviando muestras de raíces infestadas con *R. similis* a Jean-Louis Sarah (Laboratorio de nematología, CIRAD-FLHOR, B.P. 5035, 34032, Montpellier Cedex 01, France - e-mail: sarah@cirad.fr). Las muestras de raíz deben ser sacudidas para remover el exceso de suelo pero no deben ser lavadas. Póngalas en una bolsa plástica cerrada, envíelas por correo expreso. Incluya la fecha de colección, localidad, variedad y detalles de las prácticas culturales.



4. Caída de banano causada por la destrucción de las raíces (Photo J. Pinochet).

Mejoramiento de banano y plátano resistentes a plagas y enfermedades

Phil Rowe ¹

Introducción

Las observaciones perspicaces sobre un tema son a veces más significativas que un estudio formal, especialmente cuando ya hay múltiples estudios científicos accesibles y relacionados con el tema.

Existe abundancia de documentos publicados que describen los problemas de enfermedades y plagas en banano y plátano, y los resultados obtenidos en programas de mejoramiento son asequibles a través de las minutas de conferencias internacionales auspiciadas por INIBAP.

Lo que percibimos como una necesidad que amerita atención renovada es una revisión aguda de qué nos trajo al punto en el cual estamos contemplando el desarrollo de bananos resistentes a las enfermedades, o bananos “ambientalmente amistosos”. Tal revisión de lo que ha concluido en resultados exitosos es, en nuestra opinión, valiosa por proveer guías confiables para las acciones que deberán ser tomadas en el futuro. Consecuentemente, este documento contiene algunas filosofías y opiniones personales, junto con discusiones sobre logros en el mejoramiento genético de distintos tipos de banano y plátano.

Una breve historia del desarrollo de los cultivos de banano

Históricamente, el consenso de opiniones era que no valía la pena tratar de desarrollar nuevas variedades de banano por medio de mejoramiento genético. En general, el hecho de que las variedades son triploides sin semilla llevó a la conclusión popular de que ello era probablemente imposible. Además, las compañías que exportaban bananos podían fácilmente cubrir los costos de cualquier enfermedad o medidas de control de plagas y no había amenazas serias al cultivo continuado de plátano y banano de cocción en las montañas del África Oriental. Tal era la situación existente.

¹FHIA, San Pedro Sula, Honduras

Ahora toda persona bien informada en el mundo del banano sabe cuán rápidamente estas situaciones que antes eran seguras cambiaron. Con el brote de Sigatoka negra en Latinoamérica a inicios de los años de 1970, y con la llegada posterior de esta enfermedad al Africa, se hizo obvio que el cultivo continuado y viable dependía del desarrollo de variedades resistentes a enfermedades, tal y como se ha hecho para todas los demás cultivos mayores. Afortunadamente las actividades de mejoramiento tan desesperadamente necesitadas no tuvieron que arrancar de cero.

La mayoría de los grandes descubrimientos que han provisto una mejora en calidad de vida para incontables millones de personas pueden ser rastreados como la persecución de un sueño por una o ciertas personas, máxima que es verdadera también en el caso de banano y plátano mejorados. El presente estado de avance en los logros de mejoramiento de *Musa* se debe en gran medida a la visión de unos pocos pero extraordinarios hombres, quienes “predijeron el futuro” muchos años antes de que se supiera de la existencia de la Sigatoka negra.

Ellos trabajaron en los programas pioneros de mejoramiento de banano en Trinidad, Jamaica y Honduras, y creyeron y persistieron cuando escasa gente creyó que se podría hacer. Incluso para aquellos que financiaron esos esfuerzos existía la posibilidad, bastante realista en el momento, de que no habría un retorno para las tremendas inversiones requeridas. Para los lectores interesados, Rowe y Rosales (1996) han revisado las actividades y listado referencias sobre estos programas pioneros con relación al programa actual de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola –FHIA–.

Los primeros fitomejoradores de banano descubrieron una anormalidad genética que trabajó a su favor, y se convencieron de que un éxito eventual en el mejoramiento del banano consistía solamente en persistir en el curso de su investigación. Esta anormalidad es el hecho de que el triploide “Gros Michel”, que debería ser sin semilla de acuerdo a las reglas del comportamiento genético, produce una o dos semillas por racimo al ser polinizado con diploides. Algunos de la progenie de estas cruces $3x \times 2x$ son tetraploides.

Como los tetraploides, al igual que los triploides, tienen todo el vigor de la planta y las características de tamaño de fruta requeridas para el banano comercializable, el curso a mantener consistía en mejorar a los padres diploides para ser cruzados con el “Gros Michel” (posteriormente, mutantes enanos de “Gros Michel” reemplazaron a este clon alto como el progenitor materno fijo para esos cruces).

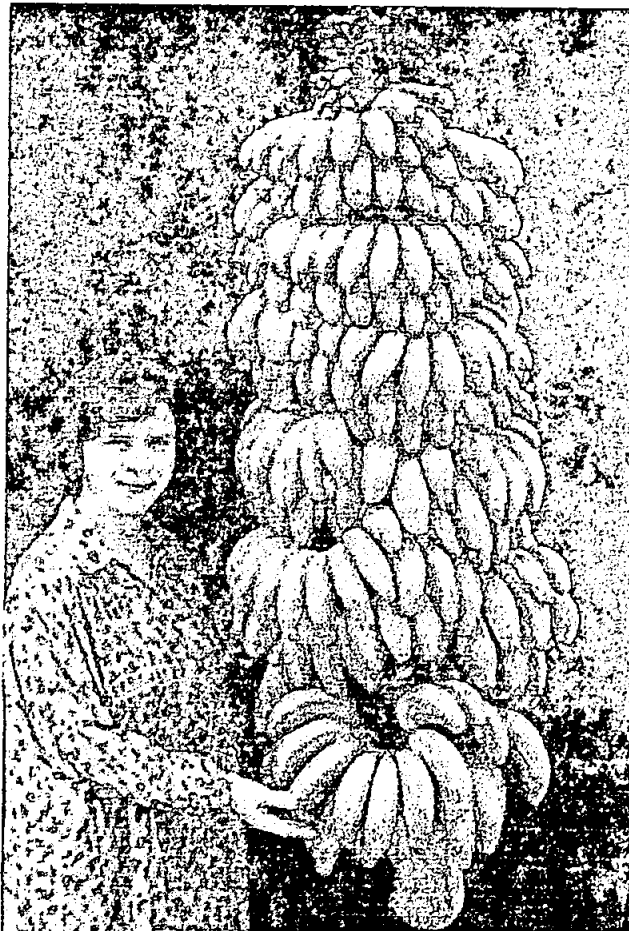
Ha habido, probablemente, muy pocos retos tan formidables en el mejoramiento genético de cualquier cultivo, como el de desarrollar líneas genéticas superiores para su uso subsecuente como padres en estos cruzamientos con

“Gros Michel”. Los diploides naturales disponibles en colecciones de germoplasma para iniciar la tarea de mejoramiento de la cruz $2x \times 2x$ estaban todos limitados severamente por sus inferiores tamaños de racimo, o por otras características indeseables (tales como la ausencia de polen, la falta de pulpa comestible, etc.), pero algunos de estos diploides fueron fuentes de resistencias a enfermedades y plagas.

Logros recientes

La predicción de Dodds (1943) hace más de 55 años, en cuanto a que diploides de calidad superior podrían ser desarrollados, se ha convertido ahora en realidad. Los diploides agrónomicamente mejorados que se usan en la actualidad en forma extensiva en el programa de FHIA son: SH-3142, como fuente de resistencia al nematodo barrenador; SH-3362, con resistencia a la Raza 4 del Mal de Panamá; SH-3437, como fuente de resistencia a la Sigatoka negra. Estos tres diploides son a su vez resistentes a la raza más común (raza 1) del Mal de Panamá.

Fig. 1. Racimos característicos del banano de cocción FHIA-03 resistente a la Sigatoka negra. Este híbrido tiene una ascendencia compleja pero se originó de cruces iniciales a una variedad resistente de banano de cocción de las Filipinas. Alrededor de 4000 hectáreas de este híbrido están siendo cultivadas en la actualidad en Cuba, y recientemente han sido enviadas por INIBAP a varios países para su evaluación. La variedad FHIA-03 es el doble de productiva que el clon de banana cocción Bluggoe, el cual ha sido cultivado tradicionalmente en muchos países alrededor del mundo.



Además de la variedad "Gros Michel", varios otros clones triploides fértiles en semillas de distintos tipos de banano y plátano fueron posteriormente identificados. Estos triploides fértiles en semillas genéticamente distintos han sido cruzados con los diploides avanzados para la producción de banano resistente a las enfermedades, de calidad de exportación para postre, banano para postre sabor dulce-acidulado, plátanos, e híbridos tetraploides de bananos de cocción que actualmente se están cultivando comercialmente.

Híbridos resistentes a las enfermedades, cultivados comercialmente

Esta información sobre híbridos que están siendo cultivados para la producción comercial viene primordialmente de comunicaciones personales con el Ing. José Manuel Álvarez, quien ha confirmado que actualmente hay alrededor de 4000 hectáreas de FHIA-03; 1900 de FHIA-23 y 900 de FHIA-18 bajo cultivo en Cuba, sin control químico de Sigatoka negra. Además de tener un alto nivel de

Fig. 2. Características de planta y racimo del híbrido FHIA-18 en Cuba, donde es apreciado por su sabor dulce-acidulado. Las variedades naturales con este sabor más ácido fueron cultivadas anteriormente en Cuba, pero fueron destruidas por el Mal de Panamá. La variedad FHIA-18 no solamente es resistente al Mal de Panamá sino también a la Sigatoka negra y al nematodo barrenador. Este también podría ser un híbrido extremadamente valioso para Brasil cuando la Sigatoka negra deje sin hojas a los clones dulce-acidulados favoritos de ese país, aproximadamente dentro de cinco años (ya ha sido identificada en la región amazónica de Brasil).





Fig. 3. Características de racimos del híbrido de plátano FHIA-20 (a los lados), comparados con los del plátano tradicional variedad Falso Cuerno (al centro), cuando no se usa agroquímicos para controlar la Sigatoka negra. Este híbrido tiene cualidades postcosecha (larga vida en verde), lo que lo hace un posible candidato para la promoción en los mercados de exportación. Además, el plátano FHIA-20 podría ser extremadamente valioso para el Africa, donde los plátanos eran/son una parte de la dieta básica para más de 70 millones de personas. La Sigatoka negra ha reducido en un 50% durante los últimos 15 años los rendimientos del plátano tradicional en el Africa occidental y central.

resistencia a la Sigatoka negra, la variedad FHIA-18 también lo es al nematodo barrenador. FHIA-03 fue desarrollada como una variedad de banano de cocción pero ha recibido muy buena aceptación como banano de postre en Cuba; la variedad FHIA-18 es un banano de postre de sabor dulce-acidulado; y FHIA-23 es un banano típico para postre (de calidad de exportación).

Los híbridos de plátano tipos FHIA-20 y FHIA-21 están ahora siendo cultivados comercialmente en varios países latinoamericanos. Estos dos híbridos resistentes a la Sigatoka negra han mostrado ser el doble de productivos que el tradicional plátano variedad Falso Cuerno.

Las características de racimo o fruta de estas variedades de híbridos tetraploides FHIA-03, 18, 20, 21 y 23 han sido ampliamente divulgadas (Figs. 1-5).

Conclusiones

Se estima que anualmente se usan más plaguicidas para la producción de banano de exportación que para cualquier otro cultivo (Lacher *et al*, 1997). Sólo en Costa Rica, el costo anual del control de Sigatoka negra para los bananos de exportación es más de 50 millones de dólares.

Los primeros pasos hacia la reducción del uso de plaguicidas en estos bananos, mediante el desarrollo de híbridos resistentes, han sido descritos arriba. A pesar de que los plaguicidas no han sido comúnmente usados para proteger bananos de cocción y plátanos (los granjeros no pueden pagar este gasto), el desarrollo de híbridos resistentes está teniendo un gran impacto positivo en la producción de estos cultivos primordialmente domésticos. La importancia de los diferentes tipos de bananos y plátanos cultivados para el consumo local es claramente evidente si tomamos en consideración que solamente un poco más del 10% de la producción total es exportado.

Se requirieron 35 años de esfuerzos intensivos y caros de mejoramiento genético en el programa hondureño antes de que el primer híbrido comercial resistente a la Sigatoka negra fuera desarrollado y sembrado por los agricultores. Una sucesión de híbridos comerciales siguió prontamente. Sin embargo, las necesidades de aun más híbridos con resistencia a plagas y enfermedades son inmensas. Estas necesidades incluyen una planta para un banano de exportación resistente a las enfermedades y de menor altura, a fin de reducir las pérdidas por vientos fuertes, una estatura enana en híbridos de plátano resistentes a la Sigatoka negra y bananos de cocción resistentes a la Sigatoka para el Africa Oriental.

Mucho más de cien millones de personas pueden ser beneficiadas con sólo el mejoramiento genético de plátanos y bananos de cocción. Como se ha ilustrado, esto es posible de hacer. Es tan sólo un problema de mantenerse en el curso trazado y continuarlo, obteniendo los recursos financieros necesarios para perseguir la consecución de nuestros objetivos a la velocidad en que la necesidad lo exija.

Con el conocimiento generado por el BanMan se puede cambiar el manejo agronómico y de empleo de agroquímicos para garantizar la efectividad de estos últimos, garantizar cosechas adecuadas y reducir el impacto ambiental de su uso.

Por otro lado, la información generada producto de la traducción de observaciones y análisis podría en el futuro llevar a la toma de decisiones que involucren cambios en el manejo del cultivo: por ejemplo manejo hortícola anual. Sin embargo, debido a que aún no se cuenta con suficiente información que relacione las diferentes modalidades de manejo y el compartamiento del cultivo, es necesario continuar con el proceso investigativo encaminado a dar respuesta a la interrogante: ¿es posible con modificaciones agronómicas producir rentablemente en un área de manejo particular de la finca? Para muchos casos y condiciones aún no conocemos la respuesta a esta interrogación. A manera de ejemplo podemos citar que en Finca La Rebusca se inició recientemente un experimento para determinar la relación existente entre dosis de fertilizantes aplicados y su efecto sobre la producción. Este experimento a nivel de finca es necesario para determinar la fertilización óptima para todas las condiciones de crecimiento dentro de esta finca.

La aplicación de agroquímicos en una forma específica

El enfoque de la Agricultura de Precisión no se centra únicamente a la variación espacial, sino que también en la planificación de las aplicaciones de agroquímicos en el tiempo. En Fig. 8 se puede observar la variación de la lixiviación de Ethoprop después de su aplicación a través del tiempo y luego de varias fechas de aplicación.

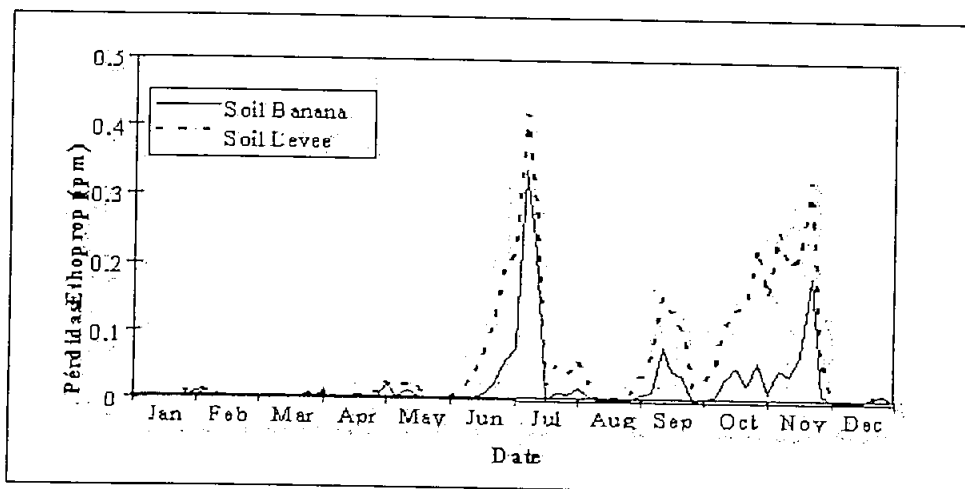


Fig. 8. La lixiviación de Ethoprop en función de la fecha de aplicación

El control de la Sigatoka negra en producción de banano orgánico

Ronald A. Romero¹

El equilibrio natural

Los sistemas naturales se caracterizan por la casi ausencia de enfermedades y plagas a nivel epidémico, esto es, a nivel de afectar poblaciones enteras de hospederos. Entre las varias razones que pueden citarse interesa una que está relacionada con la inexistencia de epidemias de patógenos: la presencia de un equilibrio natural entre las poblaciones del patógeno y las poblaciones del hospedero (Browning, 1980; Leonard, 1984).

Este equilibrio consiste en que las razas o cepas virulentas del patógeno se regulan por la presencia en la población del hospedero, es decir la planta, de cultivares resistentes, de tal forma que las frecuencias de uno y otro se mantienen en un equilibrio, en lo que puede considerarse una relación de gene por gene (Flor, 1971). Un aumento en el "fitness" del hospedero causaría un efecto en el "fitness" de las poblaciones del patógeno.

A través de las fuerzas evolucionarias, principalmente la selección ejercida por la población del hospedero, la población del patógeno alcanzará un equilibrio con la población del hospedero, y así sucesivamente, lo cual no permite el desarrollo de epidemias. En otras palabras, se mantiene un equilibrio dinámico entre las razas virulentas/avirulentas del patógeno y la susceptibilidad/resistencia del hospedero, en el que ninguno de los componentes puede volverse preponderante (Leonard, 1984). El equilibrio, entonces, parece que está claramente dominado por la diversidad en ambos componentes del sistema.

Uno de los primeros actos hechos por el hombre durante el desarrollo de la agricultura, hace aproximadamente diez mil años, fue precisamente la selección y domesticación de las plantas que le eran y le han sido útiles por milenios.

¹Chiquita Brands Intl. Apdo. 217 – 1150 La Uruca, San José, Costa Rica

Aun en nuestros días, el número de plantas seleccionadas y domesticadas debe ser muy inferior al total de especies de plantas existentes en la Tierra.

Esta selección desde los orígenes mismos de la agricultura, es la principal causa de la disminución de la diversidad que caracteriza prácticamente todos los sistemas agrícolas modernos (Vilich, 1996), especialmente en los países desarrollados.

Mucho del éxito de la agricultura —espero que se concuerde con el autor en que la agricultura ha sido exitosa— está basado en la selección y mejoramiento de las plantas cultivadas, la homogeneidad del material vegetal para satisfacer la necesidad de mecanización, procesamiento e industrialización de los productos y, sobre todo, para satisfacer las demandas de los exigentes mercados, principalmente de los países desarrollados. Desde luego, como ya se mencionó, ello ha provocado la disminución de la diversidad genética en las fincas de los agricultores. Así, uno de los individuos que forma parte de uno de los componentes esenciales del sistema, la planta seleccionada para ser cultivada, se ha vuelto preponderante y ha roto el equilibrio natural en que convivía con las poblaciones del patógeno, estableciendo de esa forma una selección de individuos de esta que tienen el mayor “fitness” para sobrevivir atacando el genotipo del hospedero que existe ahora en poblaciones mayores. Un ejemplo clásico de gran relevancia fue la hambruna en Irlanda en 1845 y 1846, causada por el devastador ataque del hongo *Phytophthora infestans* en los cultivos de papa, hecho que dio impulso al nacimiento de la ciencia de la Fitopatología (Campbell y Madden, 1990).

Mientras tanto, en los ecosistemas indígenas o naturales, los patógenos y los hospederos, que coevolucionaron desde antes del desarrollo de la agricultura, continúan esta coevolución aún en nuestros días, siendo difícil observar epidemias similares a las ocurridas en los sistemas agrícolas.

Debido a la toma de consciencia de parte de muchos agricultores a nivel mundial, ya sea por iniciativa propia o por el auge y presión de algunos sectores de los consumidores, agrupados en organizaciones de tipo ambiental o ecologista, o preocupados por la seguridad en los alimentos que se consumen, y ante ejemplos de un uso inadecuado y poco sostenible de los recursos utilizados en la agricultura, se hacen replanteamientos serios sobre cómo producir con el menor impacto al ambiente y en general a los recursos productivos, al mismo tiempo asegurando al consumidor un producto de alta confiabilidad y calidad. Esto necesariamente conduce al sector agrícola a una disyuntiva: producir con bajos insumos pero obteniendo rendimientos óptimos en cuanto a cantidad y calidad. La pregunta obligada es si la producción tradicional de banano puede lograr esto. La respuesta debemos verla desde una perspectiva amplia, considerando que existen diferentes grados en cuanto a los niveles de insumos utilizados y en

Posibilidades de control de la Sigatoka negra en producción orgánica

El sitio o ubicación

Si se tiene la posibilidad, escoger un lugar donde la enfermedad no esté presente o donde el clima sea menos conducente a la enfermedad, por ejemplo donde haya un periodo seco prolongado o condiciones de baja humedad relativa durante la mayor parte del año.

Manejo

Escoger una época de siembra que permita el desarrollo vegetativo cuando las condiciones son menos propicias para la enfermedad con el objeto de que las hojas que se produzcan no se vean afectadas en forma severa.

Bajo estas condiciones, sin embargo, sería necesario establecer sistemas de riego, de los que se recomienda por goteo o subarbóreo, que representan una inversión alta.

Los sistemas de drenaje deben ser óptimos para que las condiciones de humedad relativa dentro de la finca sean bajas, y además que las raíces puedan crecer sin limitaciones de excesos de humedad.

Debe establecerse programas de deshoje frecuentes enfocados a eliminar toda hoja o parte de estas que tengan tejido necrosado por la enfermedad, pues ello ayuda a acelerar la descomposición del tejido esporulante.

Debe evaluarse la posibilidad de hacer un desmane más riguroso, eliminando más manos para lograr que las que se dejen alcancen el grado de cosecha en menor tiempo, y tal vez reducir de esta forma el efecto de la enfermedad sobre la maduración de los racimos.

Es absolutamente necesario que se investigue en el control de la edad de la fruta y los factores poscosecha, los cuales deben necesariamente ajustarse a un sistema de producción orgánica.

Debe pensarse en los beneficios mencionados previamente sobre el control de la Sigatoka negra, de los ciclos anuales o bianuales de producción en contraposición con el sistema de producción de tipo perenne. En definitiva, los primeros facilitan el control de la enfermedad.

Un aspecto que puede ser importante pero que se ha investigado muy poco es la producción de cultivos mixtos, ya sea de diferentes especies o bien del mismo banano pero con genotipos de diferente grado de resistencia a la Sigatoka negra. Con esto se lograría una reducción del inóculo y se incrementa la biodiversidad, de lo que se podría esperar beneficios si entraran a operar mecanismos tales

como bacterias promotoras del crecimiento, antagonismos y competencia, siempre y cuando exista algún grado de especialización promovida por las diferentes especies o genotipos de plantas utilizadas.

El manejo óptimo de la fertilización es necesario para mantener los balances de elementos tan importantes como Calcio, Magnesio y Potasio, y los balances Nitrógeno-Potasio. Sobre este último, datos recientes (A. Méndez, H. Sancho y R. Romero. Sin publicar) demuestran que desbalances en los contenidos de N/K favorecen el desarrollo de la Sigatoka negra. El impacto de elementos menores sobre la Sigatoka negra es aún menos conocido.

Productos disponibles y potenciales para el control de la Sigatoka negra

El aceite agrícola que se ha utilizado desde hace muchos años para el control de esta enfermedad es quizás la herramienta más útil que exista actualmente para la producción orgánica. También, los fungicidas cúpricos tienen actividad contra la Sigatoka negra y pueden ser empleados, aunque en mezcla con aceite son fitotóxicos al follaje del banano.

En el mercado se encuentra una serie de biocidas de origen orgánico que pueden tener algún potencial, pero que deben evaluarse con precisión y verificar que cumplen los requisitos que regulan el uso de estas sustancias en la producción orgánica y, obviamente, las regulaciones existentes en los mercados y en el país donde estos se vayan a emplear.

Compuestos que inducen el mecanismo propio de resistencia de las plantas pueden tener importancia para el control de la Sigatoka negra en el futuro cercano. En este momento el compuesto conocido como benzothiadiazole, que se utiliza en cereales, está siendo desarrollado también en el mercado bananero, y podría ser una herramienta útil si fuera aceptada su utilización en producción orgánica.

Sin embargo, quizás los productos con mayor potencial son los materiales híbridos obtenidos por el programa de mejoramiento de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola –FHIA–, conocidos como FHIA-01, FHIA-02, FHIA-23 y FHIA-18, los cuales difieren un poco en el sabor y en las características de las plantas con relación a los cultivares Cavendish, ampliamente aceptados en el mercado internacional, pero son una alternativa valiosa digna de ser evaluada a nivel de los mercados tradicionales de fruta fresca, básicamente Europa y los Estados Unidos de América y Canadá. Otros materiales con potencial podrían estar disponibles en el futuro, tanto del programa de la FHIA como de los programas de EMBRAPA, IITA y CIRAD-FLHOR, los cuales deben ser evaluados adecuadamente.

La resistencia a la Sigatoka negra por medio de la transformación genética de plantas del tipo Cavendish es factible hoy día; sin embargo se requiere aún varios años de estudios y trabajos para saber a ciencia cierta si estos materiales poseen niveles seguros de resistencia a nivel de campo.

Referencias

- BROWNING, J. A. 1980. Genetic protective mechanisms of plant pathogen populations: Their coevolution and use in breeding for resistance. Pages 52-75. *Biology and Breeding Resistance to Arthropods and Pathogens in Agricultural Plants*. M.K. Harris ed. Texas Agricultural Experiment Station, Misc. Publ. 1451.
- CAMPBELL, C. L. AND L. V. MADDEN. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons, Inc. USA. 532 p.
- FLOR, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. Phytopathology*. 9:275-297.
- LEONARD, K. J. 1984. Population genetics of gene for gene interactions between plant host resistance and pathogen virulence. Pages 131-148 In: *Genetics New Frontiers. Proc. XV Intl. Congress of Gen. Vol. IV*. Chopra, V.L., Joshi, B.C., and Charma, R.P. eds. New Delhi. Oxford and IBH Publ. Co.
- VILICH, V. 1996. Aspects of Diversity in Cereal Crop Stands-Plant Health and Plant Resistance. Pages 535-538 In: *Modern Fungicides and Antifungal Compounds*. H. Lyr, P.E. Russel, and H.D. Sisler, eds., Intercept Ltd., Andover.

ENFERMEDADES DE SIGATOKA

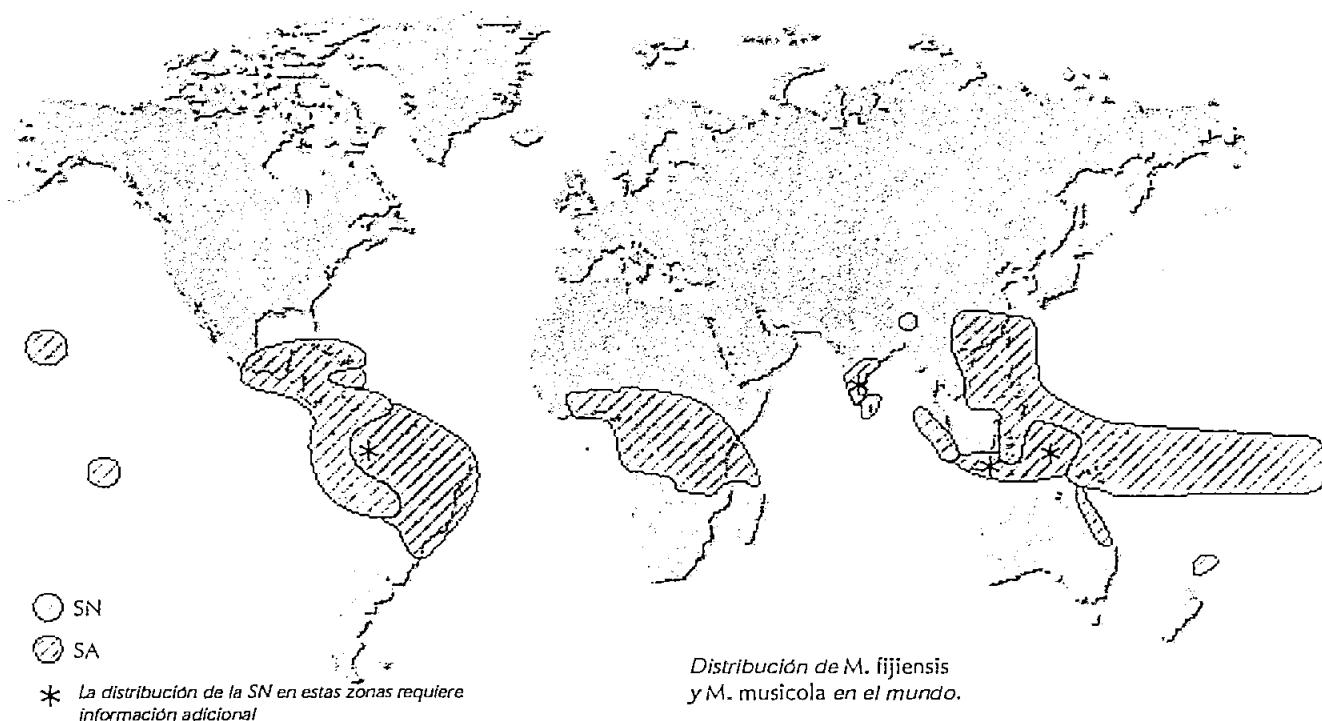
Raya negra de la hoja (Sigatoka negra)

Enfermedad de Sigatoka (Sigatoka amarilla)

X. Mourichon, J. Carlier y E. Fouré
en colaboración con el grupo de trabajo sobre Sigatoka de PROMUSA¹
(Octubre 1997)



SA. Vista panorámica de una parcela de plátano muy infectada.

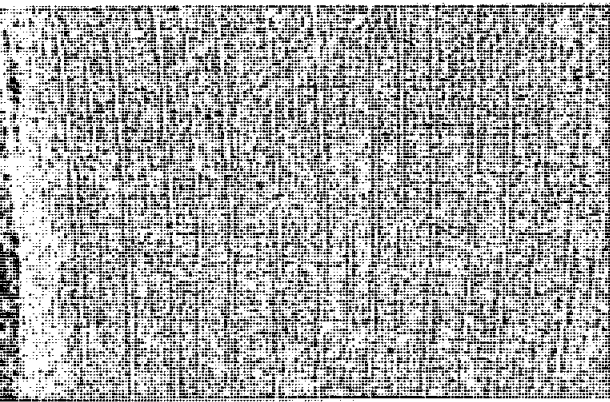


Las enfermedades de Sigatoka del banano están causadas por dos hongos ascomicetos emparentados: *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, que causa la Sigatoka negra (SN) o raya negra de la hoja y *M. musicola* Leach ex Mulder, que causa la Sigatoka amarilla (SA) o Sigatoka común. Los dos patógenos pueden ser distinguidos morfológicamente esencialmente por las características morfológicas de las conidias y los conidióforos. El engrosamiento de las paredes celulares que se observa en la base de las conidias de *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton (anamorfo de *M. fijiensis*) está ausente de las conidias de *Pseudocercospora musae* (Zimm.) Deighton (anamorfo de *M. musicola*). Además, las conidias de *P. fijiensis* son en promedio más largas y más flexuosas que las de *P. musae*. Los conidióforos de *P. musae* son en general botelliformes y cortos mientras que los de *P. fijiensis* son alargados, a menudo curvos, y tienen cicatrices conidiales conspicuas. Estas diferencias entre los anamorfos se pueden observar directamente sobre las muestras de hojas y en cultivos esporulantes tras aislar al patógeno. También se han desarrollado métodos moleculares para la determinación de las dos especies.

Síntomas

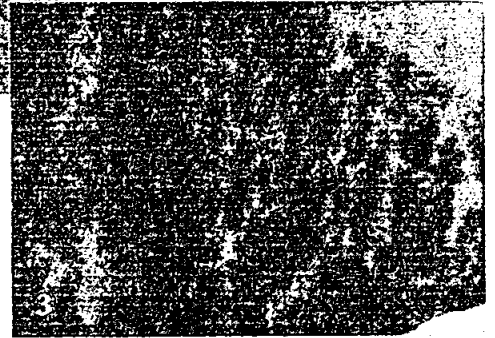
Resulta a veces difícil establecer la diferencia entre los síntomas de la Sigatoka negra y los de la Sigatoka amarilla. De forma general, el primer síntoma aparece en el haz del limbo en forma de manchas longitudinales de un color amarillo pálido (Sigatoka amarilla) o marrón oscuro en el envés del limbo (Sigatoka negra) de 1 a 2 mm de largo, que aumentan de tamaño formando lesiones necróticas con halos amarillos y centro gris claro. Las lesiones pueden coalescer y destruir grandes áreas de tejido foliar, acarreado una reducción del rendimiento y una maduración prematura de los frutos. La Sigatoka negra reviste más gravedad que la Sigatoka amarilla, puesto que sus síntomas se manifiestan en hojas más jóvenes (lo cual se debe generalmente a un mayor abundancia del inóculo) y por lo tanto ocasiona daños más importantes en los tejidos fotosintetizadores. Además, ésta afecta a muchos de los cultivares que resisten a la Sigatoka amarilla, como los del subgrupo de plátano (AAB). Las pérdidas de producción pueden alcanzar, en ciertos casos, más del 50 %.





SN. Síntomas en el envés del limbo:

1. SN. Estadio 2
2. SN. Estadio 3
3. SN. Estadios 4 y 5



Distribución de la enfermedad

La Sigatoka amarilla se identificó por primera vez en Java en 1902. Desde 1962 se ha documentado en la mayor parte de las zonas productoras de bananos del mundo, lo que la sitúa entre las principales enfermedades epidémicas. La Sigatoka negra, se identificó por vez primera en 1963 en la costa sudeste de Viti Levu (Islas Fiji). Seguidamente se ha registrado su presencia en el conjunto del Pacífico (estrecho de Torres y península del Cabo York en Australia, Papua Nueva Guinea, Islas Salomón, Vanuatu, Nueva Caledonia, Isla Norfolk, Estados Federados de Micronesia, Tonga, Samoa Occidental, Isla Niue, Islas Cook, Tahití y Hawaii). También se ha observado en Asia (Bután, Taiwán, sur de China incluida la isla de Hainan, Vietnam, Filipinas, Malasia occidental y Sumatra en Indonesia). Sin embargo, la distribución de esta enfermedad en el sudeste asiático necesita clarificarse, particularmente en el archipiélago indonesio. En América latina, la Sigatoka negra se descubrió por primera vez en Honduras en 1972. Se propagó hacia el norte (Guatemala, Belice, sur de México) y hacia el sur (El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia). Se ha registrado recientemente en Venezuela, Cuba, Jamaica y en la República Dominicana, desde donde amenaza con propagarse al resto del Caribe.

En Africa, esta afección se documentó por vez primera en Zambia en 1973 y en Gabón en 1978. Luego se extendió a lo largo de la costa occidental hacia Camerún, Nigeria, Benin, Togo, Ghana y Côte d'Ivoire. Presente igualmente en la República Democrática del Congo (ex Zaire), alcanzando Burundi, Ruanda, el oeste de Tanzania, Uganda, Kenia y la República Centroafricana. Hacia 1987, se introdujo en la Isla de Pemba, y desde allí se propagó a Zanzibar y a las zonas costeras de Kenia y de Tanzania. Actualmente, se encuentra también en Malawi y en las Comoras. La distribución actual es sin duda subestimada.

Conidias y ascosporas son los medios de propagación local de la enfermedad de la Sigatoka negra y amarilla. Su difusión en grandes distancias parece ser que está ligada a los movimientos de germoplasma (retoños infectados, hojas enfermas) y las ascosporas transportadas por el viento. Actualmente, en el Pacífico y en las tierras bajas de América latina y de Africa, apenas se encuentra la Sigatoka amarilla, que ha sido sustituida completamente por la Sigatoka negra. En las plantaciones de Honduras se ha reportado que la Sigatoka negra ha remplazado a la amarilla en menos de tres años. No obstante, la Sigatoka amarilla se encontraba aún en las tierras bajas de Filipinas al cabo de 26 años de la introducción de la Sigatoka negra. La Sigatoka amarilla, mejor adaptada a los climas templados, predomina a menudo en alturas superiores a 1200-1400 m, en las que apenas se encuentra la Sigatoka negra.

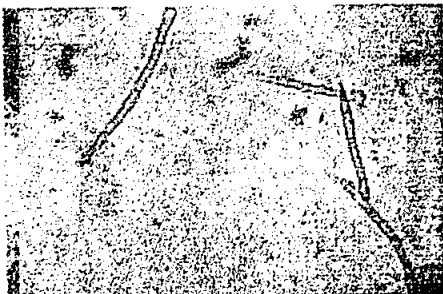
Métodos de control

Los fungicidas sistémicos permiten luchar de forma eficaz contra la Sigatoka negra en las plantaciones comerciales, pero sus efectos sobre el medio ambiente son preocupantes. Aunque es posible reducir notablemente la frecuencia de los tratamientos si éstos se realizan en el marco de un sistema de predicción de la enfermedad, las poblaciones de *M. fijiensis* y de *M. musicola* han desarrollado una resistencia a ciertos de estos productos en el Caribe y América Central. La solución más apropiada a largo plazo es sin duda la resistencia genética a SN y SA, sobre todo para los pequeños productores que, por razones económicas, no pueden adquirir los productos químicos.

4. SA. Conidias de *Pseudocercospora mussegoi*.

5. SA. Síntomas de estadio 5. Necrosis almidonada en el envés del limbo.

6. SA. Hojas necrosadas de plátano en zonas de alta altitud.



El comportamiento de los bananos respecto de la Sigatoka negra muestra dos tipos de interacción:

✓ Interacción compatible

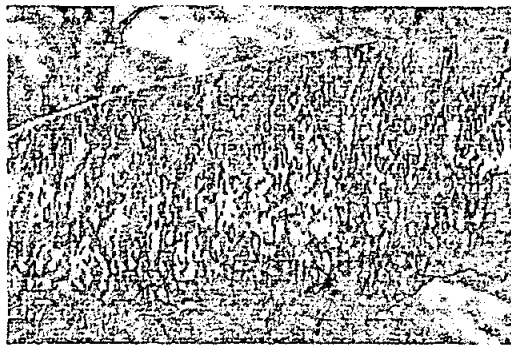
La interacción compatible corresponde a un desarrollo total de la enfermedad que implica necrosis y esporulación. Dentro de este fenotipo se observa un gradiente. Ciertos bananos presentan una reacción de sensibilidad a la Sigatoka negra comparable a la del cv. Grande Naine (AAA, Cavendish). El desarrollo de la enfermedad desde la fase 1 a la necrosis es rápido. La tasa de esporulación puede alcanzar un nivel alto si las condiciones climáticas son propicias para un desarrollo rápido de la enfermedad. En el momento de la cosecha, en la planta tan sólo quedan (a veces ni eso) unas hojas funcionales. Otros bananos presentan una resistencia parcial que puede ser moderada (Pisang Berlin, Pisang Mas) o muy pronunciada y comparable, en este caso, a la del cv. Pisang Ceylan (AAB, subgrupo Mysore) o del cv. Fougamou (ABB, subgrupo Pisang Awak). Cuando la resistencia parcial es pronunciada, el desarrollo de la enfermedad de la fase 1 a la necrosis es lento y la esporulación es débil. La planta conserva una importante superficie foliar funcional en el momento de la cosecha. Se procede actualmente a una caracterización más precisa de los cultivares parcialmente resistentes, en condiciones controladas, para poder evaluar los diferentes parámetros del ciclo infeccioso.

✓ Interacción incompatible

Los bananos clasificados en esta categoría muestran una resistencia muy pronunciada comparable a la de Yangambi km5 (AAA, subgrupo Ibota). Dentro de este fenotipo, el desarrollo de los síntomas está bloqueado y no hay esporulación sexual o asexual. Un estudio con el microscopio ha mostrado que las reacciones de defensa del huésped se inicia justo después de que el hongo penetre en los estomas. El comportamiento de los bananos clasificados en esta categoría parece muy similar a las reacciones de hipersensibilidad observadas en otros sistemas huésped-patógeno. Las reacciones de algunas variedades de banano altamente resistentes inoculadas artificialmente con aislados de *M. fijiensis* sugieren la existencia de interacciones específicas. Ya se ha observado la ruptura de este tipo de resistencia (ejemplo: variedad de banano Paka) en una isla del Pacífico (Ratoronga), lo que indica que el agente patógeno supera con más facilidad esta resistencia y que, por consiguiente, no es duradera. Se estudió la herencia de la resistencia a la Sigatoka negra en el diploide silvestre Calcutta 4, realizando cruces entre éste y unos plátanos triploides susceptibles. IITA sugirió un modelo genético que contaba con un alelo mayor recesivo y dos alelos independientes con efectos aditivos. Con el fin de completar estas informaciones, se estudian actualmente las descendencias de cruces entre diploides silvestres (AA) para comprender mejor el modo de herencia de la resistencia a la Sigatoka negra y localizar mediante mapas genéticos los genes o loci de características cuantitativas (QTLs) implicados en esta resistencia.

Mejoramiento genético

La introducción en los bananos y plátanos de la resistencia a la Sigatoka negra en los programas clásicos de mejoramiento se basa en la utilización de la resistencia encontrada en especies silvestres de *Musa* como *M. acuminata* ssp. *burmannica*, ssp. *malaccensis* y ssp. *siamea*, y en cultivares diploides como Paka (AA) y Pisang liliñ (AA). Con los híbridos obtenidos se realizan



SN. Síntomas de estadio 6:

7. Necrosis aisladas en el haz del limbo. Condiciones climáticas poco favorables a la enfermedad. Baja densidad de síntomas.

8. Necrosis coalescentes en el haz del limbo. Condiciones climáticas muy favorables a la enfermedad.

9. SN. Necrosis entera del sistema foliar de un banano (AAA Cavendish) antes de la cosecha.

10. SN. Conidióforos de *P. fijiensis* con dos conidias.



pruebas en el campo en lugares seleccionados de diferentes regiones del mundo, dentro del marco del Programa Internacional de Evaluación de *Musa* (IMTP) organizado por INIBAP. Aunque aún no se ha conseguido crear un banano postre de tipo Cavendish capaz de resistir a la Sigatoka negra, se han realizado importantes progresos en el mejoramiento de los tipos destinados al consumo local. En la fase I del IMTP, se identificaron tres tetraploides de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) dotados de resistencia a la Sigatoka negra y aptos para el cultivo en numerosos países: FHIA-01 y FHIA-02, plátanos postre con un sabor ácido de manzana, y FHIA-03, robusto plátano de cocción que puede también utilizarse como plátano postre cuando está totalmente maduro. Se pueden obtener de

(NIBAP, previo pedido, plántulas *in vitro* de estos genotipos indicadas para los virus.

Para poder conferir más eficacia al programa de mejoramiento genético de los bananos por medio de la introducción de una resistencia duradera, es importante conocer el grado y la distribución de la variabilidad de los dos patógenos. Con la ayuda de marcadores RFLP (polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción), se identificó una importante variabilidad genética entre las poblaciones de *M. fijiensis* de las diferentes regiones geográficas (sudeste asiático incluyendo las Filipinas y Papua Nueva Guinea, islas del Pacífico, África y América latina). Los niveles más altos de diversidad alélica se hallaron en las dos poblaciones del sudeste asiático. La mayor parte de los alelos (>88 %) detectados en África, en América latina y en las islas del Pacífico se encontraron también en las poblaciones del sudeste asiático. Estos resultados concuerdan con la hipótesis según la cual *M. fijiensis* sería originaria del sudeste asiático, desde donde se habría extendido, de forma reciente, a otras partes del mundo. Se comprobó que el grado de diversidad alélica en *M. fijiensis* es bastante menor en las poblaciones de las otras regiones que en el sudeste asiático, lo que indica una migración sesgada (founder effect). Sin embargo, el nivel de diversidad detectado en América latina, en las islas del Pacífico y en África sigue siendo importante y podría bastar para permitir unas adaptaciones rápidas a una resistencia recientemente introducida. El análisis del desequilibrio gamético entre loci RFLP muestra que la recombinación genética desempeña un papel importante en la estructura de las poblaciones de *M. fijiensis*. Por consiguiente, la combinación piramidal de genes de resistencia específicos en cultivares corre el riesgo de no ser duradera, y la utilización de mezclas varietales o de resistencia parcial puede que sea más apropiada. Por último, los efectos de la migración sesgada acarrearon también una marcada diferencia genética entre poblaciones geográficas, lo que sugiere que hubo movimientos migratorios ocasionales de *M. fijiensis* de uno a otro continente. Con unas medidas de cuarentena apropiadas, el sudeste asiático, África, América latina y las islas del Pacífico podrían ser consideradas como unas unidades epidemiológicas diferentes que precisan modos de manejo distintos. El estudio de la estructura de las poblaciones

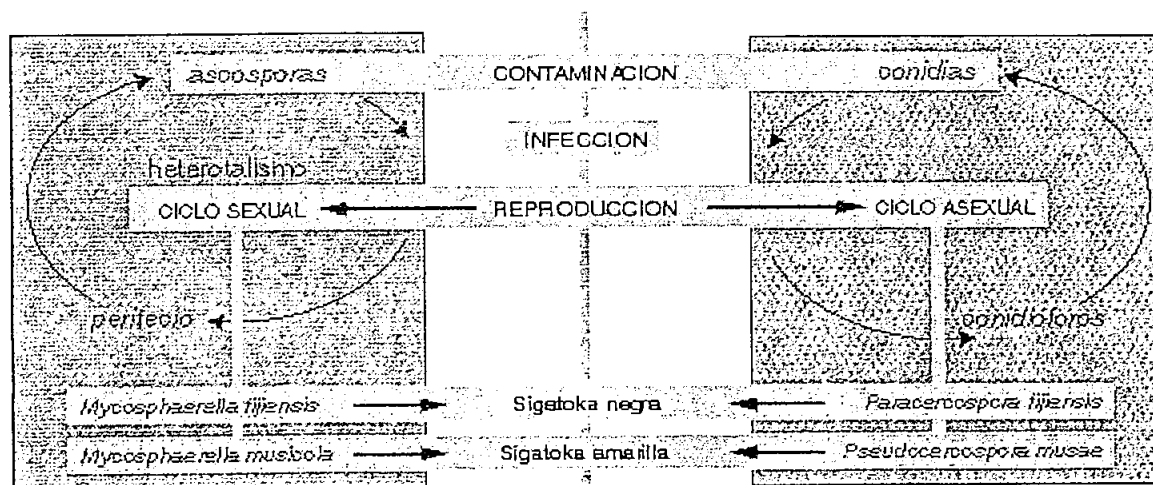
de *M. musicola* ha evidenciado una diversidad genética en un grupo de aislados de Australia y ultramar, con un gran número de alelos por cada locus RFLP.

Necesidades en materia de investigación

Se revela indispensable el estudio de las poblaciones de los dos patógenos a escala continental a fin de determinar si las diferentes regiones de producción bananera corresponden a una sola o a varias unidades epidemiológicas. Estos estudios podrían efectuarse mediante marcadores moleculares y pruebas de patogenicidad. Asimismo, habrá que poner a punto técnicas que permitan determinar de manera fiable y rápida las interacciones huésped-patógeno en condiciones controladas. Se podrá entonces evaluar la variabilidad patogénica de poblaciones genéticamente diferenciadas de los dos patógenos utilizando un grupo estándar de cultivares de *Musa*. Los estudios poblacionales deberían permitir la identificación de un conjunto de aislados representativos de la variabilidad patogénica (en términos de virulencia y de agresividad) en las diferentes regiones, que podrían utilizarse para las selecciones de material. Además del estudio de las poblaciones patógenas y del análisis genético de la resistencia a la Sigatoka negra, también tendrían que acometerse unos estudios epidemiológicos para apoyar los esfuerzos de mejora genética. Es importante determinar cuales son los componentes específicos de la resistencia parcial que reducen de manera significativa la tasa de desarrollo de la enfermedad en el campo. Por último, conviene estudiar la evolución de las poblaciones patógenas en respuesta a la presión selectiva ejercida por cultivares resistentes, para poder ajustar las estrategias de manejo que se basan en una resistencia duradera.

Les invitamos a contribuir con las investigaciones enviando muestras de hojas necrosadas. Para más información acerca de las investigaciones llevadas a cabo actualmente y las formas de envío de las muestras, póngase en contacto con Jean Carlier en el CIRAD-AMIS, Laboratoire de pathologie végétale (Programme BBPI), BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. (correo electrónico: carlier.j@cirad.fr).

Ciclo de Infección de *M. fijiensis* y *M. musicola*.



¹ Este grupo de trabajo cuenta con los siguientes investigadores: E. Fouré (CIRAD, Francia), R. Fullerton (Hort Research, Nueva Zelanda), A. Johanson (NRI, Reino Unido), X. Mourichon (CIRAD, Francia), R. Peterson (QDPI, Australia), A. Pires de Matos (EMBRAPA, Brasil), R. Romero (CORBANA, Costa Rica) y W. Tushemereirwa (NARO, Uganda).

Manejo integrado de las Sigatokas negra y amarilla en la cultivariedad de plátano Africa

L.A. Gómez Balbín
y J. Castaño Zapata

Las enfermedades conocidas como Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach) y Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) constituyen los problemas fitopatológicos más limitantes en la producción de musáceas en el mundo (Merchán 1996).

La Sigatoka amarilla, reportada en Colombia en 1937, es la enfermedad de mayor incidencia en la zona andina colombiana y generalmente no se maneja (Belalcázar *et al.* 1991). Aunque en el mundo se reportan pérdidas económicas superiores al 50% a causa de la Sigatoka amarilla (Burt *et al.* 1997), en la zona cafetera colombiana, debido posiblemente a factores edáficos favorables al desarrollo de las musáceas, se ha compensado el efecto detrimental de la enfermedad (Merchán 1996). Sin embargo, en la zona cafetera central la Sigatoka amarilla continúa prevaleciendo donde se cultiva principalmente el plátano Dominico hartón (*Musa* AAB). De ahí la importancia de sustituir esta variedad por otras como la cultivariedad Africa que es una selección del clon africano 'M. bourroukou I', tipo Hartón, que se adapta muy bien desde el nivel del mar hasta los 1700 m de altitud, cuyo racimo puede alcanzar 26 Kg. de peso y la calidad de los frutos es similar a la del Dominico hartón (corpóica 2000). Además, posee excelentes cualidades con respecto a los parámetros de calidad del dedo central de la tercera mano, con peso promedio de 510 g, 18 cm de perímetro y 32 y 26 cm de longitud externa e interna, respectivamente (Belalcázar *et al.* 1998) y un ciclo de aproximadamente 10 meses, dependiendo de la fertilización aplicada, lo que le permite mantener una o dos hojas funcionales hasta el momento de la cosecha (corpóica 2000).

La Sigatoka negra es la principal enfermedad en los cultivos de plátano y banano en América central, Panamá, Colombia y Ecuador, así como en muchos otros países. Esta enfermedad ataca las hojas produciendo deterioro del área foliar y afectando el crecimiento y la productividad de las plantas al disminuir su capacidad de fotosíntesis. Consecuencia de ello es la reducción en la

calidad de la fruta al inducir la maduración prematura de los racimos (Corbana 1996).

Las dificultades ligadas al manejo de las Sigatokas, aumentan cuando el patógeno desarrolla resistencia genética a los principales fungicidas utilizados, particularmente a los sistémicos (Merchán 1996). No obstante, el manejo de las enfermedades basado sólo en el uso de productos químicos es posible, pero a un costo muy elevado, especialmente para los pequeños y medianos productores que son los más afectados (Maciel Cordero *et al.* 1998). Por tal razón, se ha planteado la posibilidad de integrar diferentes prácticas de manejo, teniendo en cuenta que aunque el manejo químico representa una herramienta de gran importancia en el combate de las Sigatokas, la capacidad competitiva de los agentes causales y su habilidad de reproducción y persistencia en la superficie foliar, pueden ser contrarrestadas con el manejo adecuado de las condiciones nutricionales y con labores de cultivo que logran reducir las condiciones que favorecen el proceso de infección de los agentes causales. Es por ello que las prácticas de naturaleza química y cultural, sumadas al uso de una variedad resistente ó tolerante, representan parte fundamental de una estrategia integrada para el manejo de las Sigatokas.

El presente estudio se llevó a cabo con el fin de establecer el efecto de varias prácticas de manejo agronómico sobre el comportamiento de las Sigatokas en el plátano Africa y establecer un manejo integrado de las mismas.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada en el municipio de Palestina, región de Santágueda a una altitud de 1050 msnm, con temperatura promedio de 24°C, precipitación anual de 2200 mm, humedad relativa del 86% y 5.3 horas de brillo solar diario. Se emplearon plantas de plátano cultivariedad Africa provenientes de propagación *in vitro* por repetición, y colinos de Dominico hartón sembrados en bordes alrededor de cada tratamiento como fuente de inóculo, a una distancia de 2 x 3 m.

Las semillas fueron desinfectadas durante una hora con una solución de Mancozeb WP (5 g L⁻¹ de agua) y se adicionó Carbofuran GR (15 g/sitio alrededor de la semilla). Durante

el ciclo productivo del cultivo se realizaron prácticas culturales, incluyendo una fertilización óptima teniendo en cuenta que la calidad del racimo y la vida útil del cultivo se encuentran estrechamente relacionadas con la materia orgánica presente en el suelo y la nutrición de la planta (Arcila *et al.* 1999). Con base en el análisis de suelos, que indicó deficiencias de potasio (0.15 meq/100 g), y considerando la importancia de un balance apropiado de nutrientes para el manejo adecuado de las Sigatokas (Pérez 1998), se definió un plan de fertilización óptima con aplicaciones de 1 Kg. de gallinaza, 1 Kg. de cenichaza y 200 g de cal dolomítica al momento de la siembra y tres aplicaciones periódicas de Kumba (15-4-24-2) en dosis de 200 g por sitio cada 2 meses desde la siembra hasta la floración; momento a partir del cual se hizo una aplicación del mismo producto dirigida al hijo destinado para el siguiente ciclo.

De igual forma, se integraron métodos químicos y mecánicos mediante el uso de guadaña y la aplicación de Glifosato en dosis de 1.6 L ha⁻¹ para el manejo de arvenses, especialmente gramíneas como Caminadora (*Rottboellia exaltata* L. F.), Maciega (*Paspalum virgatum* L.) y Pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq.), a los 3, 6 y 9 meses después de la siembra.

Se hicieron 36 despuentes durante el ciclo total del cultivo, eliminando el área foliar necrosada por las Sigatokas y considerando que la poda sistemática (cada 7-10 días) de hojas o fracciones de hojas con lesiones maduras reduce el período de producción de inóculo (Pérez 1998).

En cuanto al manejo químico, se hicieron aplicaciones de Propiconazol EC (sistémico) en dosis de 0.4 L ha⁻¹ y/o Mancozeb SC (protector) en dosis de 1.75 L ha⁻¹ (Rohm & Haas Colombia S.A. 1998) utilizando una aspersora EFCO AT 2030 de 13 L de capacidad con boquilla de largo alcance dependiendo del tratamiento y de acuerdo con un sistema de preaviso biológico desarrollado por Fages y Jiménez (1995), citados por Merchán (1996), el cual consiste en la evaluación semanal de las enfermedades en 10 plantas, seleccionadas desde su estado juvenil, aproximadamente a los tres meses después de la siembra, las cuales se reemplazan al florecer o cuando están demasiado altas. Las observaciones se efectúan por el envés y extremo de la hoja No. 4, en la cual se registra y cuantifica la presencia de los

estados de desarrollo de las Sigatokas. En el área de lectura se determina el estado más

Estado	Grado	Coefficiente
1	-	20
	+	40
2	-	60
	+	80
3	-	100
	+	120
4	-	140
	+	160
5	-	180
	+	200
6	-	220
	+	240

avanzado, el cual es calificado con un coeficiente según la siguiente escala:

El grado del síntoma dominante se califica con menos (-) cuando se observan hasta 50 lesiones necróticas por hoja y con (+) cuando supera las 50 lesiones. Al sumar los valores calificados en las 10 plantas se obtiene el nivel de infección de la hoja No. 4 (NIH4), de la respectiva semana. Estos valores se grafican para determinar la fecha de aspersión con base en el comportamiento de la curva. Se hace la aplicación de fungicidas cuando el NIH4 numera en 200 unidades con respecto a la semana anterior.

Se efectuaron 12 tratamientos, distribuidos en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron:

1. Fertilización óptima + Despunte (FO+D)
2. Fertilización óptima + Químico protectante (FO+QP)
3. Fertilización óptima + Químico sistémico (FO+QS)
4. Despunte + Químico protectante (D+QP)
5. Despunte + Químico sistémico (D+QS)
6. Químico protectante + químico sistémico (QP+QS)
7. Fertilización óptima + Despunte + Químico protectante (FO+D+QP)
8. Fertilización óptima + Despunte + Químico sistémico (FO+D+QS)
9. Fertilización óptima + Químico protectante + Químico sistémico (FO+QP+QS)
10. Despunte + Químico protectante + Químico sistémico (D+QP+QS)
11. Fertilización óptima + Despunte + Químico protectante + Químico sistémico (FO+D+QP+QS)
12. Testigo absoluto.

Se evaluaron las siguientes variables: hoja más joven enferma (HMJE), la cual representa la hoja más joven en manifestar estrías claramente visibles desde el suelo (Orjeda 1998), hoja más joven manchada (HMJM), que corresponde a la primera hoja totalmente abierta que presenta 10 o más lesio-

nes discretas necrosadas y maduras ó un área grande necrosada con 10 centros de color claro, contando las hojas de arriba hacia abajo (Stover y Dickson 1970) e índice de severidad (IS), calculado para cada planta en cada repetición (Craenen 1998) mediante la siguiente fórmula:
Donde:

$$\text{Índice de severidad} = \frac{\sum nb \times 100}{(N-1) T}$$

n = número de hojas en cada nivel

b = clave (0 = sin síntomas, 1 = menos de un 1% de área foliar afectada (únicamente líneas y/o hasta 10 manchas), 2 = 1 a 5% de área foliar afectada, 3 = 6 a 15% de área foliar afectada, 4 = 16 a 33% de área foliar afectada, 5 = 34 a 50% de área foliar afectada, 6 = 51 a 100% de área foliar afectada)

N = número de claves empleadas en la escala (7)

T = número total de hojas evaluadas

También se determinó el número de hojas funcionales a floración, el cual está determinado por el número de hojas que presentan más del 50% de área verde (Orjeda 1998); número de hojas funcionales a cosecha; peso (Kg.) del racimo al momento de la cosecha; peso (g) de la segunda mano; peso (g) del dedo central de la segunda mano; longitud (cm) del dedo central de la segunda mano; altura (m) de la planta al momento de la floración; y diámetro (cm) del pseudotallo al momento de la floración tomado a 1 m del nivel del suelo.

Se realizó un análisis marginal que permitiera identificar los tratamientos de mayor viabilidad desde el punto de vista económico, mediante la comparación de la inversión que implica cada uno de ellos con respecto al tratamiento testigo.

El análisis estadístico se efectuó mediante el programa estadístico SAS (*Statistical Analysis System* para DOS versión 6.0), com-

plementado con las pruebas de comparación múltiple de Duncan al 5%.

Resultados y discusión

La altura de la planta (APF) y diámetro del pseudotallo (DPF) presentaron diferencias significativas y altamente significativas respectivamente, lo cual permite inferir que dicho comportamiento estaría determinado por el efecto promedio de los tratamientos aplicados. El número de hojas funcionales a floración y cosecha (NHF y NHC) presentaron diferencias altamente significativas en el efecto promedio de los tratamientos, destacándose el tratamiento FO+D+QP+QS con un promedio de 12.1 y 4.8 hojas a floración y cosecha, respectivamente, en comparación con el testigo que presentó 8.8 y 2.3 hojas en ambos estados (Tabla 1). Asimismo, los tratamientos FO+QP y FO+D+QP, permitieron llegar a floración con 2.9 hojas más que el testigo. Teniendo en cuenta que el crecimiento vegetativo del plátano cesa al momento de la emisión de la bellota (Champion 1968), que en este estado la planta debe tener un mínimo de ocho hojas funcionales (Meredith 1970, Stover 1972, Martínez 1984), y que el área foliar con que la planta dispone a partir de la floración es un factor crítico para la producción del cultivo (Aristizábal y Landinez 1993), se aprecia el efecto notorio en el peso del racimo del tratamiento con base en FO+D+QP+QS, que fue de 17.7 Kg., superior en 4.1 Kg. respecto al testigo (Tabla 2).

El testigo llegó a la floración con un número de hojas inferior y con un índice de severidad (IS) similar al de los tratamientos D+QP, QP+QS y D+QP+QS (Tabla 3) y aun así presentó valores estadísticamente no diferenciales a los producidos por esos tratamientos en cada una de las variables de rendimiento: PDC, LDC, PSM y PR (Tabla 2). Aunque estudios realizados por

Tabla 1. Efecto de varias prácticas agronómicas para el manejo de Sigatoka negra y amarilla sobre algunos parámetros de crecimiento en plátano Africa.

Tratamiento ¹	APF	DPF	NHF	NHC
FO + D	3.3 ² ab ³	27.1 bcd	8.9 d	1.5 b
FO + QP	3.6 a	27.9 ab	11.7 ab	2.0 b
FO + QS	3.1 b	27.7 abc	10.4 abcd	1.8 b
D + QP	3.2 b	26.2 d	10.5 abcd	1.5 b
D + QS	3.3 ab	27.3 bcd	10.6 abc	2.1 b
QP + QS	3.5 ab	28.8 a	9.0 cd	1.6 b
FO + D + QP	3.5 ab	28.3 ab	11.7 ab	1.6 b
FO + D + QS	3.1 b	28.1 abc	9.5 cd	2.1 b
FO + QP + QS	3.4 ab	28.6 a	10.2 bcd	2.3 b
D + QP + QS	3.2 ab	26.9 cd	9.5 cd	1.8 b
FO + D + QP + QS	3.5 ab	28.0 abc	12.1 a	4.8 a
Testigo	3.4 ab	26.9 cd	8.6 d	2.3 b

¹ FO = Fertilización óptima; D = Despunte; QP = Químico protectante; QS = Químico sistémico; APF = Altura (m) de la planta en floración; DPF = Diámetro (cm) del pseudotallo en floración; NHF = Número de hojas en floración; NHC = Número de hojas en cosecha.

² Promedio de tres repeticiones y cinco plantas por repetición.

³ Promedios dentro de cada columna acompañados de letras diferentes denotan diferencias estadísticas significativas según el rango de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad.

Grisales (1995) en la misma zona muestran que la necrosis foliar causada por las Sigatokas normalmente es severa y se acentúa después de la floración, el testigo simplemente reflejó sus características genéticas mostrando un alto grado de tolerancia a las Sigatokas, ya que las plantas lograron producir bien con un alto nivel de severidad, disponiendo prácticamente de un 50% de tejido fotosintéticamente activo. Este fenómeno, de acuerdo con los estudios fisiológicos de Ganry (1989), podría ser explicado como un efecto de la acumulación precoz de asimilados en el rizoma que pudo compensar la actividad del sistema foliar perdido en el periodo de llenado de frutos, y que se da precisamente en condiciones excepcionales de clima y suelo como los que bien pudieron haber predominado durante el experimento, favoreciendo especialmente al tratamiento testigo.

Al evaluar el comportamiento de las Sigatokas en términos de severidad, los resultados obtenidos indican que todos los tratamientos se comportaron igual al testigo, a excepción del tratamiento FO+D+QP+QS que fue el menos afectado por el ataque de las enfermedades (Tabla 3). Considerando que en este tratamiento se incluyó un plan de fertilización óptima, se evidencia el efecto del componente nutricional como fuente de resistencia de las plantas al ataque de las Sigatokas en el plátano África. Dicha teoría fue planteada previamente por Huber (1996) y Craenen (1998), al sugerir la influencia directa que puede existir entre la fertilidad de los suelos y el desarrollo de plátanos y bananos sobre la severidad de la Sigatoka negra, dado que en suelos con un adecuado contenido de materia orgánica, como el reportado en el análisis de suelos de este estudio (4.88%), se estimula la proliferación del sistema radical con el consecuente incremento en la absorción de agua y nutrientes y con ello la obtención de plantas más vigorosas, con mayor número de hojas funcionales que presentarán menor daño por las enfermedades. A su vez, se nota el efecto adverso que la combinación de varias prácticas agronómicas como FO, D, QP y QS (Tabla 3) tienen sobre las enfermedades, ya que otros tratamientos con fertilización óptima presentaron índices de severidad superiores a este tratamiento.

Es importante mencionar que los tratamientos FO+QP y FO+D+QP, igualmente incluidos dentro del plan de fertilización óptima, presentaron los valores más altos del índice de severidad (IS) con 58.4% y 55.1%, respectivamente, muy superiores al testigo. Sin embargo, su rendimiento final expresado como PR, superó en un 15.5% al testigo; hecho que nuevamente estaría confirmando la tolerancia del plátano África a las Sigatokas.

Tabla 2. Efecto de varias prácticas agronómicas para el manejo de Sigatokas sobre algunos parámetros de producción.

Tratamiento*	PDC	LDC	PSM	PR
FO + D	510.1 <i>cde</i> ²	26.1 <i>abc</i>	3.5 <i>bcd</i>	12.8 <i>de</i>
FO + QP	615.5 <i>ab</i>	27.6 <i>a</i>	4 <i>abc</i>	16.1 <i>ab</i>
FO + QS	562.7 <i>abcd</i>	26.4 <i>abc</i>	4.2 <i>ab</i>	16.3 <i>a</i>
D + QP	456.9 <i>de</i>	24.5 <i>c</i>	2.9 <i>de</i>	12 <i>de</i>
D + QS	516 <i>abcde</i>	25 <i>abc</i>	3.2 <i>de</i>	13.7 <i>bcd</i>
QP + QS	418.5 <i>e</i>	24.5 <i>c</i>	2.9 <i>de</i>	12.9 <i>de</i>
FO + D + QP	635 <i>abcd</i>	27.2 <i>abc</i>	4.4 <i>a</i>	15.9 <i>abc</i>
FO + D + QS	497.5 <i>cde</i>	25.8 <i>abc</i>	3.3 <i>cde</i>	12.5 <i>de</i>
FO + QP + QS	571 <i>abc</i>	27.4 <i>ab</i>	4.1 <i>ab</i>	15.4 <i>abc</i>
D + QP + QS	417.3 <i>e</i>	24.5 <i>c</i>	2.6 <i>e</i>	10.5 <i>e</i>
FO + D + QP + QS	630.3 <i>a</i>	27.4 <i>ab</i>	4.4 <i>a</i>	17.7 <i>a</i>
Testigo	461.4 <i>cde</i>	24.7 <i>bc</i>	3.1 <i>de</i>	13.6 <i>cd</i>

* Ver tabla 1.

PDC: Peso (g) de dedo central de la segunda mano; LDC: Longitud (cm) del dedo central de la segunda mano; PSM: Peso (Kg) de la segunda mano; PR: Peso (kg) del tallo.

¹ Promedio de tres repeticiones y cinco plantas por repetición.

² Promedios de uno de cada columna precedidos de letras diferentes denotan diferencias estadísticas significativas según el rango de comparación múltiple de Duncan a 5% de probabilidad.

Tabla 3. Efecto de varias prácticas agronómicas para el manejo de Sigatokas sobre su comportamiento en plátano África.

Tratamiento*	HMJE	HMJM	IS
FO + D	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	45.3 <i>bc</i>
FO + QP	5 <i>a</i>	5 <i>a</i>	58.4 <i>a</i>
FO + QS	5 <i>a</i>	6 <i>a</i>	46.3 <i>bc</i>
D + QP	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	49.6 <i>abc</i>
D + QS	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	48.7 <i>abc</i>
QP + QS	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	49.3 <i>abc</i>
FO + D + QP	5 <i>a</i>	5 <i>a</i>	55.1 <i>ab</i>
FO + D + QS	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	43.3 <i>c</i>
FO + QP + QS	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	45 <i>bc</i>
D + QP + QS	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	47.5 <i>abc</i>
FO + D + QP + QS	5 <i>a</i>	5 <i>a</i>	39.5 <i>c</i>
Testigo	4 <i>a</i>	5 <i>a</i>	48.9 <i>abc</i>

* Ver tabla 1.

HMJE: Hoja más joven enferma en floración; HMJM: Hoja más joven marchada en floración; IS: Índice de severidad (%) en floración.

¹ Promedios dentro de cada columna precedidos de letras diferentes denotan diferencias estadísticas significativas según el rango de comparación múltiple de Duncan a 5% de probabilidad.

Como se ilustra en la tabla 3, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con respecto al testigo en las variables HMJE y HMJM, lo que puede explicarse por la alta presión de inóculo presente en el cultivo que afectó severamente a las plantas de todos los tratamientos.

Al analizar los datos se deduce que el efecto de la práctica de despunte acompañada de fertilización óptima tuvo el mismo efecto desde el punto de vista de la severidad de las enfermedades que la combinación de dicha práctica con la aplicación de un producto protectante o un producto sistémico.

De otro lado, las seis aplicaciones de la mezcla de Mancozeb SC y Propiconazol EC en el tratamiento FO+D+QP+QS, con base en el sistema de preaviso biológico (Figura 1), alcanzó a detener significativamente el proceso infeccioso de los hongos, confirmando la efectividad de las aplicaciones realizadas con base en el nivel de infección de la hoja No. 4, lo cual implica recurrir a la aplicación de productos químicos especifi-

camente cuando la severidad alcanza niveles críticos, muy a pesar de que el manejo estrictamente químico es considerado socio-económico y ambientalmente desfavorable en países en vía de desarrollo, dado que genera altos niveles de contaminación cuando se realizan aplicaciones indiscriminadas y en dosis inadecuadas, con el agravante de la posible resistencia desarrollada por los agentes causales de las Sigatokas en particular a los productos sistémicos (Craenen 1998).

Los mejores resultados obtenidos en términos de rendimiento fueron los registrados con los tratamientos FO+QP, FO+QS y FO+D+QP+QS (Tabla 2). Los dos primeros representan una estrategia efectiva de manejo de las Sigatokas, al integrar el componente nutricional más la aplicación de un fungicida preventivo o curativo, respectivamente, con base en el preaviso biológico, mientras que el tercero, con el que se obtuvieron los máximos valores de cada parámetro de rendimiento, estaría indicando la res-

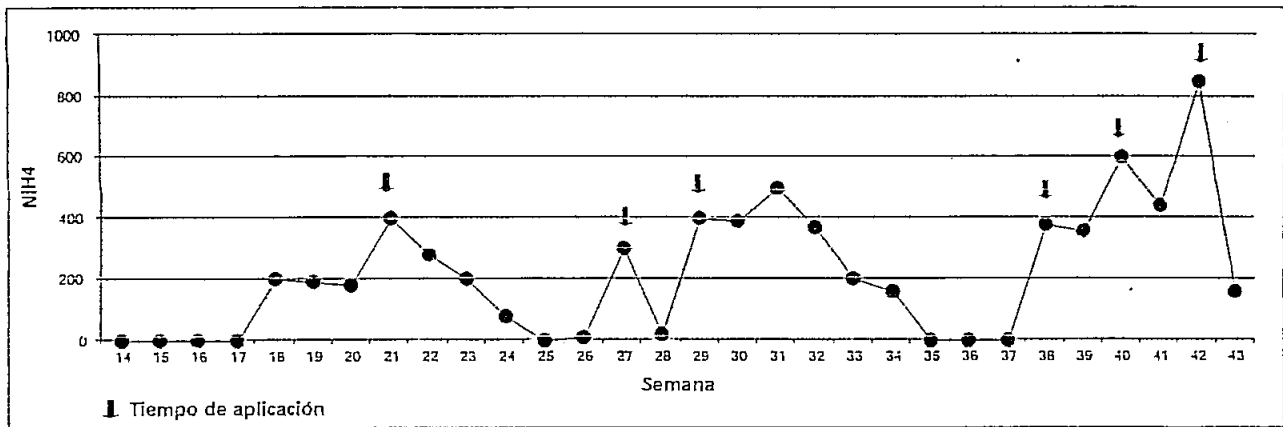


Figura 1. Aplicación de fungicidas sistémico + protectante en el tratamiento FO+D+QP+QS con base en el nivel de infección de la hoja No. 4 (NIH4).

puesta positiva de las plantas a la implementación de un manejo integrado de las enfermedades, en el que se involucran componentes de tipo genético, nutricional, químico y cultural. Sin embargo, la viabilidad de la aplicación de estos tratamientos como modelo de adopción de tecnología sólo podría sustentarse en términos económicos, para lo cual se realizó un análisis marginal obteniendo la relación beneficio/costo de cada uno de los tratamientos empleados, de donde se observa que el testigo obtuvo el mayor retorno con 6.1 pesos por cada peso invertido, seguido de los tratamientos QP+QS, FO+QS y FO+QP en orden descendente con valores de 4.8, 4.2 y 4.1, respectivamente (Tabla 4).

De estos resultados se evidencia una aparente ventaja del testigo comparado con los demás tratamientos, por lo que podría pensarse en su viabilidad económica. Sin embargo, es preciso considerar que la ausencia de prácticas de manejo conllevaría a un desbalance nutricional y en consecuencia al deterioro de la plantación al término de los siguientes ciclos de producción, razón por la cual sería imposible considerar la opción de establecer un cultivo permanente bajo tales condiciones. El tratamiento QP+QS por su parte, dejaría la misma impresión que el testigo, más aún cuando se piensa en el impacto ambiental que implicaría un manejo estrictamente químico de las enfermedades.

Aunque los tratamientos FO+QP y FO+QS presentaron diferencias significativas en el IS (Tabla 3), estas no se vieron reflejadas en el PR (Tabla 2), por lo cual ofrecen la mayor viabilidad como sistemas de manejo adaptables a un modelo de agricultura sostenible. Permite mantener el balance nutricional de las plantas mediante una fertilización óptima con la aplicación de materia orgánica al momento de la siembra y tres aplicaciones posteriores de Kumba (15-4-24-2) cada 2 meses y el tratamiento foliar con cuatro aplicaciones de un protectante como Mancozeb SC ó un sistémico como Propiconazol EC en cada caso, con base en

un sistema de preaviso biológico. Esto en contraste con el tratamiento FO+D+QP+QS que representa un modelo de alta tecnología, adaptable solamente a un número reducido de agricultores cuya capacidad económica justificaría una alta inversión de dinero en pro del incremento de la producción.

Conclusiones

Bajo las condiciones predominantes en la granja Montelindo, región de Santagueda, las Sigatokas negra y amarilla afectaron con mayor severidad aquellas plantas en las que no se incluyó un plan de fertilización óptima. El manejo nutricional logró satisfacer los requerimientos potenciales del cultivo para reducir los factores que, como una nutrición deficiente, podrían resultar predisponentes a las Sigatokas en el plátano cv. Africa.

De acuerdo con el análisis marginal realizado, las plantas del testigo fueron las más rentables. No obstante, es preciso plantear la posibilidad de llevar el experimento hasta un segundo o tercer ciclo con el fin de estimar la continuidad en el comportamiento de las plantas a nivel de producción y ratificar su viabilidad económica futura.

La aplicación de FO+D+QP+QS representa el "Manejo integrado de las Sigatokas",

logrando eficiencia en el manejo de las mismas, reflejada en 12.1 hojas sanas a la floración y 4.8 hojas sanas a la cosecha de los racimos. Sin embargo, desde el punto de vista económico no se justifica la inversión por cuanto produjo una relación beneficio/costo poco representativa, lo cual indica que, siendo un modelo viable desde el punto de vista fitosanitario, no es de fácil acceso para la capacidad económica de los agricultores de la región. Con esto, se pone en consideración la adopción de una fertilización óptima (FO) más la aplicación de un fungicida protectante (QP), con base en el sistema de preaviso biológico, lo que representa un modelo racional de factibilidad económica y ambientalmente seguro. ■

Bibliografía

- Arcila M., F. Aranzazu, C. Castrillon, J. Valencia, M. Bolaños & P. Castellanos. 1999. Laborales culturales. Pp. 19-20 *in* El cultivo del plátano. CORPOICA. Mantuales, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. FUDESCO. Armenia, Colombia.
- Aristizabal L.M & C.R. Landinez. 1993. Contribución de las hojas al llenado del racimo en plátano (*Musa* AAB cv. Hartón Enano). Revista Universidad de Caldas. 13 (1-3): 77-89.

Tabla 4. Análisis económico para varias prácticas agronómicas.

Tratamiento*	Producción (Kg./racimo)	Producción (ton/ha)	Valor de producción por ha (pesos)**	Costo total por ha (pesos)	Ratio de rentabilidad B/C***
FO+Q	12.7	21.3	12 780 640	4 124 793	3.1
FO+QP	16.0	26.6	16 024 562	3 662 979	4.7
FO+QS	16.2	27.1	16 260 423	3 820 227	4.2
D+QP	17.9	29.9	17 953 270	3 420 106	5.8
D+QS	13.7	22.6	13 721 506	3 575 464	3.8
QP+QS	12.9	21.5	12 910 432	2 604 535	4.9
FO+D+QP	15.9	26.5	15 920 629	4 711 959	3.4
FO+D+QS	12.4	20.8	12 443 000	4 332 823	2.9
FO+QP+QS	15.4	25.7	15 434 673	3 657 449	4.2
D+QP+QS	10.5	17.5	10 520 750	3 017 248	3.5
FO+D+QP+QS	17.6	29.4	17 602 924	5 456 743	3.2
Testigo	13.3	22.6	13 573 566	2 740 547	4.9

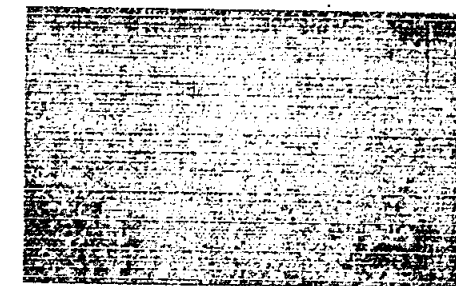
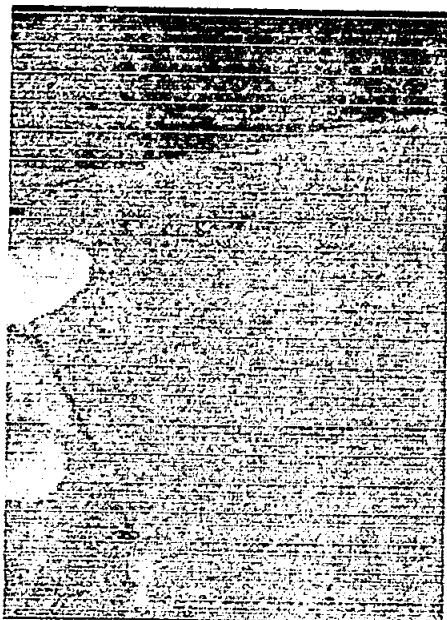
* Ver Tabla 1

** 1000 pesos colombianos = 0.44US\$ (Octubre 2001)

*** Beneficio/costo

Apéndice III. Síntomas de la Sigatoka amarilla (Meredith D.S. 1970)

Láminas 11-12.
Síntomas de la
Sigatoka amarilla.
(Cortesía
del Dr Eric Fouré,
CIRAD-FLHOR).



12. Segundo estadio de la raya.

11. Estadio
inicial de la raya.

- 1. Estadio inicial de la raya. (Lámina 11). La mancha se observa a simple vista como un pequeño punto de color amarillo verdoso (de aproximadamente 1.0 x 5.0 mm).
- 2. Segundo estadio de la raya. (Lámina 12). El punto inicial aumenta de tamaño, más de largo que de ancho y mantiene el color amarillo verdoso.
- 3. Tercer estadio de la raya. El punto se comienza a extender ligeramente, aumenta de tamaño y adquiere un color rojo oxidado, usualmente cerca del centro.
- 4. Primer estadio de la mancha. La raya adquiere un color café oscuro y al mismo tiempo o en un lapso de 24 horas, se forman halos de color café claro empapados en agua alrededor de la mancha cuando la hoja está túrgida. Este halo se observa muy bien si la mancha se ve contra la luz, en las primeras horas del día. La mancha aumenta considerablemente de tamaño durante esta etapa. En esta etapa la raya se observa claramente.
- 5. Segundo estadio de la mancha. La parte de color café oscuro de la mancha se encoge, aparece como hundida y el halo empapado de agua adquiere un color café aún más oscuro.
- 6. Tercer estadio de la mancha. La mancha está totalmente desarrollada, el área central hundida es de color gris y el halo de color café oscuro o negro, forma un anillo bien definido alrededor de la mancha. Esta mancha continúa bien definida aun cuando la hoja esté muerta y el anillo oscuro que rodea la mancha también se mantiene bastante definido.

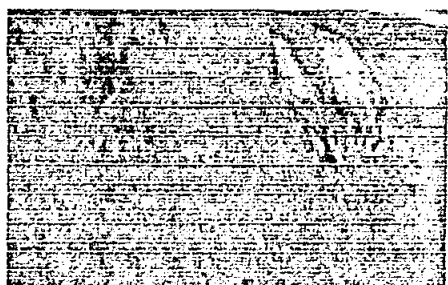
Apéndice II. Síntomas de la Sigatoka negra (Fouré E. 1982)



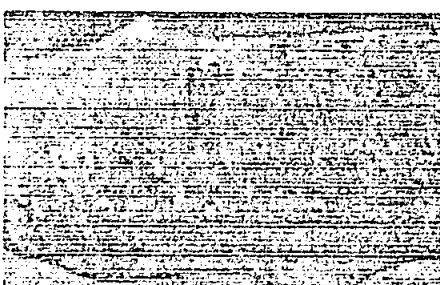
7. Estadio 1.



8. Estadio 2.



9. Estadio 3.



10. Estadio 6.

Láminas 7-10.
Síntomas de la
Sigatoka negra
(Cortesía del
Dr. Eric Fouré,
CIRAD-FLHOR).

- Estadio 1 (Lámina 7) es el primer síntoma externo de la enfermedad. Aparece como una pequeña mancha de color blancuzco o amarillo que se asemeja a la primera etapa de la Sigatoka amarilla. Estos síntomas no son visibles con luz transmitida y solo se pueden observar en el envés de la hoja.
- Estadio 2 (Lámina 8) surge como una raya, generalmente de color café y visible en el envés de la hoja; más adelante, este síntoma también aparece como una raya en la parte de arriba del limbo, su color amarillo se asemeja al estadio 1 de la Sigatoka amarilla. Este color cambiará progresivamente a café y más adelante a negro en la parte de arriba de la hoja; sin embargo mantendrá el color café en el envés de la hoja.
- Estadio 3 (Lámina 9) se diferencia del anterior en sus dimensiones. La raya se hace más grande y bajo ciertas condiciones (poco inóculo y condiciones climáticas desfavorables), puede alcanzar una longitud de 2 a 3 cm.
- Estadio 4 aparece en el envés de la hoja como una mancha café y en la parte de arriba como una mancha negra
- Estadio 5 ocurre cuando la mancha elíptica se vuelve totalmente negra y se ha extendido al envés de la hoja. Esta mancha tiene un halo amarillo que la rodea y su centro se empieza a aplanar.
- Estadio 6 (Lámina 10) ocurre cuando el centro de la mancha se seca, adquiere un color gris claro y lo rodea un anillo bien definido de color negro, rodeado a su vez por un halo de color amarillo brillante. Estas manchas se podrán observar aún después de que la hoja se ha secado ya que el anillo persiste.

Apéndice IV. Calificación y cálculos de la severidad de la Sigatoka

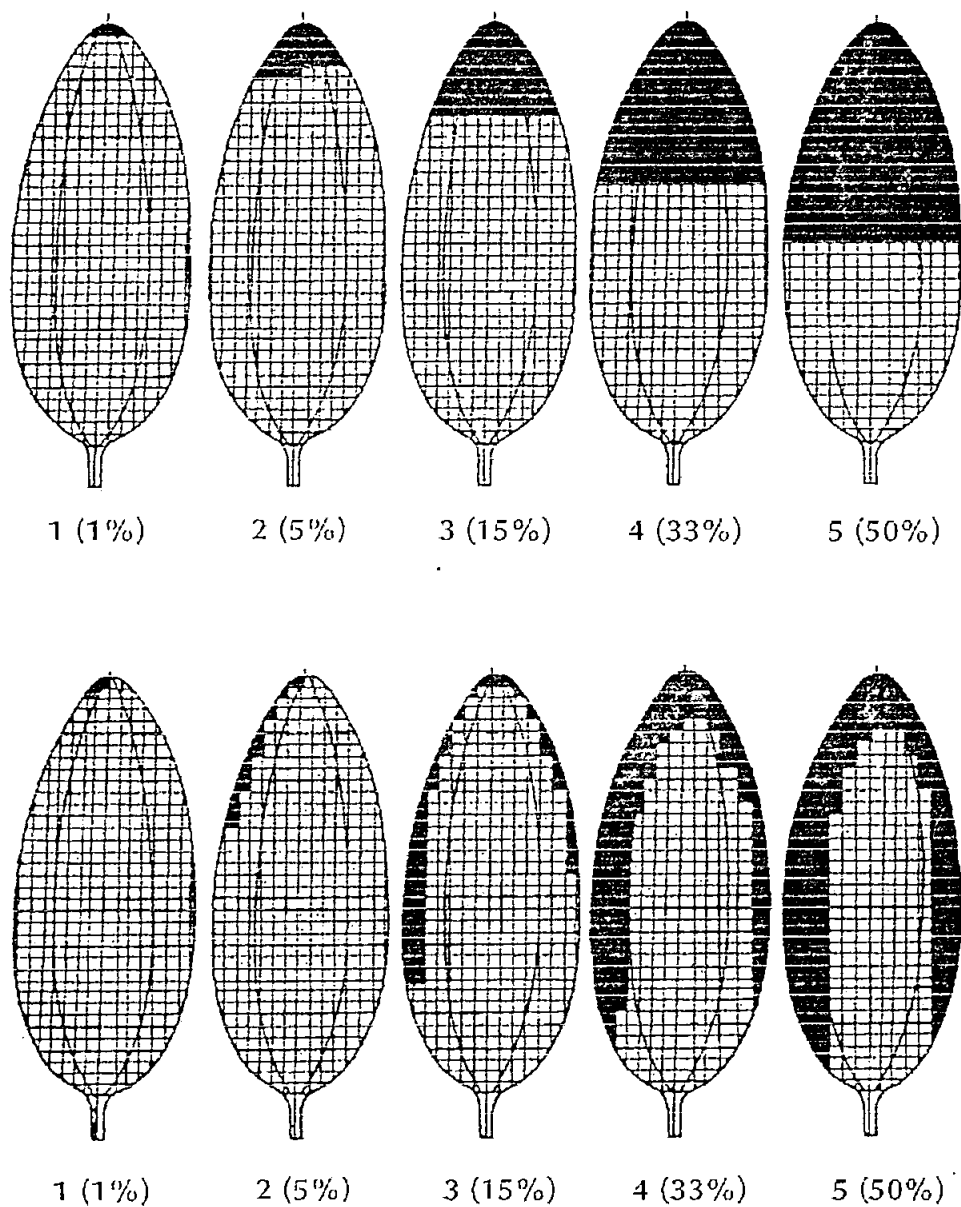


Figura 7 : Sistema de calificación de la severidad de la Sigatoka

En la Figura 7, se observa el sistema de calificación de Stover modificado por Gauhl para determinar la severidad de la Sigatoka.