

DISTRIBUCIÓN, EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA



Carlos Céspedes E.

**DISTRIBUCIÓN, EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO
DE LA SIGATOKA NEGRA EN LA
REPÚBLICA DOMINICANA**

Carlos Céspedes E.

El material consignado en esta publicación puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El IDIAF agradece a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice.

Cita correcta:

Céspedes, Carlos 2008. Distribución, epidemiología y manejo de la Sigatoka Negra en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO. 76 p.

Descriptores: *Plátano; banano; musáceas; Sigatoka Negra; Mycosphaerella fijiensis; epidemiología; daños; métodos de control; enfermedad; República Dominicana*

Revisión final y coordinación general:

Unidad Difusión IDIAF

José Richard Ortiz

José Miguel Méndez

Revisión:

Comité Técnico Centro Norte

Julio Morrobel

Pedro Juan del Rosario

Isidro Almonte

Domingo Rengifo

Ramón Jiménez

José Miguel Méndez

Maquetación y diseño portada:

edward fm

AGRIS: H20

ISBN: 978-9945-448-03-0

www.idiaf.org.do

IDIAF 2008®

La impresión de este documento fue financiada con fondos de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en la República Dominicana a través del Proyecto de Agricultura Sostenible (PAS).

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer de todo corazón la colaboración prestada por los compañeros de labores en el que hasta hace poco denomináramos programa de investigación en musáceas, y al Comité Técnico del Centro Norte, por su desinteresada participación en corregir, sugerir y motivar esta recopilación y revisión de resultados de investigaciones sobre una de las enfermedades más limitante que tienen las musáceas, la Sigatoka Negra.

A Raquel Fernández quien por razones de la vida hoy es inmigrante en España, ella sugirió ampliar la información hasta lograr esta publicación.

A la señora Caridad Pérez del Departamento de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional, por su valiosa colaboración en aportar los datos climáticos.

Al ingeniero Amadeo Escarramán, quien elaboró el mapa de isoyetas de la República Dominicana.

A todos los lectores que consulten y pongan en práctica las informaciones que sobre la Sigatoka Negra aquí se exponen y las sugerencias que puedan aportar para mejorar esta publicación en el futuro.

PRESENTACIÓN

El IDIAF pone a disposición de productores y técnicos involucrados en la producción de bananos y plátanos esta publicación sobre distribución, epidemiología y manejo de la Sigatoka Negra.

Se reconoce la importancia que reviste esta enfermedad, la cual fue reportada por primera vez en el año 1996 en la comunidad de Ranchadero, Guayubín, provincia Montecristi de la República Dominicana, y que hoy se encuentra diseminada en toda la geografía nacional causando pérdidas en la producción de hasta 25% y en las finanzas de los agricultores.

El objetivo primordial de esta publicación es difundir informaciones tecnológicas cuya aplicación contribuya a evitar o reducir daños provocados por esta enfermedad, de manera que la producción y rentabilidad de estos cultivos siga siendo sostenible y amigable con el ambiente.

Ing. Rafael Pérez Duvergé
Director Ejecutivo del IDIAF

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO

PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN	15
2. IMPORTANCIA DE LAS MUSÁCEAS	15
3. IMPORTANCIA DE LA ENFERMEDAD	19
3.1. <i>PÉRDIDAS E IMPACTO ECONÓMICO</i>	20
3.2. <i>Origen y Distribución mundial de las Sigatokas</i>	21
4. LA ENFERMEDAD Y EL PATÓGENO	23
4.1. <i>SÍNTOMAS</i>	23
4.2. <i>Agente causal</i>	24
4.3. <i>Morfología</i>	25
4.4. <i>Biología del patógeno</i>	25
4.4.1. <i>Reproducción sexual</i>	25
4.4.2. <i>Reproducción asexual</i>	27
4.4.3. <i>Ciclo de vida del patógeno</i>	27
5. DISTRIBUCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	29
5.1. <i>METODOLOGÍA PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN EN CAMPO</i>	30
5.2. <i>Diseminación de la enfermedad en el país</i>	31
6. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS Y SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD	31
6.1. <i>EPIDEMIOLOGÍA</i>	31
6.2. <i>Fuentes de inóculo</i>	31
6.3. <i>Dispersión de M. fijiensis</i>	32
6.4. <i>Condiciones ambientales favorables a la enfermedad</i>	32
6.5. <i>Plantas Hospederas</i>	36
6.6. <i>Sistemas de Evaluación de la enfermedad</i>	38
6.6.1. <i>El preaviso biológico</i>	38
6.6.2. <i>El preaviso bio-meteorológico</i>	43
6.6.3. <i>El preaviso climático</i>	46
6.6.4. <i>Metodología de Stover modificada por Gauhl (1989)</i>	48

7. MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA	50
7.1. REDUCCIÓN DE FUENTES DE INÓCULO	51
7.2. Prácticas culturales que crean condiciones desfavorables a la enfermedad	53
7.3. Labores culturales que favorecen la respuesta de la planta ante la enfermedad	54
7.4. Siembra de clones resistentes a la Sigatoka Negra	55
7.4.1. Consideraciones sobre los cultivares resistentes	56
7.5. Otras posibilidades de control	57
7.5.1. Control biológico	57
7.5.2. Inducción de resistencia	57
7.5.3. Cuarentena y sanidad	58
7.6. Control químico	59
7.6.1. Productos utilizados	59
7.6.2. Aceites agrícolas	59
7.6.3. Fungicidas de contacto o protectores	60
7.6.4. Fungicidas penetrantes o acción sistémica local	61
7.6.5. Fungicidas sistémicos	62
7.6.5.1. Benzimidazoles	63
7.6.5.2. Triazoles	64
7.6.5.3. Estrobilurinas	64
8. ACTIVADORES DE RESISTENCIA Y FUNGICIDAS DE ORIGEN NATURAL (RESISTENCIA SISTÉMICA ADQUIRIDA O INDUCIDA) A NIVEL COMERCIAL	65
9. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE APLICACIÓN	66
9.1. EMULSIÓN INVERTIDA (TÉCNICA INVERTOL)	67
9.2. Observaciones en la preparación de la mezcla	67
9.3. Volumen de aplicación	68
9.4. Condiciones de aplicación	68
10. MONITOREO DE RESISTENCIA	70
10.1. PAPEL DEL MANEJO DE LA RESISTENCIA A FUNGICIDAS EN EL MANTENIMIENTO DE LA EFICACIA DE LAS ESTRATEGIAS INTEGRADAS PARA EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA	70
11. CONSIDERACIONES FINALES	71
12. REFERENCIAS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Dispersión de las musáceas (Champion 1962).	16
Figura 2	Consumo de plátano y banano entre los principales países de América Latina en el 2005. (Faostat 2007).	17
Figura 3	Producción de plátano y banano entre los principales países de América Latina en el 2005. (Faostat 2007).	18
Figura 4	Proporción de divisas generadas por las diferentes denominaciones de bananos exportadas en el 2005.	19
Figura 5	Distribución mundial de la Sigatoka Negra y Amarilla	21
Figura 6	Estadíos de síntomas mostrados durante el desarrollo de la Sigatoka Negra	22
Figura 7	Espermogonio, órgano sexual masculino y peritecio, órgano sexual femenino del hongo <i>Mycosphaerella fijiensis</i> .	24
Figura 8	Peritecio seccionado mostrando sacos o ascas que contienen las ascosporas.	26
Figura 9	A) Peritecio liberando ascosporas B) preparación microscópica del pseudotecio	26
Figura 10	A) conidias liberadas del conidióforo B) Preparación microscópica de conidias	27
Figura 11	Ciclo de vida del hongo <i>Mycosphaerella fijiensis</i> .	27
Figura 12	Etapas del desarrollo de la Sigatoka Negra	28
Figura 13	División de la República Dominicana en ocho direcciones regionales agropecuarias.	29
Figura 14	Diseminación de la Sigatoka Negra en la República Dominicana	30
Figura 15	Dispersión natural de propágulos en una plantación.	31

Figura 16	Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de esporas de <i>M. fijiensis</i> .	32
Figura 17	Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de ascosporas en Sigatoka Negra y Amarilla.	33
Figura 18	Temperatura histórica normal máxima, mínima y promedio mensual de la provincia de Montecristi.	34
Figura 19	Relación entre humedad relativa y la temperatura media del año.	35
Figura 20	Efecto de la precipitación sobre incubación y latencia de la enfermedad.	35
Figura 21	Efecto de la precipitación sobre la intensidad de Infección de la enfermedad.	37
Figura 22	Distribución de la precipitación en la República Dominicana.	37
Figura 23	Estado de desarrollo de la hoja candela, según Brun (1963)	38
Figura 24	Curva de evolución de la enfermedad (EE). Las flechas indican aplicación de fungicidas.	41
Figura 25	Pluviógrafo de sifón para medir intensidad, duración y frecuencia de las lluvias.	43
Figura 26	Banda del pluviógrafo para registro diario de lluvias	44
Figura 27	Modelo para la construcción del abrigo meteorológico simple (AMPS) para el evaporímetro Piche Simple o de Balón.	45
Figura 28	Conteo de hojas en espiral (par e impar) de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda	49
Figura 29	Escala de Stover modificada por Gaulh (1989).	49

Figura 30	Plantación de plátano Macho x Hembra del Cibao Central sin deshojar.	51
Figura 31	Prácticas para reducción del inóculo interno en las plantaciones. A) apilamiento de las hojas y B) aplicación de urea sobre las hojas no apiladas.	53
Figura 32	Drenaje eficiente	53
Figura 33	Plantación de plátano con programa de fertilización deficiente	54
Figura 34	Plantación de plátano Macho x Hembra plantada con el sistema de siembra a doble hileras y densidad de 2,670 plantas/ha.	55
Figura 35	Plantación de plátano FHIA 21 en el Cibao Central plantada con el sistema de alta densidad en hileras simples.	56
Figura 36	Frutos con semillas de un banano diploide. (R. Ploetz)	57
Figura 37	Fungicida de contacto sobre la superficie de la hoja	60
Figura 38	Sitios de acción de los fungicidas protectores en las células del hongo.	61
Figura 39	Fungicida de acción sistémica local penetrando la hoja	62
Figura 40	Sitio de acción de las morfolinas	62
Figura 41	Penetración y translocación de los fungicidas sistémicos	63
Figura 42	Sito de acción de los Benzimidazoles	63
Figura 43	Sitio de acción de los inhibidores de la dimetilación (Triazoles).	64
Figura 44	Sitio de acción de las Estrobilurinas	65
Figura 45	Mezcla en Emulsión tradicional la izquierda y a la derecha la emulsión invertida.	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Peso y valor de las diferentes denominaciones de musáceas exportaciones en el 2005.	19
Cuadro 2	Diferencias entre los hongos de la Sigatoka Negra y Amarilla	25
Cuadro 3	Coefficientes arbitrarios de severidad	39
Cuadro 4	Hoja de cálculo suma bruta y estado de evolución	42
Cuadro 5	Formulario de registro del nivel de infección en hoja No. 4 (NIH4)	46
Cuadro 6	Efecto de la evaporación PICHE y de temperatura (SVDS) dentro el preaviso climático para Sigatoka Amarilla.	47
Cuadro 7	Formulario para el registro de evaluación de la incidencia y severidad.	50
Cuadro 8	Cuadro 8. Cobertura según fungicidas (número y diámetro de gotas).	69
Cuadro 9	Fungicidas orgánicos de mayor uso para el control de la enfermedad.	69

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la producción de plátano y banano en el desarrollo económico y social de la República Dominicana es indiscutible. Para el primero, su producción es de consumo local en un 99%. El área bajo explotación es de alrededor de 41,000 ha, con una producción de 1,256 millones de unidades. El consumo promedio *per capita* es de 103.5 g/día y representa el 5.1 % de lo gastado por las familias dominicanas en alimentación. El cultivo del banano (Musa AAA) representa un importante renglón de exportación. El área bajo explotación es de 17,335 hectáreas, con una producción de 17,241,688 racimos y genera divisas por unos 33,000,000 de dólares en la exportación (CEI-RD 2006).

La siembra comercial de estos cultivos se basa en mayor proporción en los cultivares de plátanos Macho x Hembra (tipo French) y Macho (Tipo Cuerno) y en banano, los cultivares del sub-grupo Cavendish (Gran Enano y Williams). Estos cultivares pertenecen al grupo Musa AAB y Musa AAA, respectivamente, los cuales son susceptibles a la enfermedad Sigatoka Negra.

La enfermedad conocida como Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) se considera la principal enfermedad que afecta la producción de plátano y banano, la cual produce necrosis y muerte acelerada de las hojas, provocando madurez prematura, reducción del tamaño del fruto y bajo peso del racimo. En la actualidad, las plantaciones en todo el país están totalmente afectadas. Si las condiciones climáticas son favorables, el ataque podría ser tan devastador que amenaza la sostenibilidad de los sistemas de producción.

La importancia de estos renglones agrícolas y sus limitantes, hacen necesario revisar y modificar los sistemas actuales de producción con tecnologías que tiendan a reducir la cantidad de agroquímicos utilizados. Adicionalmente, estas innovaciones tecnológicas deben garantizar el incremento y mantenimiento de la calidad ambiental, y reducir los riesgos de contaminación que asegure la protección de los trabajadores en las plantaciones y su entorno. Con el objetivo de apoyar la racionalidad requerida en el manejo de la Sigatoka Negra, se exponen las diferentes alternativas de combate.

2. IMPORTANCIA DE LAS MUSÁCEAS

Desde la época de los grandes viajes de exploración por parte de los conquistadores, los bananos (AAA), plátanos (AAB) y rulos (ABB) han sido distribuidos ampliamente desde sus regiones de origen al hemisferio occidental; de tal manera, que su distribución cosmopolita en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo es una señal clara de su preferencia entre las frutas y víveres en estas regiones.



Figura 1. Dispersión de las musáceas (Champion 1962).

Las musáceas comestibles se cultivan en más de 20 países de las regiones tropicales y subtropicales. Según la FAO (2000) cerca de 5 millones de hectáreas fueron plantadas con plátanos y alrededor de 4 millones con bananas. La productividad promedio mundial fue de 15 toneladas por hectáreas para bananas y cerca de 6 toneladas por hectáreas para plátanos. Son cultivados en un 90% por pequeños productores para consumo casero y comercio local.

Son fuente de alimento básico para más de 400 millones de personas en los países en vías de desarrollo. Más de 58 millones de toneladas de bananas y 30 millones de toneladas de plátanos fueron producidas mundialmente en el 2000. La India fue el mayor productor de bananas (11 millones de toneladas) y Uganda fue el mayor productor de plátanos (9 millones de toneladas). Cerca de la mitad de las bananas del mundo fueron producidas en Asia, mientras que casi el 75% de los plátanos del mundo fueron producidos en África.

En su mayoría, se utilizan variedades de cocción que se consumen fritos, hervidos en trozos y macerados y asados o cocido al horno. También, se venden frescos, en pulpas, chips y deshidratados. En algunos países son utilizados para producir alcohol. Las hojas y seudotallos son utilizados para envolturas de alimentos, como coberturas y en la manufactura textil. También en la alimentación animal.

Son una buena fuente de energía y ricos en vitaminas A, C y B6; contienen altos niveles de calcio, potasio y fósforo. Representan el cuarto cultivo alimentario de importancia después del arroz, trigo y maíz.

En la República Dominicana se cultivan las musáceas desde su introducción en 1516 por Fray Tomas de Berlanga. Son preferidas como fuentes de carbohidratos por todos los estratos sociales de la población y consumidas en proporción *per capita* importante.

Entre los países de América Latina, para la República Dominicana, plátanos y bananos son alimentos fundamentales en la canasta básica alimentaria, se ubica en cuarto lugar como consumidor importante de plátano (consumo *per capita* de 105.6 g/día) y en segundo como consumidor de banano con ingesta *per capita* de 102.33 gramos por día (Figura 2).

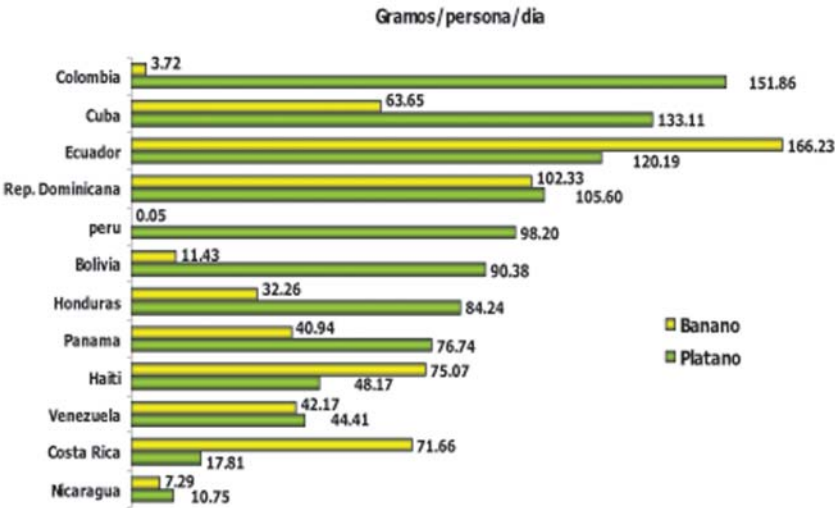


Figura 2. Consumo de plátano y banano de los principales países de América Latina en el 2005. (Faostat 2007).

Ocupan el segundo lugar en producción y consumo local después del arroz. En América Latina, ocupa la séptima posición con una producción de 412,050 toneladas de plátanos y la quinta posición con 547,430 toneladas de bananos para el 2005 (Figura 3, Faostat 2007). La producción de plátano es básicamente para consumo local, es preferido por todos los estratos sociales como fuente de carbohidratos y representa el 5.1% de lo gastado por las familias dominicanas en alimentación (López 2001).

El 20% de la producción de banano se exporta principalmente hacia mercados europeos como Bélgica, Reino Unido, Alemania, Italia, Suecia y Francia. Esto constituye una fuente importante para generación de divisas y empleos de una población económicamente activa que no dispone de otras fuentes.

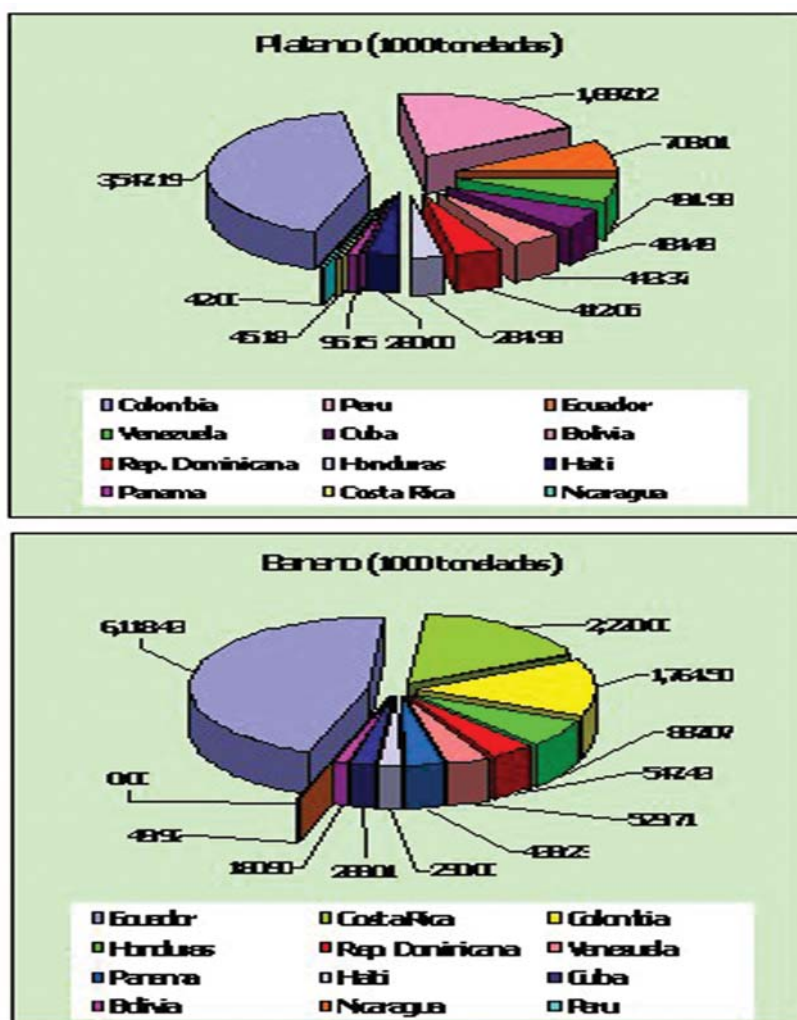


Figura 3. Producción de plátano y banano entre los principales países de América Latina en el 2005. (Faostat 2007).

Para el 2005, las exportaciones de banano, plátanos, rulos y sus derivados hacia más de 20 países generaron al país US\$ 35, 691,108.36. El cultivo de mayor generación de divisas entre las musáceas fue el banano en sus diferentes denominaciones (Figura 4), con US\$ 33, 644,634.20 (CEI-RD 2006). La diferencia correspondió a los demás cultivos, sus partes y productos procesados, Cuadro 1.

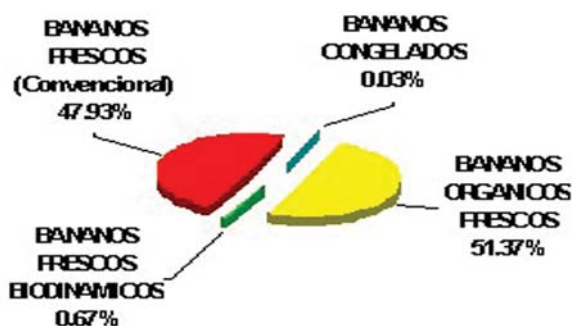


Figura 4. Proporción de divisas generadas por las diferentes denominaciones de bananos exportadas en el 2005.

Cuadro 1. Peso y valor de las exportaciones de diferentes productos y subproductos de las musáceas 2005.

Denominaciones	Peso Kg	Valor FOB US\$
RULO FRESCO	936,726.19	276,019.50
PLATANOS ORGANICOS	78,524.01	12,766.34
PLATANOS (BANANAS) FRESCO	2,612,287.06	1,233,314.71
MANZANA DE PLATANO	64,607.17	9,402.37
MANZANA DE BANANA	2,711.29	534.77
MANZANA DE RULO	24,413.03	4,933.42
HARINA DE PLATANO	7,795.00	1,616.50
MASA DE PLATANO CONGELADA	3,297.86	6,030.75
CEPAS DE BANANO (GUINEO)	130.56	160.08
PLATANO FRITO	68,226.10	215,427.46
TOSTONES DE PLATANOS	95,596.16	285,009.21
HOJAS DE PLATANO	5,770.46	1,197.55
HOJAS DE RULO	153.27	61.50
Totales	3,900,238.16	2,046,474.16

Fuente: CEI-RD 2006.

3. IMPORTANCIA DE LA ENFERMEDAD

Por sus implicaciones económicas, la Sigatoka Negra es considerada como una de las enfermedades más importantes que afecta al género *Musa*. Puede causar grandes pérdidas en los rendimientos, según las condiciones epidemiológico. Además, por el gran movimiento comercial que representan las bananas en los mercados de exportación, donde se han registrado las mayores pérdidas, y es en esta industria donde se invierten más recursos para su combate.

3.1. Impacto Económico

La Sigatoka Negra es particularmente devastadora. Bajo condiciones favorables, la necrosis de las hojas puede reducir los rendimientos de 35-50%, y muchos cultivares que son importantes y comúnmente sembrados son susceptibles. En 1995, el costo medio para controlar esta enfermedad fue de US \$1,500.00/ha/año, en banano. Anualmente, una plantación típica en Centroamérica, necesita de 38 a 50 fumigaciones, y estas aplicaciones de fungicidas contra Sigatoka Negra encarecen aproximadamente en un 30% los costos de producción. El control de la enfermedad puede añadir un 27% al costo total de producción, mientras que las otras enfermedades y plagas aumentan solamente el 3-5% de la totalidad del costo de producción.

Aunque las operaciones a gran escala pueden asimilar el costo de la fumigación, la mayoría de los productores pequeños no pueden permitirse el lujo de controles químicos y por eso son más propensos a sufrir pérdidas. Esto impone una preocupación seria en los programas destinados a garantizar los ingresos a los agricultores de subsistencia, particularmente para los que dependen de plátanos para cocinar en sus dietas. En muchos lugares del mundo, los plátanos constituyen un alimento básico primario, y en otros la actividad bananera es la principal fuente de generación de divisas.

En caso de bananos de exportación, generalmente es necesario mantener una cantidad mínima de siete hojas en la planta hasta el tiempo de cosecha para que la calidad de las frutas no se pierda durante el transporte. Las frutas de plantas gravemente enfermas son propensas a madurarse prematura e irregularmente. Esto constituye una preocupación grave para los productores, debido a las exigencias rígidas de los consumidores en los países importadores.

La Figura 5, muestra el comportamiento del área cosechada, producción y área sembrada de plátanos desde la aparición de la enfermedad en 1996 hasta el 2006 en la República Dominicana. Se observa una reducción de alrededor de 30% del área cosechada desde el 1996 al 1999 y la reducción de la producción de un 25%. Las nuevas áreas sembradas se mantuvieron constantes. En este mismo periodo, hay que destacar que ocurrió el fenómeno tabacalero, el cual motivó un cambio en áreas sembradas de plátano que fueron eliminadas para ser sembradas de tabaco y el Huracán George en el 1998, que desbastó gran parte de las zonas productoras de plátano.

A partir del año 2000, las áreas cosechadas recobran sus niveles; sin embargo, la producción permanece deprimida no obstante las actividades para la recuperación de plantaciones de musáceas ejecutadas por la Secretaría de Estado de Agricultura en lo referente a capacitación, control fitosanitario, distribución de insumos y recomendaciones culturales para reducir inóculo. La

enfermedad se registró en nuevas áreas importantes de producción de plátano de la región Sur y el Cibao Central.

A partir del 2004, se incrementa notablemente el área cosechada y la producción. Esta última con una pendiente mayor, sugiriendo una mayor productividad en este cultivo, relacionado posiblemente al hecho de que comienza a sembrarse en mayor cantidad de fincas, el clon de plátano FHIA 21 resistente a la sigatoka, y que presenta una productividad cuatro veces superior a la del Macho por Hembra.

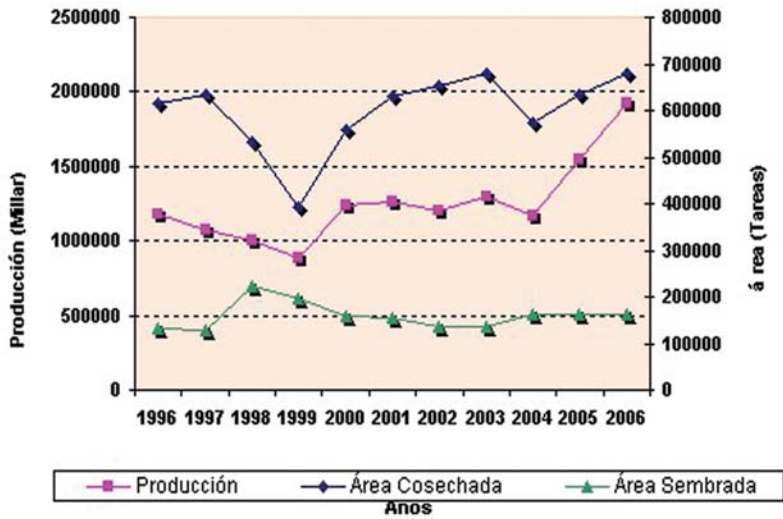


Figura 5. Comportamiento del área cosechada, producción y área sembrada de plátano a partir del reporte de la Sigatoka Negra en 1996 hasta el año 2006. (SEA 2007).

3.2. Origen y Distribución Mundial de las Sigatokas

Aunque la Sigatoka Amarilla fue la primera enfermedad foliar importante en las musáceas, la misma ha sido prácticamente sustituida por la Sigatoka Negra la cual es más agresiva. Sin embargo, es posible encontrar estructuras reproductivas del hongo de la Sigatoka Amarilla en las plantaciones.

La Sigatoka Negra se identificó por primera vez 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). (Figura 6).

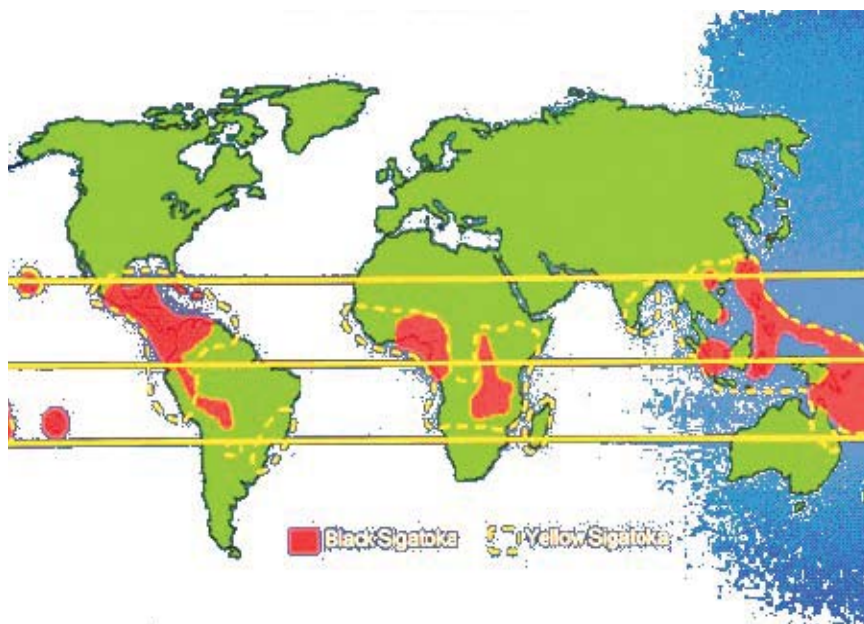


Figura 6. Distribución mundial de las Sigatoka Negra y Amarilla

También se ha observado en Asia (Bután, Taiwán, sur de China incluida la isla de Hainan, Vietnam, Filipinas, Malasia occidental y Sumatra en Indonesia).

En África, 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. Esta presente 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 Zanzíbar 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 las enfermedades de las sigatokas tanto negra como Amarilla.

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 en 1996. Ha sido reportada en Haití y Puerto Rico, por lo que ya no es una amenaza su propagación al resto del Caribe, sino un hecho.

Su difusión a 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 África, 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.

4. LA ENFERMEDAD Y EL PATÓGENO

La Sigatoka Negra es una enfermedad propia de las musáceas, y hasta la fecha no se han reportado hospederos alternos. La evolución de la misma esta muy relacionada a la evolución del patógeno.

4.1. Síntomas

El único órgano de la planta afectado por *M. fijiensis* es la hoja, destruyendo el follaje rápidamente, si no se aplican medidas de control. Asimismo, como resultado del ataque de este patógeno, se observan síntomas característicos de madurez prematura en los frutos.

Aunque la Sigatoka Negra fue descrita por primera vez en el año 1964, los síntomas en hojas fueron detallados en el año 1969 por Meredith y Lawrence. En 1982, Fouré redefinió los síntomas mostrados durante el desarrollo de la enfermedad en seis estadios (Figura 7), que son descriptos como sigue:

- Estadio 1. 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 a trasluz y sólo se pueden observar en el envés de la hoja.
- Estadio 2. Muestra una raya, de color café y visible en el envés de la hoja; luego, este síntoma 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. 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.

- Estadío 4. Aparece en el envés de la hoja como una mancha café y en la parte de arriba como una mancha negra.
- Estadío 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 empieza aplanar.
- Estadío 6. 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.

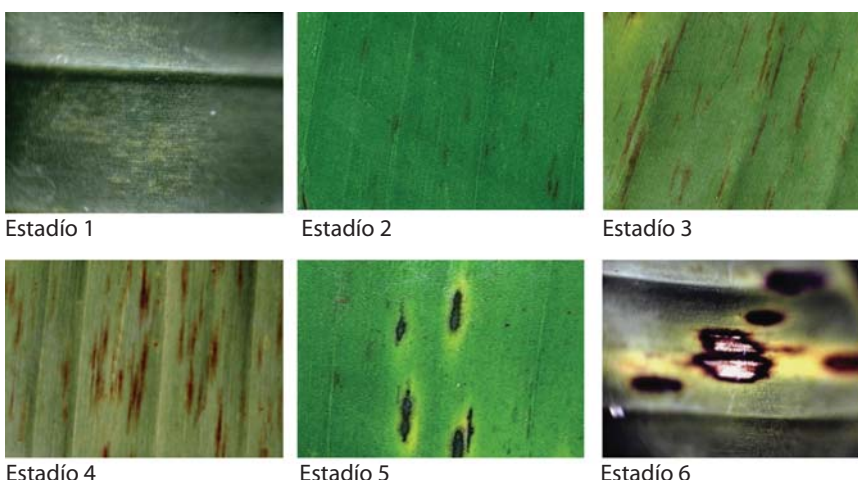


Figura 7. Estadíos de síntomas mostrados durante el desarrollo de la Sigatoka Negra.

Como resultado de la destrucción del follaje, la producción de fruta es reducida drásticamente. Sin embargo, también ocasiona un llenado deficiente y la maduración prematura de los dedos en campo, durante el transporte o almacenaje, daño que es considerado como el más importante. Este daño, estaría determinado por la acción de toxinas del patógeno, más que a la defoliación.

4.2. Agente causal

La Sigatoka Negra es causada por un hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en estado sexual. El estado asexual o anamorfo corresponde a *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton (1989).

4.3. Morfología

En el Cuadro 2, se muestran las diferencias morfológicas más relevantes de los hongos de Sigatoka Negra y Amarilla, y que son observadas en el estado asexual.

Cuadro 2. Diferencias entre los hongos de las Sigatoka Negra y Amarilla

	<i>M. musicola</i>	<i>M. fijiensis</i>
Primera aparición conidias	Lesiones maduras	Estría Joven
Conidióforos Forma	Fascículos densos sobre un estroma oscuro (esporodoquio)	Los conidióforos emergen sencillos o en grupos pequeños de 2 a 5 por estroma. No hay esporodoquios.
Distribución en la lesión	Son abundantes en la cara superior e inferior.	Se encuentran más en la cara inferior de la lesión
Morfología	Los conidióforos son rectos, hialinos, la mayoría sin septas, ni geniculación ni ramificación. No quedan cicatrices al desprenderse los conidios	Los conidióforos son rectos o curvados, geniculados, pálidos a café claro. Tienen 0 a 3 septas, ocasionalmente ramificados y ligeramente gruesos.
Conidios	Los conidios son cilíndricos ocasionalmente obclavados conteniendo de 1 a 5 y el mismo	Los conidios pueden tener forma de mazo o ser a la vez mazo cilíndricos, contienen 1-6 septas; son Cónicos desde la base hasta la marca basal o cicatriz distintiva.

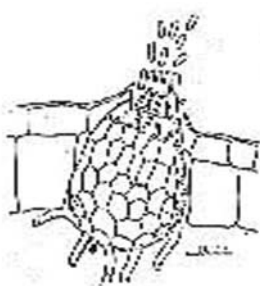
4.4. Biología del patógeno

El impacto económico y ambiental que causa la utilización de los fungicidas: Azoxistrobin, Benomil, Propiconazole, Estrobilurinas y Tridemorf para el control de *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka Negra, principalmente en plantaciones de banano, han hecho necesario conocer la biología y características epidemiológicas de las poblaciones del hongo, que han desarrollado resistencia a los fungicidas utilizados en su control.

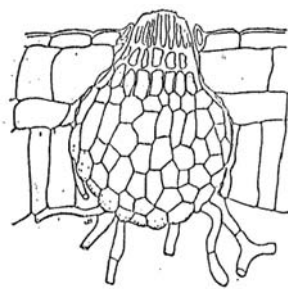
4.4.1. Reproducción sexual

Mycosphaerella fijiensis es el nombre que fue dado a la forma sexual (teleomorfa) del patógeno. El hongo fue inicialmente descrito en 1969 por Morelet en muestras de hojas recolectadas en Fiji.

Para producir la forma sexual el hongo inicialmente desarrolla muchos espermogonios en la superficie inferior de la hoja al colapsar las lesiones. El espermogonio (Figura 8) es oscuro, un poco herrumbroso, y de forma periforme. En condiciones húmedas estas estructuras pueden producir grandes cantidades de células de reproducción masculina (espermacias). Las espermacias son diminutas y cilíndricas y van a fertilizar las hifas hembras vecinas llamadas tricóginas.



Peritecio



Espermogonio

Figura 8. Espermogonio, órgano sexual masculino y peritecio, órgano sexual femenino del hongo *M. fijiensis*.

Al efectuarse la fertilización, los peritecios se forman dentro de las lesiones maduras con los ostiolos emergiendo de los tejidos foliares (Figuras 9 y 10 A). Las ascas, estructuras oblongas o en forma de mazo tienen dos paredes (son bitunicadas) y contienen ocho esporas sexuales (ascosporas) que están alineadas de dos en dos (Figura 9). Las ascosporas son hialinas y poseen una septa. Una célula de la espora puede ser un poco más ancha que la otra célula, y la espora puede ser un poco estrecha en la septa. Una preparación microscópica del pseudotecio se muestra en la Figura 10 B.

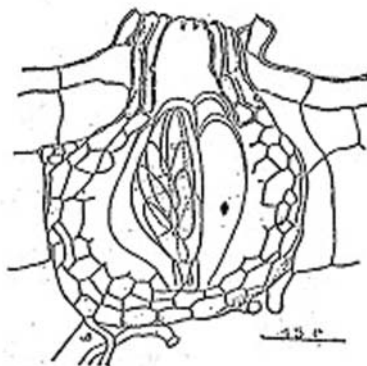


Figura 9. Peritecio seccionado mostrando sacos o ascas que contienen las ascosporas.

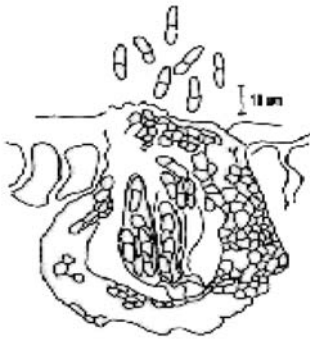
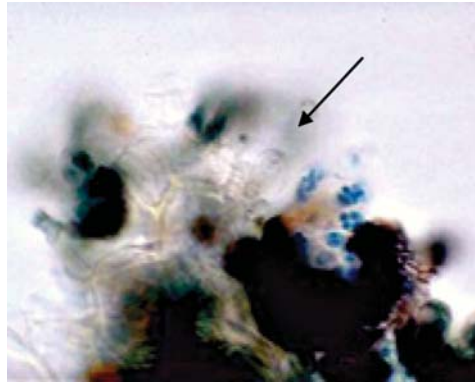


Figura 10. A) Peritecio liberando ascosporas



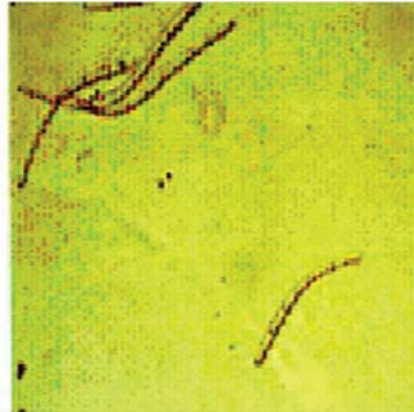
B) Preparación microscópica del pseudotecio

4.4.2. Reproducción asexual

La forma asexual (anamorfa) imperfecta se llama *Pseudocercospora fijiensis*. Las conidias se originan individualmente y en la parte apical del conidioforo. Las esporas son de color pálido a un ligero olivo-carmelitoso, estas son lisas, largas y tienen tres o más septas (Figura 11A). Una preparación microscópica de conidias se muestra en la derecha (Figura 11B).



Figura 11. A) conidias liberadas del conidioforo



B) Preparación microscópica de conidias

4.4.3. Ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis*

Las conidias y ascosporas germinan durante períodos de alta humedad relativa (92–100%) e infectan a la hoja a través de los estomas, usualmente en la superficie inferior. Bajo condiciones de alta humedad, las hifas pueden

emerger por los estomas y crecer a lo largo de la superficie de la hoja y penetrar por otros estomas, así agrandando las lesiones. Los conidióforos emergen por los estomas, y algunas veces sobre masas compactas de micelio (estromas). Los estromas también pueden desarrollarse sobre espermogonios jóvenes y son transportados a nuevos tejidos foliares para seguir nuevos ciclos (Figura 12).

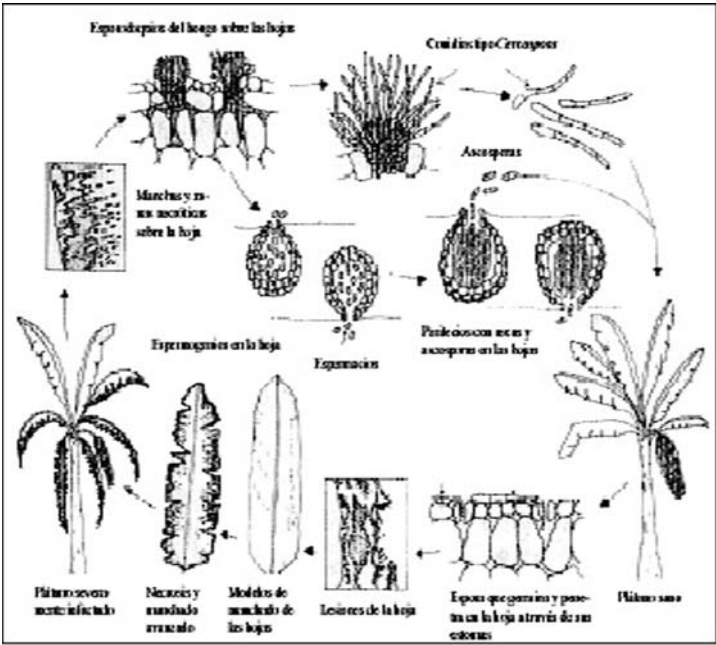


Figura 12. Ciclo de vida del hongo (Agrios, G. 2000).

El patógeno produce conidias y ascosporas, ambas tienen la capacidad de infectar. Son formadas bajo condiciones de alta humedad, siendo dispersadas por la lluvia y el agua de riego. Debido a su abundancia y pequeño tamaño, las ascosporas son más importantes que las conidias al dispersar la enfermedad entre plantas y dentro de las plantaciones. En contraste, las partes infectadas de la planta, que se usan en los países para elaborar material de empaque y cama de protección de frutas, es el responsable de las infecciones a larga distancia.

Las etapas del ciclo de la enfermedad (Figura 13) están asociadas al ciclo de vida del patógeno y comienza con la contaminación o deposición de las esporas sobre las hojas más jóvenes. Poco tiempo después, el hongo inicia la penetración en los estomas, y da inicio a los primeros síntomas, el tiempo entre la contaminación y la aparición de los síntomas en estadios 1 y 2 se le llama período de incubación. La Infección propiamente dicha ocurre entre los primeros síntomas o pizcas hasta el estadio 6 ó manchas maduras, donde ocurre la necrosis o muerte del tejido foliar de la planta.

Desde los estadios 1 y 2 hasta el estadio 6 se denomina tiempo de desarrollo de la enfermedad. Entre los estadios 3 y 4 ocurre la reproducción asexual o formación de conidia y entre los estadios 5 y 6 ocurre la reproducción sexual o formación de ascosporas.

Los sistemas de pronóstico se basan en la detección temprana de los síntomas. Los preavisos biológicos basan sus cálculos en los tres primeros estadios de síntomas, mientras que los preavisos climáticos basan sus predicciones en factores del clima que favorecen un brote epidémico futuro.

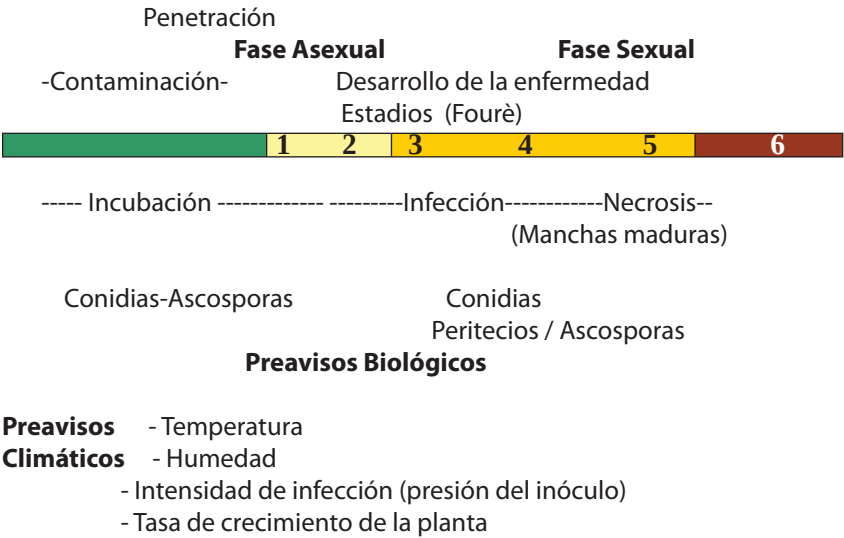


Figura 13. Etapas del desarrollo de la enfermedad

5. DISTRIBUCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

La Sigatoka Negra fue reportada en el país en el año 1996, en la comunidad de Ranchadero, Municipio de Guayubín, provincia Montecristi, en una parcela sembrada de plátano denominado “Gran Lujo”. Ante la sospecha en ese entonces, sus propietarios decidieron eliminar dicho cultivo; sin embargo, la enfermedad ya estaba presente en la plantación vecina sembrada de bananos para exportación.

5.1. Metodología para recolectar la información en campo

La Secretaría de Estado de Agricultura tiene dividido el país en ocho direcciones regionales agropecuarias (Figura 14), desde las cuales cubre toda la geografía nacional haciendo una subdivisión hasta subzonas en las que se ubican los

técnicos extensionistas. Aprovechando esta estructura, la finca y la región donde se detectó la enfermedad por primera vez se pusieron en cuarentena, se activaron los puestos de vigilancia fitosanitaria para controlar el transporte de material infectado e impedir la llegada por esta vía a nuevas áreas libres de la enfermedad. Sin embargo, los esfuerzos desplegados fueron infructuosos y la enfermedad se distribuyó hacia toda la geografía nacional como lo demostró el monitoreo periódico en las zonas de producción importante de las musáceas.

Con esta estructura técnica, se inició un programa de visitas periódicas a las diferentes zonas de producción de musáceas y se realizó un programa de capacitación a técnicos y productores y la divulgación radial sobre la enfermedad. También, la Secretaría distribuyó fertilizantes y fungicidas entre los productores de escasos recursos para mitigar las pérdidas en la producción.

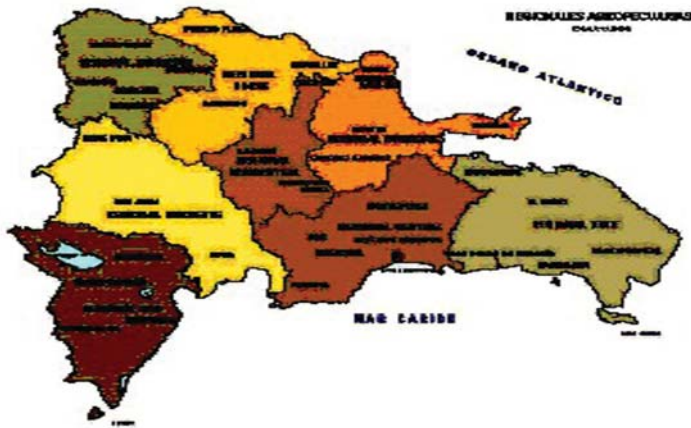


Figura 14. División de la República Dominicana en ocho direcciones regionales agropecuarias (SEA).

En estas visitas se tomaron muestras de material infectado para observar y describir estructuras reproductivas del hongo, cuyos resultados comprobaron su presencia. Para estos fines, se recibió apoyo de técnicos internacionales de diferentes países que trabajan para combatir la enfermedad, entre ellos: Francia, Cuba, Colombia, Estados Unidos y Costa Rica.

5.2. Diseminación de la enfermedad en el país

La Figura 15, muestra la cronología de reportes de la Sigatoka Negra en las diferentes provincias. Es importante notar la rápida diseminación hacia la parte oriental de la isla, la cual tardó sólo dos años en relación a la zonas mas cercanas, si tomamos en cuenta que entre Guayubín y Hato Mayor hay unos 260 kilómetros, lo que evidencia que la causa pudo haber sido el transporte de material infectado en violación a las disposiciones cuarentenarias establecidas.



Figura 15. Diseminación de la enfermedad en la República Dominicana

Fuente: Polanco 2005.

6. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS Y SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD

6.1. Epidemiología

Para que ocurra una epidemia debe existir la relación patógeno-hospedero-ambiente-tiempo, es decir, hongos fitoparásitos, en este caso *M. fijiensis*, espacio ocupado por un número de individuos susceptibles (población de plantas de musáceas), condiciones ambientales favorables (precipitación, humedad relativa, etc.) y el período de tiempo en que transcurre.

La epidemiología es la rama de la ciencia que estudia las enfermedades en poblaciones determinadas, así como la aplicación de este estudio a los problemas sanitarios. Por lo tanto la epidemiología estudia la enfermedad de las plantas en relación con su medio.

El conocimiento de los aspectos epidemiológicos, abarca lo que se llama el triángulo epidemiológico de la enfermedad y la aplicación de sistemas de evaluación de las enfermedades han permitido el manejo y control eficiente de las mismas.

6.2. Fuentes de inóculo

En cada localidad, las parcelas que no son manejadas y no se práctica la remoción de hojas enfermas, constituyen la fuente de producción de esporas sexuales y asexuales que se dispersan a otras plantaciones de plátano y banano.

Dentro de cada parcela, las hojas infectadas, adheridas a las plantas constituyen la fuente permanente de estructuras infectivas del hongo. Se ha determinado que en hojas adheridas a las plantas, el patógeno produce sus esporas por periodos de varios meses, en cambio en hojas cortadas y colocadas en el suelo, el periodo es reducido.

6. 3. Dispersión de *M. fijiensis*

Tanto las conidias como las ascosporas juegan un rol importante en la dispersión de *M. fijiensis*. Las conidias, liberadas por acción del viento son dispersadas especialmente a través del lavado y salpicadura de las gotas de lluvia. Por lo tanto están asociadas con la dispersión local de la enfermedad (Figura 16). Las ascosporas son fácilmente arrastradas por el viento y son responsables de la dispersión de la enfermedad a grandes distancias. Sin embargo, el transporte de ascosporas por el viento es limitado por su susceptibilidad a la radiación ultravioleta.

El hombre ha sido el principal agente de diseminación de la Sigatoka Negra, al transportar material vegetal de las musáceas, desde las áreas infestadas a las áreas libres. Esta ha sido probablemente la forma en la cual el agente causal ha llegado a zonas aisladas, superando barreras geográficas naturales que hubieran impedido la diseminación natural del patógeno.

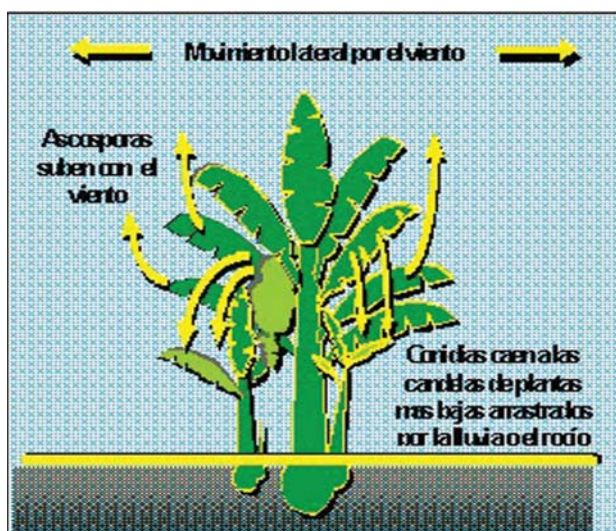


Figura 16. Dispersión natural de propágulos en una plantación.

6.4. Condiciones ambientales favorables a la enfermedad

La Sigatoka Negra es favorecida por humedad y temperaturas altas. Debido a que *Mycosphaerella fijiensis* produce relativamente pocas conidias, las ascosporas son más importantes en la dispersión y desarrollo de epidemias. Sin

embargo, las conidias también juegan un rol que puede ser más importante, durante periodos secos, en los que el desarrollo de la enfermedad es retardado por las condiciones menos favorables.

Las conidias se forman bajo condiciones de alta humedad, especialmente si hay una película de agua sobre la superficie de la hoja. Se forman durante los primeros estadios de desarrollo de la enfermedad, especialmente los estadios 2, 3 y 4.

Las ascosporas son producidas en los pseudotecios formados en las lesiones maduras (estadios 5 y 6), que son comunes en las hojas más viejas de las plantas o en hojas que se están secando sobre la superficie del suelo.

En cuanto a producción de inóculo, una lesión de 20 mm², al inicio de la enfermedad produce 1,200 conidias y sobre 30,000 en el segundo ciclo. Relacionando estas cifras con el área foliar de una planta (30-40 m² en plátano Macho por Hembra), la producción de inóculo en una plantación sin manejo de la enfermedad resulta incalculable. La concentración de ascosporas puede ser 10 a 100 veces mayor que las de conidias. Su producción es abundante en condiciones de alta pluviometría y temperaturas (Merchán 1998).

La cantidad de inóculo por unidad de área produce la *intensidad de infección* donde una gran cantidad de lesiones se unen y provocan la necrosis rápida de las hojas. La infección exitosa es favorecida por periodos extendidos de alta humedad y agua libre sobre las hojas. La máxima germinación ocurre cuando hay agua libre (Figura 17). Las conidias germinan a través de un rango de humedad relativamente más amplio (92 a 100%) que las ascosporas (98-100%).

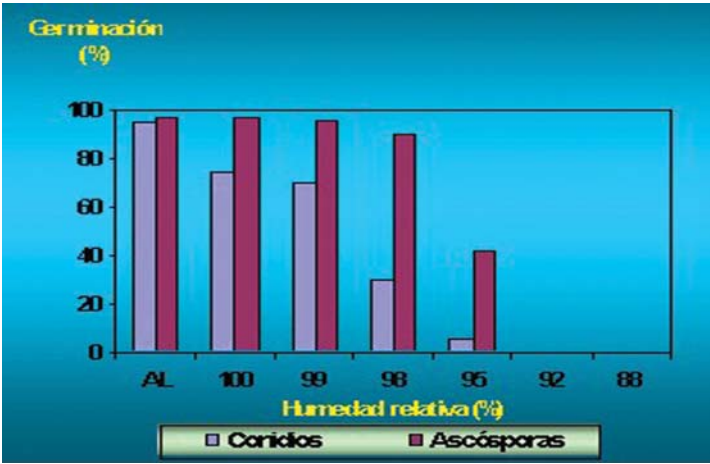


Figura 17. Efecto de la humedad relativa sobre la germinación de esporas de *M. fijiensis* (Jácome y Schuh 1992).

La temperatura óptima para la germinación de las esporas es de alrededor 27 °C. Con un rango de máxima actividad de crecimiento entre 22 y 28 °C (Figura 18).

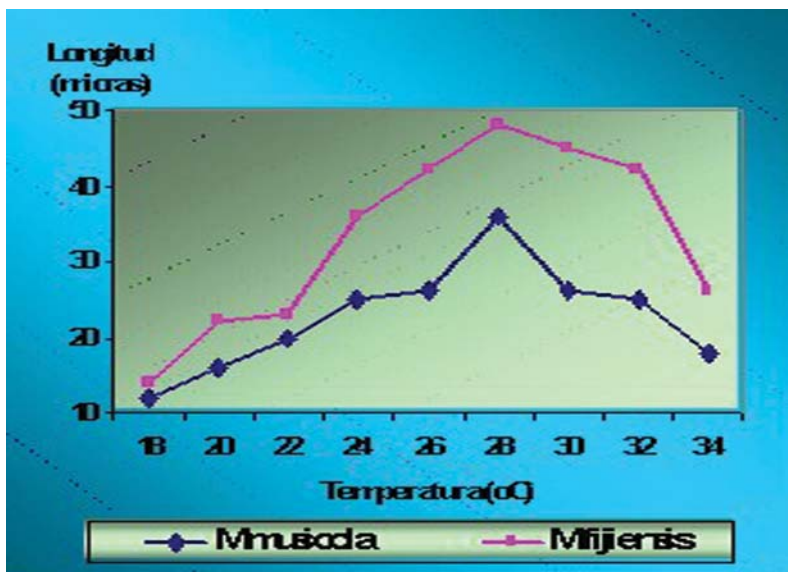


Figura 18. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de ascosporas en Sigatoka Negra y Amarilla (Jácome y Schuh 1992).

Dentro de una plantación de musáceas, las condiciones que determinan la ocurrencia de ambientes húmedos, entre ellas: drenajes deficientes y acumulación de agua en el suelo, densidades de plantas muy altas, presencia de malezas y falta de deshijes, favorecerán significativamente el desarrollo de la enfermedad al permitir los procesos de germinación y penetración del hongo en los estomas.

En Guayubín, provincia Montecristi, los estudios epidemiológicos indican que para el desarrollo de la Sigatoka Negra los datos históricos normales de la temperatura máxima, mínima y media registrados por más de 30 años (Figura 19), no son limitantes para el desarrollo de la enfermedad, estas se mantienen en niveles que favorecen el crecimiento del hongo todo el año.

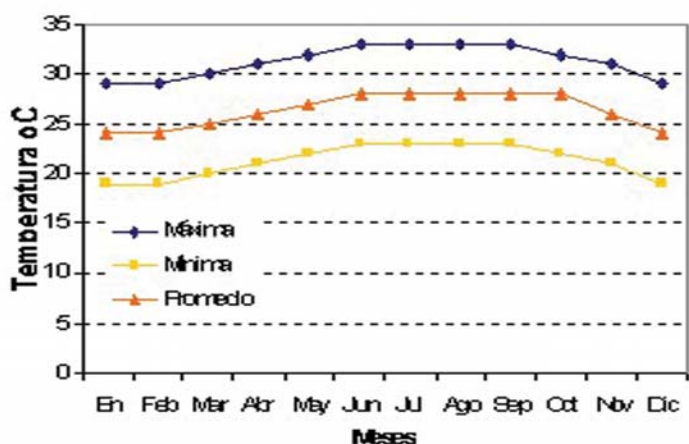


Figura 19. Temperatura histórica normal máxima, mínima y promedio mensual de la provincia de Montecristi.

La humedad relativa (HR) histórica de la zona no es favorable al desarrollo del hongo. Según Marín *et al.* (2003), la germinación de las esporas ocurre entre 92 y 100% de HR e históricamente, en esta provincia, la misma se registra debajo de 80 %. Si observamos que en relación al comportamiento de la HR y la temperatura media de la zona, se produce un déficit de humedad atmosférica desde junio hasta octubre (Figura 20). El rocío es el factor climático relevante en los brotes epidémicos de la enfermedad.

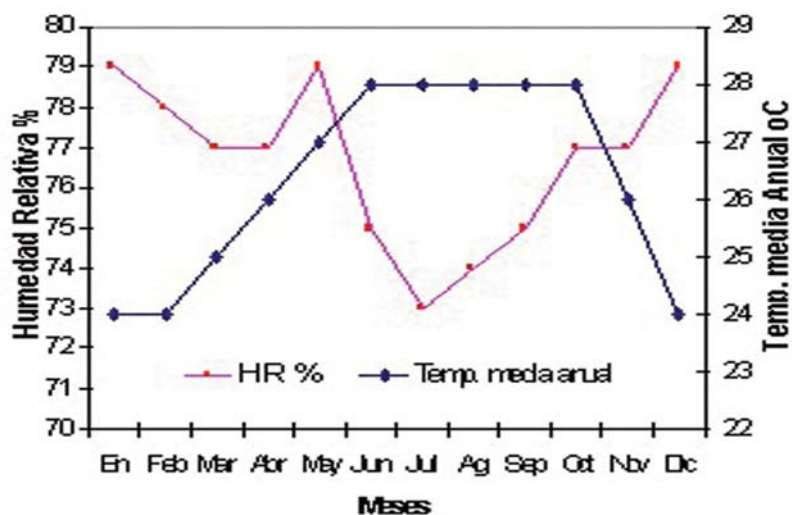


Figura 20. Relación entre humedad relativa y temperatura media del año.

Las variables epidemiológicas tales como: el período de incubación y latencia varían de 32 a 81 y 65 a 122 días, respectivamente. Los menores períodos de incubación y latencia, se presentaron cuando la precipitación fue mínima o no registrada y los mayores períodos para estas variables epidemiológicas estuvieron favorecidos por mayores registros de precipitación (Figura 21). Conocer esta información es de suma importancia para esta zona, nos advierte del brote de la enfermedad, después de las lluvias y tomar las medidas necesarias para reducir la formación de propágulos que darán inicio a nuevos brotes epidemiológicos.

En la Figura 22, se observa la intensidad de infección en relación a la precipitación, esta variable epidemiológica se relaciona al número de esporas producidas durante el evento epidemiológico y se observa el favor de las lluvias para que se registre la mayor cantidad de estrías por unidad de área, en este, caso medida en 16 cm^2 .

En un mapa de isoyetas (Figura 23), se observa la distribución de las lluvias. En las regiones donde se registran precipitaciones superiores a los 1000 mm, se favorece el desarrollo de la enfermedad con intensidades superiores. Estas zonas son las partes central y oriental del Valle del Cibao, que comprende la principal zona de producción de plátanos en la isla, que se denomina el “triángulo platanero” y abarca las provincias Santiago, Espaillat, Salcedo y La Vega.

Las demás regiones presentan condiciones de precipitación menos favorables a la enfermedad y comprenden la parte Occidental del Valle del Cibao, que abarca las provincias de Valverde y Montecristi y las regiones Sur y Suroeste con las Provincias de Azua, Bahoruco, Independencia, Pedernales y la parte nororiental de Barahona.

Estas regiones, con menos precipitación requieren de riego suplementario, el cual se aplica por gravedad inundando las parcelas, que en consecuencia crea un microclima favorable al desarrollo la Sigatoka Negra.

Las provincias Valverde, Montecristi y Azua están ubicadas en zonas donde se registran precipitaciones entre los 300 y 900 mm al año y es en estas provincias donde se producen los bananos para exportación, en donde se emplean de 2 hasta 15 ciclos de aplicación contra la Sigatoka.

6.5. Plantas Hospederas

La siembra comercial de plátanos y bananos, en nuestro país se basa, en mayor proporción, en cultivares de plátanos Macho x Hembra (Tipo French) y Macho (Tipo Cuerno) y el banano, cultivares del sub-grupo Cavendish (Gran Enano, Williams y Valery). Estos cultivares pertenecen al grupo *Musa* AAB y *Musa* AAA respectivamente, los cuales son hospederos susceptibles a la Sigatoka Negra.

Los cultivares liberados de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agropecuarias (FHIA), tanto plátanos como bananos han mostrado tolerancia variable frente a la Sigatoka Negra y se siembran en muchas regiones del mundo. En la República Dominicana, han logrado buena adaptabilidad, son resistentes a la sigatoka y más productivos que los tipos French y Cuerno.

Los estudios demuestran que existe un gradiente de susceptibilidad a la Sigatoka Negra, de acuerdo a la composición genómica de los cultivares y se conoce que los bananos del grupo (AAA) son mas susceptibles que los plátanos (AAB) y los rulos (ABB), respectivamente.

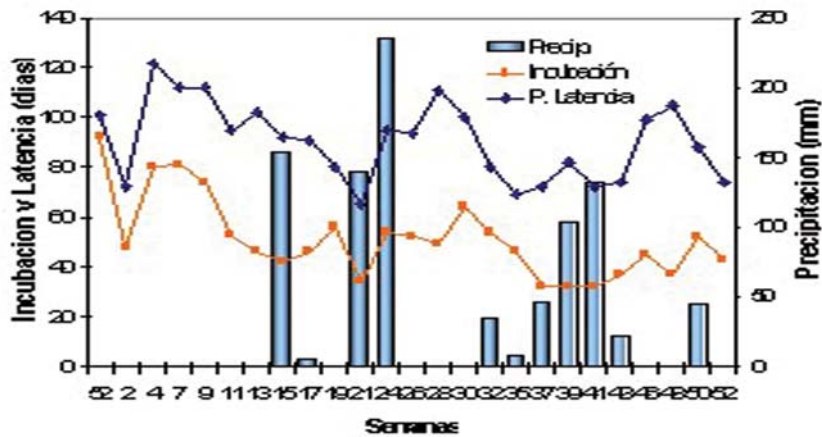


Figura 21. Efecto de la precipitación sobre incubación y latencia de la enfermedad.

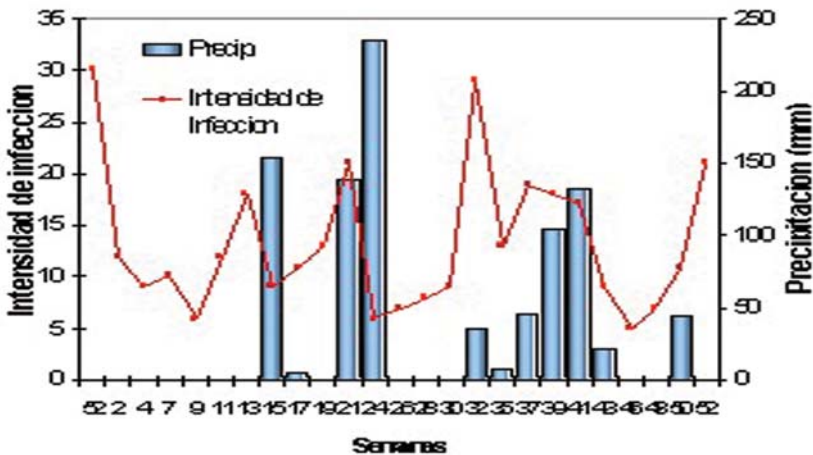


Figura 22. Efecto de la precipitación sobre la intensidad de infección de la enfermedad.

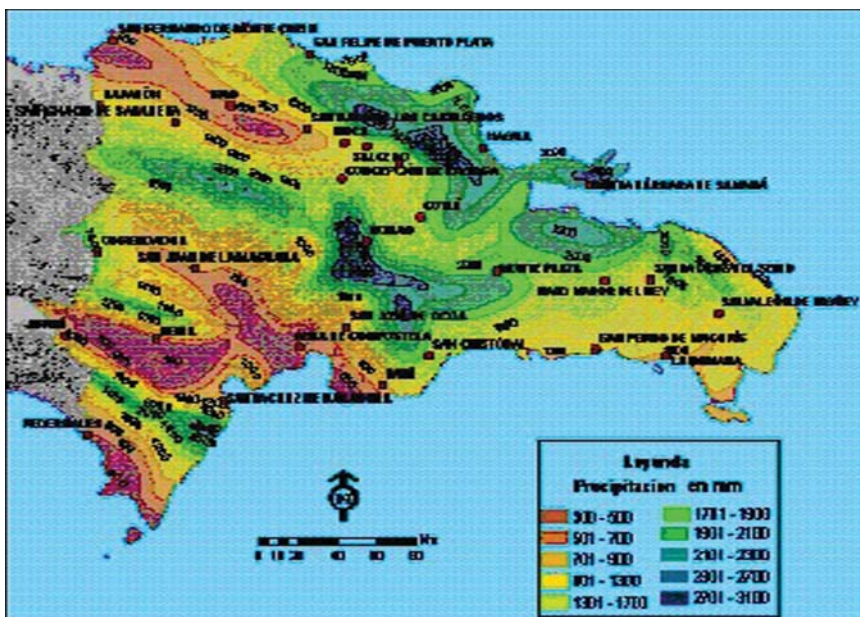


Figura 23. Distribución de la precipitación en la República Dominicana.

6.6. Sistemas de Evaluación de la enfermedad

Según el concepto de la epidemiología, la filosofía de los sistemas de evaluación es la obtención fácil y rápida de la evolución de la enfermedad y/o los factores climáticos influyentes, que permitan determinar el momento oportuno para efectuar las aspersiones del producto químico adecuado para lograr la máxima efectividad de control. Los sistemas de evaluación, si están bien realizados permiten, ahorrar mucho dinero y limitar la contaminación ambiental, de los humanos y animales.

Existen varios sistemas propuestos, que se fundamentan en la evolución de la enfermedad descrita por síntomas, el estado de desarrollo del cultivo y el factor climático mas relacionado con los cambios de la enfermedad. Entre estos: El preaviso "biológico", el preaviso "climático", el preaviso "bio-meteorológico" y la evaluación de incidencia y severidad por la metodología de Stover modificada por Gahul (1989).

6.6.1. El preaviso biológico

El sistema de preaviso se implementó y adaptó a finales de los 80's e inicios de los 90's en diferentes países de América Latina y se logró reducir significativamente el número de aplicaciones de fungicidas. Fue desarrollado por los franceses del Centro Internacional de Investigaciones Agronómicas para el Desarrollo CIRAD-FLHOR y aplicado en plantaciones comerciales de banano, en Camerún, Costa

de Marfil y Cuba, para control de Sigatoka Negra y en las Antillas Francesas y la República Dominicana para Sigatoka Amarilla.

Este sistema se basa en el análisis de descriptores biológicos y climáticos para pronosticar la aplicación oportuna de los fungicidas, en períodos en los cuales la severidad de la enfermedad comienza a incrementar y factores climáticos conducen al desarrollo del patógeno.

El sistema de preaviso biológico, es el producto de adaptaciones hechas de los sistemas desarrollados por los investigadores franceses en Guadalupe para el pronóstico de la Sigatoka Amarilla. Está basado en observaciones semanales de los síntomas en las hojas jóvenes de plantas en crecimiento activo. Coeficientes arbitrarios de severidad (Cuadro 3) se asignan a las tres hojas más jóvenes, según la incidencia y severidad de la enfermedad y con ellos se calculan dos variables: la Suma Bruta (SB) y el Estado de Evolución (EE). La SB se refiere al estado presente de la infección y es un valor arbitrario que aumenta con el avance de los síntomas y la juventud de las hojas. El EE es calculado usando la SB y el ritmo de emisión foliar (REF) de las plantas.

Posteriormente, por varias razones, incluyendo la resistencia a fungicidas, este sistema de preaviso ha perdido vigencia en algunos países. Actualmente, se están utilizando nuevos enfoques simplificados como ayuda para la toma de decisiones.

La observación de los diferentes estadios de la enfermedad, se realiza sobre 10 plantas jóvenes, que se renuevan cuando no se alcanzan las 3 primeras hojas. Dicha observación comienza por el envés del semilimbo izquierdo del ápice foliar (visto de frente corresponde al semilimbo derecho) y a partir de esta zona se observa el resto de la hoja.

Cuadro 3. Coeficientes arbitrarios de severidad

SINTOMA	HOJA		
	II	III	IV
1 -	60	40	20
1 +	80	60	40
2 -	100	80	60
2 +	120	100	80
3 -		120	100
3 +			120

Se anota únicamente el grado del síntoma más desarrollado y se coloca el signo (+) en caso de existir una densidad de síntomas superior a 50 y si el número de síntomas es inferior a 50 se coloca el signo (-).

El cálculo del Estado de Evolución (EE), se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{EE = SEV \times REF_x}$$

Donde:

EE: Estado de Evolución

SEV: Suma de evolución

REF_x : Ritmo de emisión foliar ponderado

y $\mathbf{SEV = SB - CE}$

Donde:

SEV: Suma de evolución

SB: Suma Bruta

CE: Coeficiente de evolución

$$\mathbf{SB = (S_1 \times Ca) \dots (S_n \times Ca)}$$

Donde:

SB: Suma bruta

S: Sumatoria del número de síntomas de cada grado por hoja.

Ca: Coeficiente arbitrario de severidad.

$$\mathbf{REF_x = REF_a - REF_p}$$

Donde:

REF_x : Ritmo de Emisión foliar ponderado

REF_a : Ritmo de emisión foliar actual

REF_p : Ritmo de emisión foliar ponderado pasado

$$\mathbf{REF_a = REF/N}$$

Donde:

REF_a: ritmo de emisión foliar actual

N: Número de días entre evaluaciones

$$\mathbf{CE = \sum CC \times 2}$$

Donde:

CE: Coeficiente de evolución
 Σ CC: Sumatoria de la corrección de candela

$$CC = EC \times HE$$

Donde:

CC: Corrección de candela por planta
EC: Estado de candela
HE: Número de hojas enfermas.

$$REF = EFA - EFP$$

Donde:

REF: Ritmo de emisión foliar
EFA: Emisión foliar actual
EFP: Emisión foliar pasada

La determinación del nivel de desarrollo de los síntomas de la enfermedad se realizará en cada una de plantas, sobre las hojas II, III y IV, contadas de abajo hacia arriba utilizando la escala de desarrollo de los estadios de la Sigatoka Negra (Según se presentó en la Figura 6).

También, se identifica el estado de desarrollo de la hoja candela, según la descripción de Brun (Figura 24), el cual se anota como la fracción decimal del total de hojas emitidas, por ejemplo: 10.4, para indicar el desarrollo de la hoja candela en 0.4.



Figura 24. Estado de desarrollo de la hoja candela, según Brun (1963)

Los datos se registran en el formulario del Cuadro 4

Cuadro 4. Hoja de cálculo suma bruta y estado de evolución.

Fecha: _____
No. Semana: _____
Lugar: _____
Observador: _____

PO	EFP	EFA	REF	CC	Estado de la			Hojas dañadas			Por coeficiente			
					II	III	IV		II	III	IV	II	III	IV
1								1-						
2								1+						
3								2-						
4								2+						
5								3-						
6								3+						
7								4-						
8								4+						
9								5-						
10								5+						
Suma								6-						
REFa								6+						
CCx2=CE														
REFp								Suma=						
REFx								SB=			SB-CE=			
								EE=						

Para la interpretación de los resultados, los datos del EE de cada semana son colocados en un gráfico a fin de obtener una curva que permite seguir la evolución de síntomas causados por el patógeno (Figura 25).

No existe un umbral crítico, la pendiente de la curva informa del aumento o la disminución del potencial de la enfermedad, lógicamente, mientras se pueda mantener el EE a bajo nivel, mejor sanidad tendrá la plantación. Para tomar la decisión de aplicar un fungicida se debe registrar un cambio en 200 unidades en la pendiente de la curva.

Para simplificar el número de datos a registrar, se pueden utilizar 5 plantas en vez de las diez del sistema original, y tomar 100 unidades de cambio entre una lectura y la siguiente como criterio para decidir la aplicación, en vez de 200 unidades.

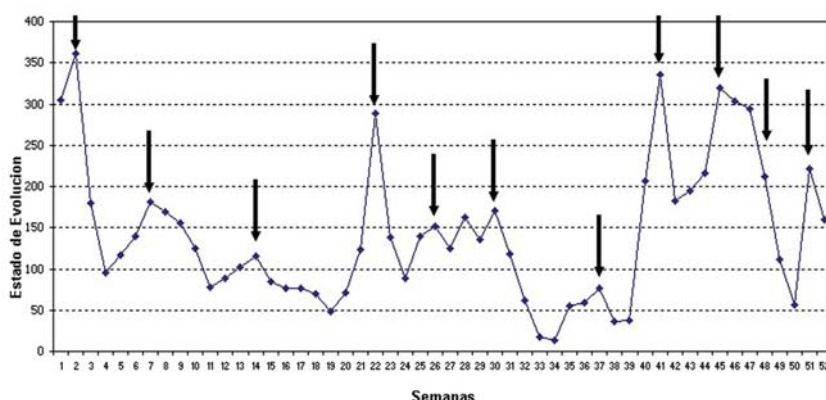


Figura 25. Curva de evolución de la enfermedad (EE). Las flechas indican aplicación de fungicidas.

6.6.2. El preaviso bio-meteorológico

Este sistema fue desarrollado por técnicos del Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanzas (CATIE) y CIRAD-FLHOR, en Costa Rica, para control de Sigatoka Negra en plantaciones de plátanos para exportación. Es una modificación del preaviso biológico, donde solo se calcula la Suma Bruta (SB) en la hoja 4, a cuyo valor se le llama Nivel de Infección en hoja 4 (NIH4).

Este sistema funciona en base a dos criterios, uno biológico que permite evaluar el grado de infección de la plantación y otro meteorológico, que consiste en la medición, mediante el pluviógrafo (Figura 26), de la duración acumulada de lluvia y sirve para toda una zona climática. Este criterio se acerca mucho a la duración de la humectación de la hoja principal factor que favorece la infección.



Figura 26. Pluviógrafo de sifón para medir intensidad, duración y frecuencia de las lluvias.

El criterio biológico se basa en la lectura de los estadios de síntomas (como se mostró en la Figura 6) para calcular la SB en la hoja 4 de 10 plantas. El criterio meteorológico consiste en calcular durante 6 semanas (42 días) precedentes a la lectura de NIH4, la duración acumulada de las lluvias (DLL).

El procedimiento que se sigue es el siguiente: se calcula la primera duración acumulada de lluvia mediante las bandas semanales de un pluviógrafo (Figura 27) desde el primero hasta el séptimo día inclusive (1ra semana). Sucesivamente se realiza el mismo cálculo para cada día de la segunda semana (del 8vo al 14vo inclusive). De la misma manera cada día de la tercera semana (del 15vo al 22vo día); del 23vo al 28vo día (significa DLL4, porque es la 4ta semana); del 29vo al 35vo (DLL5, porque es la 5ta semana) y del 36vo al 42vo (DLL6, porque es la 6ta semana).

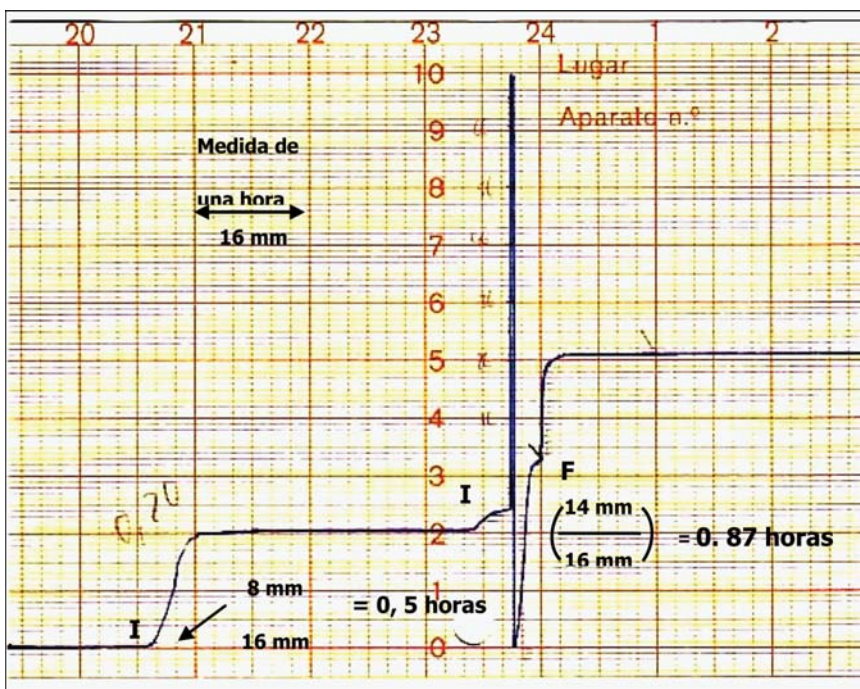


Figura 27. Banda del pluviógrafo para registro diario de lluvias

Para el cálculo de la duración de lluvia en la banda del pluviógrafo se procede según lo siguiente:

Marcar en la banda, con una **I**, el inicio de la lluvia y con **F** cuando finaliza. La lluvia se mide con una regla graduada en milímetros desde la marca **I** hasta la marca **F**, en una línea recta horizontal. Existen bandas para registros semanales y diarios, en consecuencia una hora es de 2.25 mm sobre una banda semanal y 16 mm sobre una banda de registro diario. Entonces, la medida de **I** hasta **F** se divide entre 2.25 o 16, según la clase de banda utilizada y así obtendremos la duración de lluvia en horas y fracción de horas.

La decisión de una nueva aplicación no puede intervenir antes de que haya pasado el efecto del tratamiento anterior; esto permite dejar un tiempo máximo al producto para su actuación. Esta decisión se toma cuando una de dos condiciones siguientes se cumple:

- El NIH4 aumentó por lo menos en 200 unidades en relación con la NIH4 de la semana anterior (si se utilizan 10 plantas de observación y 100 unidades si se utilizan 5 plantas).

- El valor de DLL5 sobrepasa la de DLL4 en por lo menos 5 horas y la DLL6 es ella misma superior a la DLL5 en 5 horas o más. Sin embargo, esta condición meteorológica se antepone a la de la NIH4, por lo que la decisión se toma cuando se cumplen las 5 horas de lluvias acumuladas.

Adaptar este método a las condiciones del país requiere de la identificación del criterio climático mas apropiado.

En Costa Rica, se emplea una modificación del método para pronosticar la Sigatoka en Banano, y consiste en determinar la SB en hoja 3, en vez de la hoja 4.

Cuadro 5. Formulario de registro del Nivel de infección en hoja No. 4 (NIH4)

Fecha: _____
 No. de semana: _____
 Lugar: _____
 Observador: _____

Estadíos de Manchas	Coeficientes de severidad	Plantas										Totales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
-1	20											
+1	40											
-2	60											
+2	80											
-3	100											
+3	120											
-4	140											
+4	160											
-5	180											
+5	200											
-6	220											
+6	240											
Suma Bruta												

6.6.3. El preaviso climático

Fue desarrollado en Guadalupe por técnicos franceses para la Sigatoka Amarilla. Este sistema relaciona observaciones climáticas de temperaturas y evaporación del agua, medida por el evaporímetro tipo PICHE (Figura 27). La evaporación se registra con evaporímetro meteorológico simple abrigado (AMPS), el cual integra cierto número de parámetros (viento, déficit de saturación del aire y temperatura) y refleja de manera adecuada el estatus hídrico sobre la hoja para el patógeno.

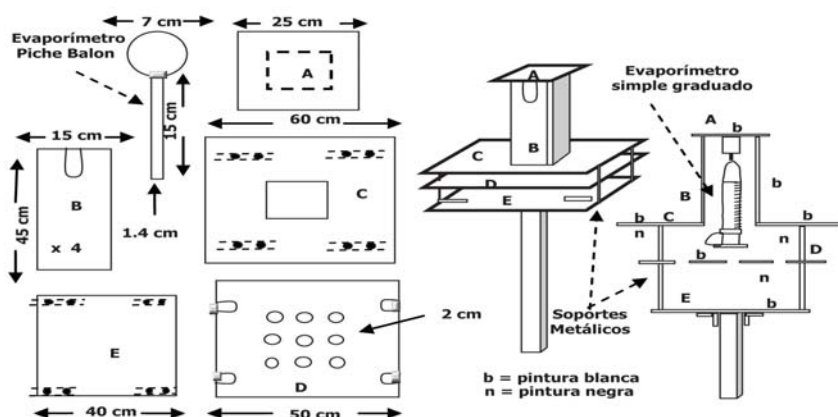


Figura 27. Modelo para la construcción del abrigo meteorológico simple (AMPS) para el evaporímetro Piche simple o de balón.

Se ha demostrado que la evaporación PICHE, permite explicar la evolución del patógeno bajo condiciones de temperaturas adecuadas. Así mismo, se pudieron establecer categorías de evaporación semanal que corresponden a condiciones más o menos favorables del desarrollo de la enfermedad, cuando la temperatura no es limitante (Cuadro 6)

Cuadro 6. Efecto de la evaporación PICHE y de Temperatura (SVDS) dentro el preaviso climático para Sigatoka Amarilla.

Evaporación PICHE en mm/ semana	SVDS (Suma de velocidades de desarrollo semanal)		
	Menos de 14000	14000- 15000	Más de 15000
Menos de 22	Desfavorable	+/- Favorable	Favorable
22 - 30	Desfavorable	+/- Favorable	Bastante favorable
30 - 40	Desfavorable	Poco favorable	Poco favorable
Más de 40	Desfavorable	Poco favorable	Desfavorable

Para el cálculo de la suma de velocidad de desarrollo semanal (SVDS) se utilizan termogramas obtenidos de registradores de temperatura colocados en casetas meteorológicas; éste se inicia a partir del último tratamiento de control realizado, multiplicando las horas registradas diariamente de cada temperatura por el coeficiente de velocidad de crecimiento del patógeno que corresponde a dicha temperatura. El producto se acumula semanalmente. Los

coeficientes de crecimiento del hongo se obtienen en laboratorio a diferentes temperaturas y se construyen tablas de coeficientes para la construcción de formularios modelos de registro.

También se han obtenido modelos de estimación de SVDS con la ecuación que relaciona la temperatura máxima y mínima, tal como $SVDS = K_i (T_{max}) + K_j (T_{min})$, donde las constantes K_i y K_j deben ser obtenidas para los casos particulares. Una vez establecidos este sistema de pronóstico, cuando las aspersiones se realizan con fungicidas sistémicos, se puede estimar la duración de eficacia del tratamiento a partir de la evaporación y de la SVDS. En las Antillas Francesas para Sigatoka Amarilla se ha determinado la duración de eficacia por la fórmula **$di = 0.5 Ep$** , donde di = duración de la eficacia, Ep = evaporación PICHE ponderada (evaporación Piche pasada + evaporación Piche Actual dividida por 2).

6.6.4. Metodología de Stover modificada por Gauhl (1989)

La evaluación de incidencia y severidad por medio de la metodología de Stover modificada, permite obtener información bastante detallada de la situación sanitaria de la plantación. El sistema consiste en una estimación visual del área foliar afectada en todas las hojas de las plantas próximas a floración o al momento de la floración, sin necesidad de bajar la hoja.

Para esta evaluación se toman en cuenta todas las hojas presentes excepto la hoja candela y las hojas dobladas, contando desde arriba hacia abajo. La hoja más cercana a la hoja candela se considera la hoja N° 1. El conteo se facilita considerando las distribuciones en espiral (pares e impares) de derecha a izquierda a partir de las hojas 1 y 2 (Figura 28), contando hacia abajo. Para determinar el área foliar afectada debe estimarse visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja y calcular el porcentaje de la hoja cubierto por los síntomas. Para esto es necesario contar con un patrón o modelo que divide la hoja en proporciones porcentuales, como se muestra en la Figura 29.

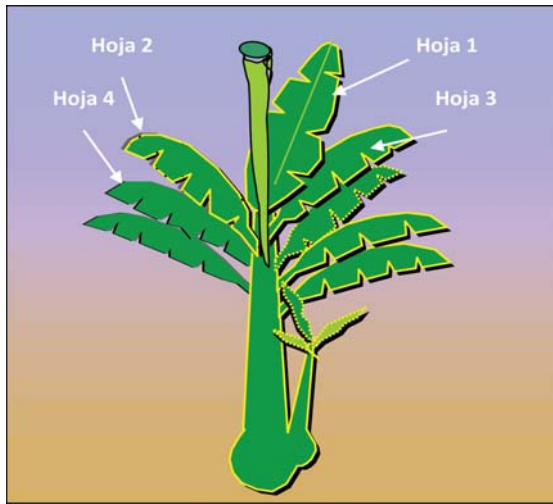


Figura 28. Conteo de hojas en espiral (par e impar) de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda

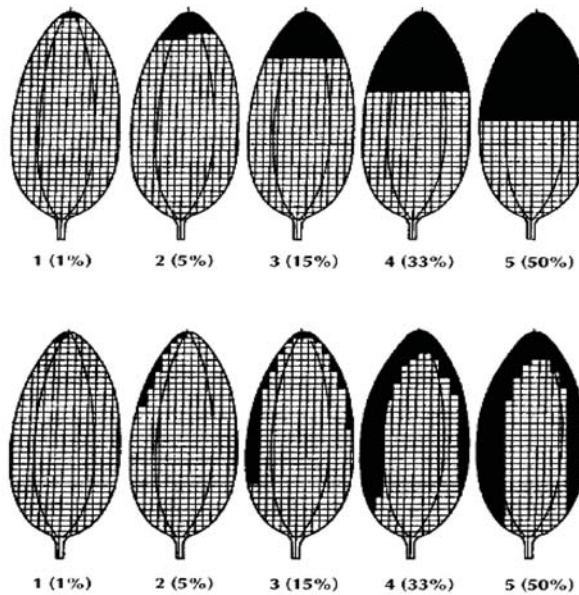


Figura 29. Escala de Stover modificada por Gaulth (1989).

Para el cálculo se obtiene el total de hojas por planta (TH), que en este ejemplo corresponde a la posición de la hoja indicada en las casillas coloreadas de verde, la Hoja Más Joven Enferma (HMJE), representada en las casillas de amarillo y el índice de infección ponderado (IND), que se obtiene de la sumatoria de todos

los grados (se encuentran debajo de línea coloreada de azul), las cuales se multiplican por sus respectivos grados de infección de la escala (se encuentran debajo de la fila coloreada de naranja) y el cálculo es como sigue: $IND = \text{Total} / \sum TH * 6 \times 100$ y en el ejemplo es 6.32% si se expresa en %. Este valor no tiene unidades, cuando no se multiplica por 100 y se recomienda mantenerlo debajo de 0.2 para evitar pérdidas del rendimiento y madurez de frutas.

La HMJE tiene una relación inversa al total de hojas sanas, mientras más bajo, mayor es la severidad de la enfermedad y mayores los riesgos de madurez prematura por lo que se quiere que el valor de la HMJE sea igual o mayor que 10 al acercarse la floración (Cuadro 7).

Cuadro 7. Formulario para el registro de evaluación de la Incidencia y severidad.

Fecha: _____

Lugar: _____

Observador: _____

Planta	Número o posición de hoja																TH	HMJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2					11	8
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2				12	11
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2				12	11
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3			13	11
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3			13	11
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2					11	9
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2				12	11
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2				12	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3			13	10
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2				13	11
	ΣG0		ΣG1		ΣG2		ΣG3		ΣG4		ΣG5		ΣG6		ΣTH		122	103
	91		14		12		3								Prom.		12.2	10.3
ΣG0*0		ΣG1*1		ΣG2*2		ΣG3*3		ΣG4*4		ΣG5*5		ΣG6*6		Total		ΣTH*6		IND
0		14		24		9								47		732		6.42

Con los valores de TH y HMJE se puede construir un gráfico, colocando en el eje vertical el número de hojas desde 1 hasta 12 de arriba hacia abajo y en el eje horizontal las semanas y marcando un umbral de 10 hojas sanas, podremos dividir tres zonas importantes, a la izquierda zona de riesgo de madurez, no cosechar esta fruta, pues ambos TH y HMJE caen arriba de la línea de umbral, los valores de TH y HMJE están muy cerca de la línea que marca el umbral de hojas sanas, al centro, cosecha la fruta con prueba minuciosa de madurez y recomendación de medidas de control de la enfermedad, y a la derecha la zona de cosecha segura. Ambos valores de TH y HMJE están muy por debajo de la línea umbral.

7. MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA

El control de la Sigatoka Negra, debe ser basado en un sistema de manejo integrado del cultivo. Todo el esfuerzo para el control de la enfermedad ha sido a base de productos químicos. Sin embargo, otras prácticas de manera integrada deben ser consideradas, como: a) reducción de fuentes de inóculo (saneamiento), b) prácticas culturales para crear ambientes desfavorables a la

enfermedad, c) labores culturales que favorecen la respuesta de la planta al ataque de los patógenos, d) siembra de clones resistentes y e) otras posibilidades de control no menos importantes.

7.1. Reducción de fuentes de inóculo

Las parcelas de plátano y bananos donde no se realizan las prácticas de manejo adecuadas constituyen la principal fuente de inóculo de la enfermedad, en un determinado ámbito. Por esta razón, estas parcelas deben ser manejadas adecuadamente y si no es posible, eliminarlas.

Dentro de cada plantación, las hojas infectadas son la fuente principal de inóculo, por lo cual es necesario mantener las plantas libres de hojas infectadas mediante labores de deshoje permanente. Hojas que muestran más de la mitad de la lámina afectada deben ser removidas completamente, en cambio aquellas hojas donde el daño es menor es preferible remover solo el tejido afectado. Merchán y Chavarriaga (1994), comprobaron que la Sigatoka Negra se maneja con deshoje fitosanitario; recomiendan deshojar cada dos semanas en época lluviosa y cada cuatro en época seca, en las condiciones de Colombia.

El deshoje fitosanitario, consiste en eliminar hojas o secciones de ellas que presentan síntomas de la enfermedad. El objetivo es romper o atenuar el desarrollo de un nuevo ciclo de la enfermedad y reducir nueva fuente de inóculo.

En la República Dominicana, es común que productores de plátano no realizan deshoje fitosanitario (Figura 30), por la creencia de que así se conserva la humedad en la plantación en momentos de sequía y las plantas sufren menos estrés. Sin embargo, según Merchán (1994) el deshoje oportuno reduce significativamente la generación de inóculos en las plantaciones.



Figura 30. Plantación de plátano Macho x Hembra del Cibao Central sin deshojar.

Existen formas de realizar el deshoje, según la parte que se elimina de la hoja. Se denomina cirugía, despunte y deslaminado, si son eliminadas secciones específicas de la hoja, donde se concentran lesiones del hongo ubicadas en bordes, punta o cerca de la nervadura central. Deshoje moderado, el cual consiste en la eliminación parcial de la hoja, cuando presenta 16 a 33 % de área foliar afectada. Deshoje leve, eliminación de la hoja cuando presenta sobre 50 % de área foliar afectada (Calvo y Bolaños 2001).

La escala de Stover modificada por Gaulh (1989), sirve como referencia para guiarse en la ejecución de las formas de deshoje. Los grados 1 al 3 requieren "cirugía", despunte y deslaminado, 4 al 6 deshoje moderado y leve. Calvo y Bolaños (2001), señalan que con cirugía, despunte, deslaminado y deshoje moderado la severidad de la enfermedad disminuye. Las tres primeras formas de deshoje son progresivas y demandan mayor tiempo de ejecución. En estos casos se requiere de personal capacitado para no suprimir tejido foliar fotosintéticamente necesario para la planta.

El deshoje leve no requiere supervisión ni personal especializado, pero esperar esta condición de la enfermedad en las hojas aumenta los niveles de inóculo, por realizarse en momento que hay mayor cantidad de manchas maduras.

Investigaciones realizadas por el IDIAF demuestran que el deshoje severo, dejando 7 hojas funcionales por un período de 4 meses previo a la floración, reduce la severidad de la enfermedad y los rendimientos, demostrando con ello que en la práctica de deshoje sanitario hay que considerar un número de hojas funcionales mayor que 7, para no afectar la producción.

Otra labor para reducir fuente de inóculo interno en la plantación y disminuir los efectos de la enfermedad fue la práctica de apilar los rastrojos producto del deshoje (Figura 31 A). Con esta práctica, al final de un ciclo de producción se demostró una reducción de la severidad de la enfermedad, lo que sugiere que en una plantación para varios ciclos de producción, puede ser considerada. La aplicación de urea y otros productos a los residuos infestados sobre el suelo pueden ser considerados para acelerar la descomposición de los mismos y reducir la fuente de inóculo (Figura 31 B).

Las hojas o porciones de hojas removidas pueden ser picadas y depositadas en el suelo, para su descomposición y de ese modo proporcione materia orgánica al suelo o pueden ser utilizadas para la preparación de abonos orgánicos como el compost, bocashi, etc. Simplemente quitar las hojas infectadas (deshojar) y ponerlas en el suelo puede reducir significativamente la eficacia de emisión de las ascosporas.



Figura 31. Prácticas para reducción del inóculo interno en las plantaciones. A) Apilamiento de las hojas, B) Aplicación de urea sobre las hojas no apiladas.

7.2. *Prácticas culturales que crean condiciones desfavorables a la enfermedad*

Los procesos de germinación de esporas y su posterior penetración a las hojas son condicionados por factores ambientales, básicamente la presencia de una alta humedad o agua libre en la superficie de las hojas. Por tal razón, las medidas que reduzcan la humedad ambiental dentro de la plantación influirán negativamente sobre el patógeno. Estas medidas incluyen:

- Mantenimiento del sistema de drenajes (Figura 32).
- Control de malezas. Además de competir por nutrientes y espacio, por efecto de la transpiración incrementan también la humedad ambiental, favoreciendo los procesos de germinación de esporas e infección de la planta por el patógeno.
- Deshijes permanentes para mantener el número adecuado de plantas y en forma ordenada.



Figura 32. Drenaje eficiente

7.3. Labores culturales que favorecen la respuesta de la planta ante la enfermedad

Se refiere básicamente a la fertilización. El plátano y los bananos son exigentes especialmente en potasio y se ha demostrado que la aplicación de este elemento mejora considerablemente la respuesta de la planta frente a la Sigatoka Negra. Por esta razón, es recomendable aplicar este y otros nutrientes de acuerdo a lo indicado por los análisis de suelos y plantas para suplir las dosis balanceadas que correspondan a sus requerimientos; por otra parte, se recomienda reciclar todos los insumos extraídos por las plantas incorporando al suelo todas las partes de plantas como hojas, seudotallos, raquis de los racimos, etc., directamente al suelo, previamente picados o como abonos orgánicos descompuestos.

La Figura 33, muestra una plantación donde se realiza deshoje fitosanitario, control de malezas. Sin embargo, se observa un pobre desarrollo de las plantas, debido a un pobre programa de nutrición. Lo que apoya la recomendación de manejo integrado del cultivo y no solo del manejo de la enfermedad.



Figura 33. Plantación de plátano con programa de fertilización deficiente.

Las técnicas de manejo como el espaciado adecuado, permite una densidad de plantas no competitiva que desfavorece la enfermedad al crear un microclima menos húmedo dentro de la plantación. En este sentido los trabajos realizados en el IDIAF recomiendan densidades entre 2,480 y 2,670 plantas/ha, en la parte Occidental del Cibao (Figura 34), y en la parte sur de la isla. Entre 2,000 y 2,400 plantas/ha en la zona Central del Cibao, con un sistema de siembra en doble hileras.

Para efficientizar el control de la enfermedad, se recomienda mejor drenaje de excesos de agua y buena circulación de aire, mejor manejo de malezas y quitar las hojas que están severamente enfermas, o partes de ellas.



Figura 34. Plantación de plátano Macho x Hembra plantada con el sistema de siembra a doble hileras y densidad de 2,670 plantas/ha.

7.4. Siembra de clones resistentes a la Sigatoka Negra

La siembra de variedades resistentes provee el medio ideal para el control de plagas y enfermedades. El uso de cultivares resistentes constituye en efecto el único medio práctico de controlar la Sigatoka Negra, tanto para la protección del medio ambiente como para el agricultor pequeño o de subsistencia porque los fungicidas en general son muy caros para ellos. Utilizando los procedimientos de evaluación estándar, los genotipos de banano fueron clasificados en tres categorías: 1) cultivares altamente resistentes caracterizados por un bloqueo temprano de la infección foliar (interacciones incompatibles), 2) cultivares parcialmente resistentes que exhiben una evolución lenta de los síntomas (reacciones compatibles) y 3) cultivares susceptibles, caracterizados por un desarrollo rápido de las lesiones necróticas (reacción compatible).

Se han obtenido clones con niveles apreciables de resistencia, por ejemplo en la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) se han obtenido clones tetraploides con características tipo banano (FHIA 01, FHIA 02, FHIA 18, FHIA 23), plátano (FHIA 21, FHIA 20) y bananos de cocción (FHIA 03, FHIA 25).

En nuestro país, algunos de estos genotipos de la FHIA y otros procedentes de otros centros de mejoramiento, han mostrado su tolerancia, pero no han tenido la aceptación esperada debido a sus características físicas, organolépticas, maduración prematura en campo, corta vida de anaquel, que no los hacen atractivos para el mercado.

Es probable que estos clones puedan ocupar nichos geográficos y comerciales especiales, como el caso de FHIA 21 producido a gran escala especialmente con fines de transformación, pero que ya comienza a ser demandado por productores y consumidores en mayor proporción para consumo fresco.

Hay que destacar, que para este clon de plátano (FHIA 21, Figura 35), los resultados obtenidos por el IDIAF, su comportamiento es altamente productivo; al sembrar 155 plantas/ta (2,480 plantas/ha), podando el racimo y dejando 6 manos, se pueden conseguir 10,000 plátanos de primera. Algunos productores consultados han manifestado su satisfacción por la rentabilidad obtenida con el uso de este clon.

Sin embargo, algunos clones que se cultivan tradicionalmente en el país muestran niveles importantes de tolerancia en zonas climáticas desfavorables para el desarrollo de la enfermedad, como ha sido el caso de los clones de plátano Macho por Hembra, que se ha cosechado satisfactoriamente, en Montecristi, Azua y otras zonas con similares condiciones climáticas; producido con buenas prácticas de manejo agronómico, sin la necesidad de usar productos químicos en el control de la enfermedad.



Figura 35. Plantación de plátano FHIA 21 en el Cibao Central plantada con el sistema de alta densidad en hileras simples.

7.4.1. Consideraciones sobre los cultivares resistentes

Aunque existen cultivares resistentes de plátanos y bananos disponibles, muchas veces son inaceptables a las preferencias locales. Una prioridad de los centros internacionales de investigación es el desarrollo de cultivares resistentes aceptables.

Sin embargo, obtener resistencia a enfermedades es especialmente difícil con los bananos. Los cultivares comerciales son autotriploides (AAA), es decir que tienen tres combinaciones genéticas del complemento de cromosomas en vez de dos que tienen las especies diploides silvestres. Aunque este complemento adicional de cromosomas transmite características comerciales favorables como la falta de semillas (diferente al de las especies diploides silvestres

(Figura 36)), y también un mayor tamaño de la planta y la fruta, el nivel alto de esterilidad constituye un obstáculo importante para los fitomejoradores de las musáceas.



Figura 36. Frutos con semillas de un banano diploide. (R. Ploetz)

Otro factor importante que limita la obtención de clones de interés comercial es el tiempo de una generación de banano a otra (de semilla a semilla) que resulta de tres largos años. Sin embargo, el país cuenta con los acuerdos necesarios para probar materiales mejorados en otros países, en este sentido el IDIAF tiene una colección de musáceas y realiza pruebas de comportamiento regionales de diferentes clones con resistencias a plagas y enfermedades.

A pesar de estos obstáculos, los esfuerzos por obtener clones con características deseables de producción y consumo se centran en la ingeniería genética y para esto la Red para el Mejoramiento de Bananos y Plátanos (Bioversity International, antes INIBAP) ha conformado el grupo Genómico Consultivo, con sede en Francia.

7.5. Otras posibilidades de control

7.5.1. Control Biológico

Actualmente se están realizando estudios sobre la efectividad de diferentes microorganismos, especialmente bacterias, entre ellas algunas de los géneros *Serratia* y *Bacillus* con capacidad glucanolítica y quitinolítica, como agentes de control biológico de la Sigatoka Negra.

7.5.2. Inducción de resistencia

Se han evaluado organismos que inducen resistencia sistémica de la planta frente al ataque de *M. fijiensis*, entre los cuales se encuentran aislamientos de *Pseudomonas fluorescens*, *P. cepacia* y *Trichoderma harzianum*, observándose

un mejor desarrollo de las plantas y una menor severidad de la enfermedad cuando son tratadas con estos microorganismos. Se han probado varias bacterias epifíticas (incluyendo *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Serratia* spp.) para el control de *M. fijiensis*, pero aún la investigación del control biológico está en sus etapas preliminares.

Otros trabajos que se llevan a cabo, son los relacionados al uso de extractos botánicos, que han resultado promisorios en manejo de la Sigatoka Negra. La Doctora A. S. Riveros en CATIE, Costa Rica, ha obtenido extractos a partir de las plantas *Momordica charantia* y *Senna reticulata*, pertenecientes a las familias cucurbitáceas y fabáceas respectivamente, con resultados significativos en el control de la Sigatoka Negra. El IDIAF probó estos productos en dos localidades con diferentes condiciones agroecológicas, con resultados similares en el comportamiento del estado de evolución de la Sigatoka Negra, al compararlo con un fungicida protectante (Mancozeb 60 SC). Sin embargo, estos resultados son preliminares.

Aunque los métodos de control biológico y la inducción de resistencia son deseables, principalmente para la protección del ambiente, su aplicación con éxito probablemente será difícil por si solo porque la Sigatoka Negra es una enfermedad policíclica y el tejido susceptible de las musáceas está presente todo el año. Las investigaciones dirigidas al desarrollo de métodos de control biológico para la Sigatoka Negra han sido limitadas porque los controles químicos, que son altamente efectivos y económicos, son de fácil acceso para los productores comerciales.

7.5.3. Cuarentena y sanidad

Las medidas adecuadas de cuarentena y sanidad pueden proveer alguna protección contra los dos medios comunes de dispersión a larga distancia del inóculo (las hojas y los rizomas). Hojas contaminadas de plátano frecuentemente han sido usadas para proteger las frutas de plátano y banano cuando son transportadas por camión. Sin embargo, las recientes prohibiciones de cubrir las cargas con hojas de las musáceas han reducido el riesgo de diseminación e la enfermedad. Otra disposición cuarentenaria ha sido la prohibición del transporte de material de siembra y la promoción de programas locales de producción de plantas, tales como: el establecimiento de viveros para producción de plantas en fundas de polietileno, uso de vitroplantas y la distribución intrazonal de cepas con selección clonal.

Se debe prestar mucha atención a la importación no regulada de materiales de siembra, que puede favorecer la introducción de otras enfermedades y plagas que no están presentes en el país como la *Mycosphaerella eumusae* (Anamorfo *Septoria eumusae*) o plagas que destruyen el follaje y perforan el seudotallo. Hay medidas de cuarentena en algunos lugares y países donde la *M. fijiensis*

no está establecida o está limitada a ciertas áreas donde estos esfuerzos por detener su introducción aún permanecen.

7.6. Control químico

Desde que las sigatokas se convirtieron en epidemias, la medida de control más utilizada ha sido el uso de moléculas químicas (fungicidas) aplicadas al follaje; sin embargo, una alta proporción de productores en relación al volumen de producción mundial para el consumo local (90%) no acude a este sistema de control por razones económicas. Por esto, el control químico se limita a aquellas plantaciones que pueden cubrir los costos.

Los fundamentos sobre los que se basan las estrategias de lucha química contra los hongos que causan las sigatokas radican en la importancia relativa de conidios y ascosporas en ciclo de infección, su forma de dispersión, formas de infección y distribución en las hojas, la biología de las plantas, la eficacia relativa del aceite, los fungicidas sistémicos y de contacto sobre las estructuras reproductivas de los hongos y la evolución de síntomas en las hojas.

El principio de control consiste en interrumpir en uno o mas puntos el ciclo de los patógenos para reducir la cantidad de esporas producidas, se aplican los siguientes criterios: detener la producción de cuerpos fructíferos aun cuando ya ha ocurrido la infección, envenenar las esporas o cuerpo fructíferos y aumentar la resistencia de la hoja o hacerla inhibidora a la invasión del hongo de manera que la infección no pueda ocurrir o sea mayormente reducida.

7.6.1. Productos utilizados

Las aspersiones se realizan utilizando fungicidas, aceite mineral y emulsificantes. Los fungicidas se pueden aplicar en mezcla con aceite puro o en emulsión de agua-emulsificante-aceite. Cuando se mezcla con aceite puro el volumen de aplicación varía entre 10 y 22 litros/ha, cuando la mezcla en emulsión el volumen total de aplicación puede variar entre 22 y 80 litros/ha. Los inductores de resistencia son otra línea de productos, aunque hace mucho estudiadas, su desarrollo es reciente.

7.6.2. Aceites agrícolas

La contribución del aceite mineral en el control de la Sigatoka Negra ha sido reconocida desde hace mucho tiempo y se conoce que tiene un efecto inhibitor sobre el patógeno; además, favorece la penetración de los fungicidas y la tenaz permanencia sobre la superficie del follaje que los previene del lavado.

Los trabajos pioneros sobre uso de aceites en control de la Sigatoka Amarilla por parte de los franceses permitieron fijar los parámetros de su calidad de refinamiento. Los aceites para el control de sigatoka deben reunir características especiales en cuanto a residuo desulfurado (RD), viscosidad y por ciento de aromáticos. En este orden, la fototoxicidad disminuye cuando aumentan los

valores de RD, a medida que aumenta la viscosidad incrementa el control de la enfermedad y los riesgos de fototoxicidad y a mayor porcentaje de aromáticos, mayor es la fototoxicidad.

El aceite ejerce un efecto fungistático sobre el hongo, que prolonga el avance desde los estados iniciales hacia necrosis en el desarrollo de la enfermedad. Se recomienda volúmenes de aplicación que varían entre 10 y 22 litros/ha en tratamiento de aceite solo, mostrando buena eficacia en el control de la Sigatoka Negra. Emulsiones de aceite en agua son aplicados de 15 a 22 litros/ha de volumen total conteniendo 5 a 10 litros de aceite.

Es opinión de los franceses, de que para aprovechar el efecto fungistático del aceite, la dosis de aplicación no debe ser menor de 10 litros/ha, ni superior a 12 litros, y mezclar el aceite con fungicidas sistémicos es de imperiosa necesidad; independiente a otros beneficios, para favorecer la penetración. Pérez (1996) recomienda no aplicar más de 120 litros/ha/año, para evitar la fototoxicidad por acumulación de aceite

7.6.3. Fungicidas de contacto o protectores

Son productos que no penetran en la hoja, su acción es estrictamente superficial. Se requiere de una distribución uniforme con la finalidad de formar una capa protectora que evite al hongo penetrar a la hoja. Debe estar presente antes de la llegada del patógeno (Figura 37).

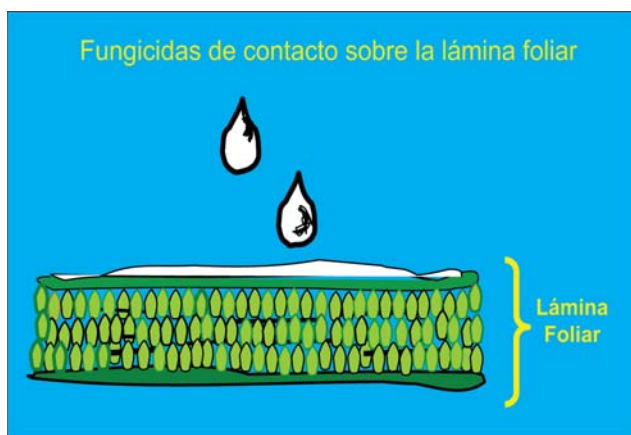


Figura 37. Fungicida de contacto sobre la superficie de la hoja

El modo de acción de estos fungicidas es multisitio (Figura 38), por lo que la probabilidad de que el hongo obtenga resistencia es bastante baja. La familia química más utilizada es la de los Ditiocarbamatos, a la que pertenecen el Maneb, Zineb y Mancozeb, que se emplean a razón de 1,000 y 1,500 gramos de

ingrediente activo (g.i.a.) por hectárea. La dosis del producto comercial varía con la formulación, que viene desde polvo mojable, floable y suspensiones en aceite.

Otro fungicida protectante es el Clorotalonil, que no puede ser aplicado en mezcla con aceite porque resulta fitotóxico, se aplica solo en agua a razón de 875 y 1,000 g/ha y la dosis del producto comercial varía también con la formulación.

Con respecto a los Ditiocarbamatos, Pérez (1996) recomienda aplicarlos solo en los periodos más secos y/o fríos cuando la presión de la infección es muy baja. Destaca que en épocas lluviosas y calientes, su eficacia en contra de la Sigatoka Negra no va más allá de una semana. Sobre el Clorotalonil señala que no se ajusta al preaviso biológico y bioclimático.

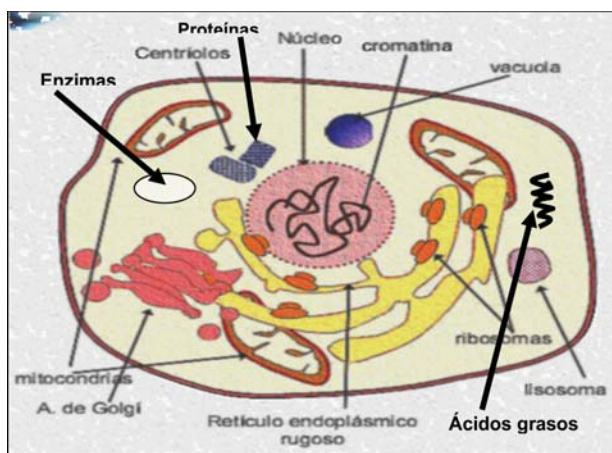


Figura 38. Sitios de acción de los fungicidas protectores en las células del hongo.

7.6.4. Fungicidas penetrantes o de acción sistémica local

Este es un grupo intermedio de fungicidas que penetran en las hojas pero no se traslocan al resto de la planta (Figura 39). Este grupo de fungicidas está representado por la familia química de las Morfolinas e incluye los fungicidas Tridemorph y Fenpropimorph.

Por su modo de acción se ubican entre los inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE's, grupo 2), que se produce en el retículo endoplasmático rugoso en la célula. Interfiere, además, las vías metabólicas de las proteínas, lípidos y carbohidratos de varios hongos (Figura 40). Se aplica en dosis de 450 g.i.a/ha y puede ser aplicado en emulsión o en aceite puro.



Figura 39. Fungicida de acción sistémica local penetrando la hoja

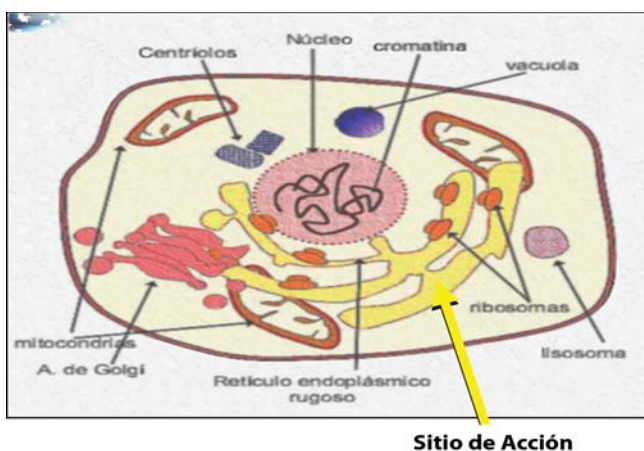


Figura 40. Sitio de acción de las Morfolinas.

7.6.5. Fungicidas sistémicos

En el control de la Sigatoka Negra se han convertido en los más importantes, debido a las características terapéuticas y su efecto residual prolongado que poseen, por su penetración y translocación en las plantas (Figura 41). Son fungicidas muy específicos, generalmente actúan en un solo paso en la fisiología del patógeno. Esto incrementa la posibilidad de generar resistencia a estos productos. Existen tres familias químicas de importancia en este grupo: Benzimidazoles, Triazoles y Estrobilurinas



Figura 41. Penetración y translocación de los fungicidas sistémicos

7.6.5.1. Benzimidazoles

Los primeros fungicidas sistémicos utilizados en el control químico de la Sigatoka. Los principales productos de esta familia son: Benomyl, Metiltiofanato, Tiabendazol y Carbendazim. El más utilizado ha sido el Benomyl en dosis de 140 g.i.a./ha (280 gramos de producto comercial (PC), el mismo ha dejado de ser fabricado por la empresa original Dupont. El Tiabendazol, se ha reservado para el tratamiento poscosecha contra pudrición de corona en las frutas de banano, junto al Imazalil.

Su modo de acción es a nivel de la mitosis, impidiendo las divisiones nucleares y celulares (Figura 42), al actuar en las proteínas llamadas tubulizas, que son componentes importantes de los microtúbulos del huso acromático formado durante la profase y metafase. Si los microtúbulos no se forman la mitosis no tiene lugar, y el hongo no se reproduce. Por su modo de acción en un solo sitio y a causa de uso continuo de benomyl, ya se ha reportado la pérdida de sensibilidad del hongo.

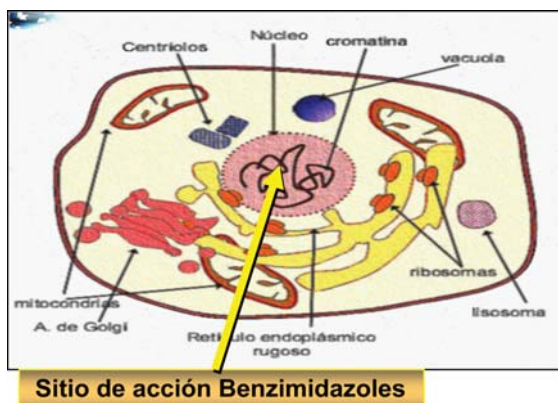


Figura 42. Sito de acción de los Benzimidazoles

7.6.5.2. Triazoles

Son otra serie de fungicidas sistémicos que inhiben la síntesis de los esteroides. Actúan en la biosíntesis de ergosterol (DMI's grupo 1), pero en lugar diferente a las Morfolinas. Comprenden los Grupos de Imidazole (Imazalil y Prochloraz), Pyrimidine (Nuarimol, Triadimefon, Triadimenol y Bitertanol) y el grupo propio de Triazoles (Propiconazol, Flusilazole, Diniconazole, Hexaconazole, Cyproconazole, Tebuconazole, Fenbuconazole, Epoxiconazole, Difenconazole, Myclobutanil y Metconazole). Actúan específicamente en el proceso de dimetilación por lo que son llamados DMI's (Figura 43).

Por la acción inhibitoria de la biosíntesis del ergosterol en sitios exactos, estos fungicidas se dividen en dos grupos: los DMI's o grupo 1 y los IBE's grupo2, entre estos no existe problemas de resistencia cruzada, pero si entre los de un mismo grupo.

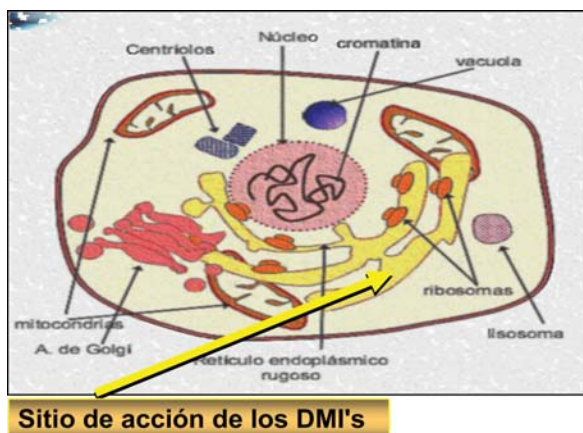


Figura 43. Sitio de acción de los inhibidores de la dimetilación (Triazoles).

7.6.5.3. Estrobilurinas

Estos fungicidas pertenecen a la más reciente generación de sistémicos y corresponden a fungicidas naturales encontrados en hongos *Oudemansiella mucida* y *Strobilurus tenacellus*. Sin embargo, existen reportes de reducción de sensibilidad en el patógeno. Actúan en un solo sitio a nivel de las mitocondrias inhibiendo la respiración, al perturbar el transporte de citocromos en las células (Figura 44).

A este grupo pertenecen la Azoxystrobin y Trifloxystrobin, los cuales se aplican de 100 a 75 g.i.a./ha o 0.4 a 1.0 litro de pc/ha, respectivamente.

Resulta evidente que existen tres grupos de fungicidas sistémicos que pueden ser alternados en programas de aplicación de sustancias químicas contra la Sigatoka Negra, sin peligro que exista resistencia cruzada entre ellos.

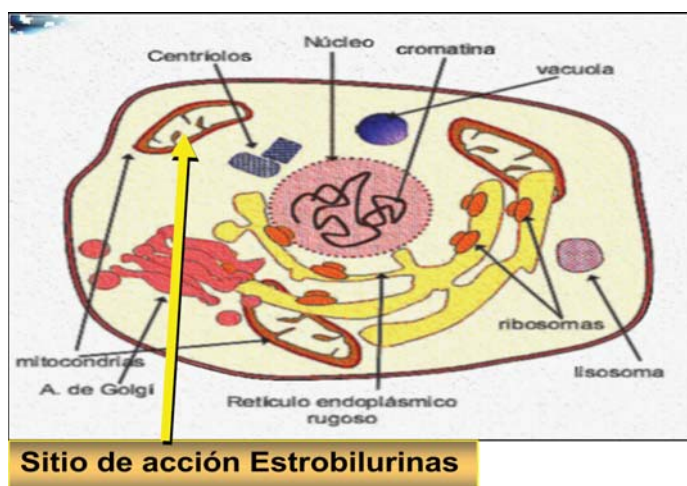


Figura 44. Sitio de acción de las Estrobilurinas

8. ACTIVADORES DE RESISTENCIA Y FUNGICIDAS DE ORIGEN NATURAL (RESISTENCIA SISTÉMICA ADQUIRIDA O INDUCIDA) A NIVEL COMERCIAL

Los mecanismos de autodefensa en las plantas se han venido estudiando desde hace unos 100 años, solo recientemente se ha puesto más énfasis en su posible utilización en un manejo integrado de las enfermedades. En 1989, investigadores de Ciba-Geigy descubrieron al Acibenzolar-S-methyl (CGA 245704), un producto sintético, como un inductor efectivo del mecanismo de autodefensa natural de la planta dando lugar al fenómeno conocido como Resistencia Sistémica Activada (SAR, de systemic activated resistance), que torna a las plantas más resistentes a los patógenos.

Este fue desarrollado para la protección de diferentes cultivos contra enfermedades producidas por diferentes patógenos (Ruess *et al.* 1995). En 1996 el producto se introdujo en Alemania con el nombre comercial de Bion 50 WG. Luego de su aplicación BION penetra y es distribuido rápidamente en la planta. Se moviliza en forma acopétala y basipétala. Se asume que BION se enlaza a alguna molécula en la planta y luego activa una respuesta de defensa en la planta sin previa infección por el patógeno, tal como la induce el ácido salicílico pero como resultado de su síntesis ante la respuesta de la planta (señal) a la infección por un patógeno.

Otra línea en la que están orientadas algunas firmas de agroquímicos es en aislar sustancias o sintetizar similares a las producidas por las plantas y que cumplen un rol fundamental en el mecanismo de autodefensa.

9. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE APLICACIÓN

En la preparación de la mezcla hay que considerar varios aspectos, para que no existan reacciones químicas indeseables que inhiban la efectividad del tratamiento y en consecuencia pérdidas económicas. En este sentido, existe un orden de preparación de las mismas dependiendo si el producto es sistémico o protectante.

Mediante una formulación apropiada también se pueden mejorar importantes propiedades de los productos fitosanitarios, como la retención, la penetración, su resistencia al lavado por lluvia o su comportamiento de dispersión, para que el principio activo pueda desplegar su efectividad biológica óptima. Durante todo el proceso de desarrollo de una formulación se examinan criterios tan importantes como la fitocompatibilidad, el comportamiento ecológico y su toxicidad. Para poder cumplir con todas estas exigencias contamos con una amplia gama de formulaciones: concentrados emulsionables (EC), emulsiones de aceite en agua (EW), líquidos solubles (SL), suspensiones concentradas (SC) y gránulos dispersables en agua (WG) y últimamente las suspensiones de encapsulado (CS), las suspoemulsiones (SE) y las dispersiones en aceite (OD) o granulados que recién al diluirse en el tanque de aplicación forman una emulsión o suspensión.

Todos los tipos de formulaciones tienen que ser evaluados sobre su miscibilidad con otros productos fitosanitarios, fertilizantes y aditivos. Además, es preciso garantizar su efectividad biológica y fitocompatibilidad también en mezclas.

Como cada formulado constituye por sí mismo un sistema finamente ajustado, en la mezcla de tanque con otras formulaciones pueden producirse interacciones más o menos desfavorables. En el peor de los casos, después de la mezcla, todo el caldo se arruina por gelificación, floculación o sedimentación. Para el aplicador, esto significa que es indispensable observar las recomendaciones autorizadas de mezclado.

Para fungicidas sistémicos, el orden de Preparación es el siguiente:

Triazoles (Baycor, Indar y Anvil)

Aceite + emulsificante + fungicida + 1/3 agua, agitar + resto de agua

Tilt, Sico y Folicur: Es recomendable aplicarlos en suspensión con aceite por mayor estabilidad de la mezcla. El Orden es, Aceite + Fungicida.

Bankit:

Aceite + emulsificante + 50% de agua + Bankit + resto de agua y agitar por 10 min.

Calixín y Benlate

Aceite + emulsificante + Calixín/Benlate + 50% de agua + resto de agua

El caso de los protectantes es como sigue:

Ditiocarbamatos (Vondozeb DG). (con 5-9 L de aceite)

Aceite + emulsificante + 50 % de agua + Vondozeb DG + resto de agua

9.1. Emulsión invertida (Técnica invertol)

Este es un tipo de mezcla en la que el orden normal en que se mezclan el agua, aceite y fungicida se invierten (Figura 45), tiene la ventaja de que la solución agua-fungicida queda protegida por la capa de aceite y de esta forma resiste el lavado por las lluvias. El orden es el siguiente: Aceite 50% del volumen total + emulsificante + AL-100-TS + fungicida + agua y agite por 10 min.

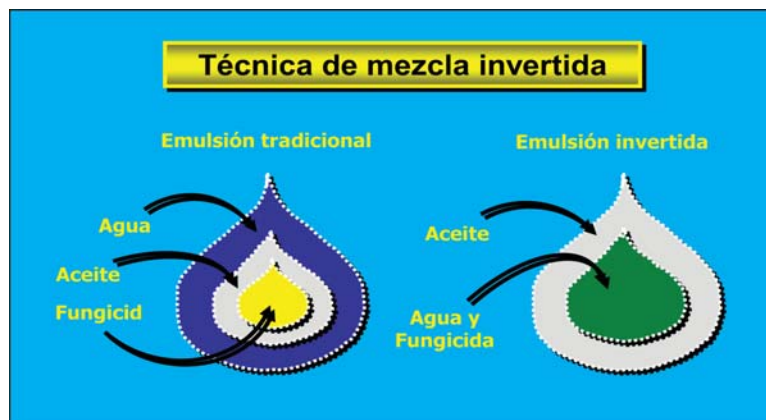


Figura 45. Mezcla en emulsión tradicional la izquierda y a la derecha la emulsión invertida.

9.2. Observaciones en la preparación de la mezcla

En la preparación de la mezcla se deben observar algunas características:

- Evaluar la estabilidad física:

No debe haber separación de los componentes de la mezcla a los 30 minutos de preparada.

- Evaluar el pH y dureza de las aguas:
Rangos máximos de pH: 5-7, óptimo de 5.5-6.5
Dureza de agua: CaCO_3 (menor de 75 mg/L)

9.3. Volumen de aplicación

Aplicaciones aéreas:

Para grandes extensiones, se usan aviones o helicópteros, cuyo volumen de aplicación comprende entre 12 y 25 L/ha. Esta se realiza con equipos de alta presión y atomizadores (rotatorios o de boquillas). Las aplicaciones aéreas se orientan con sistema de bandereo y modernamente con el sistema de posicionamiento geográfico (GPS), para mayor precisión.

Aplicaciones terrestres:

Generalmente, se utiliza en pequeñas plantaciones y en focos infecciosos de grandes extensiones. El volumen de aplicación esta en función de la formulación de la mezcla:

Mezclas en emulsión: 30 a 60 L/ha

Mezclas en suspensión: 15 L/ha

Se utilizan equipos de aspersión motorizados de espalda o estacionarios. La neblina debe salir a través de la sombra de las hojas y caer como si fuera una aplicación aérea sobre los haces de las primeras hojas, incluyendo la "candela". El sistema de siembra a doble hileras facilita la aplicación terrestre en grandes y pequeñas extensiones.

9.4. Condiciones de aplicación

Climáticas:

- Temperatura: no mayores de 28 °C
- Humedad Relativa (H R): no menor de 70%
- Velocidad de viento: de 1-2 m/seg
- Lluvia: por lo menos dos horas después de la aplicación para fungicidas sistémicos y de 4 horas para fungicidas de contacto.

La bruma: condición climática que ocurre por la formación de una capa de aire frío y denso sobre el suelo o el cultivo y no permite una adecuada deposición de la mezcla sobre las hojas.

Para conseguir estas condiciones climáticas, se recomienda que las aplicaciones se realicen antes de la 9:00 AM o a partir de las 4:00 PM, siempre que no haya vientos superiores a 2 m/seg. Temperatura superior a 28 °C y (H R) menor de

70% causan perdidas por evaporación del producto. Velocidad del viento superior a 5 m/seg es responsable de la deriva del producto aplicado.

Cuadro 8. Cobertura según fungicidas (número y diámetro de gotas).

FUNGICIDAS	NÚMERO /CM ²	DIÁMETRO ÓPTIMO (MICRAS)
PROTECTANTES	80-120	250
SISTÉMICOS	40-80	300

Para la cobertura de aplicación, es más importante la densidad de gotas por superpie de hoja, que un gran rango de tamaño de ellas. Diámetro de gotas < 250 y > 300 micras no son deseables para evitar la fácil deriva y favorecer la densidad de cobertura.

Cuadro 9. Fungicidas orgánicos de mayor uso para el control de la enfermedad.

Productos	Dosis de aplicación por hectárea
Biolife 20 SL (ácidos orgánicos y tocoferoles)	0.75-1.5 litros
Bioagrar (ácidos carbónico oxidante)	l litro
Green touch (peróxido de hidrógeno)	1 litro
Mil-Agro (metil tiosulfato-N)	0.8 litro
Agri-life 2 S (ácidos orgánicos)	0.75-1.5 litros
Tagushi (extracto de <i>Matricaria</i> sp y de semilla de <i>Citrus maxima</i>)	150 ml
Timorex EC (extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>)	2-4 litros
Carboil 710 (extracto de semillas de Nim (<i>Azadirachta indica</i>))	3-4 litros
Carboil 708 (extracto de semillas de <i>Citrus aurantium</i>)	3-4 litros
Carboil 705 (extracto de semillas de <i>Annona muricata</i>)	3-4 litros

Fuente: comunicación personal con el Ing. Ramón Jiménez

Nota: los productos orgánicos ejercen varios modos de acción sobre las células de los hongos. Siendo su principal función, el rompimiento de la barrera permeable de las estructuras de la pared y la membrana celular. Dicho efecto,

es seguido por una pérdida del control respiratorio, dejando libre el transporte de electrones y anulando la actividad de las mitocondrias.

Fungicidas cúpricos:

- 1) Mastercop (sulfato de cobre pentahidratado) en dosis de 0.6 l/ha.
- 2) Caldo Bordelés (oxicloruro de cobre) en dosis de 1.5 l/ha combinado con aceite.

Aceites agrícolas más utilizados:

- 1) Banole (aceite mineral refinado) en dosis de 8-10 l/ha, cuando se usa solo y de 5-7 l/ha en mezcla con fungicidas.
- 2) Damoil (aceite mineral no refinado) en dosis de 8-10 l/ha cuando se usa solo y de 5-7 l/ha cuando se usa mezclado.

10. MONITOREO DE RESISTENCIA

Un factor influyente en el diseño de programas para el control de *Mycosphaerella fijiensis* es la necesidad de seguir principios de manejo de resistencia. La implementación de un programa de monitoreo de sensibilidad es un componente vital de evaluación de riesgo de resistencia, y permite la aprobación o modificación de recomendaciones de manejo de resistencia. La sensibilidad a los fungicidas ha sido evaluada por más de una década y se ha registrado alguna pérdida de sensibilidad. Muchos fungicidas, de los que aquí se mencionan, todavía son muy eficaces contra la Sigatoka Negra solo que deben estar monitoreados para la probar su efectividad en campo.

10.1. Papel del manejo de la resistencia a fungicidas en el mantenimiento de la eficacia de las estrategias integradas para el control de la Sigatoka Negra.

Los programas de fungicidas siguen siendo esenciales para la producción comercial de las musáceas, principalmente el banano, en todas las regiones donde prevalece *Mycosphaerella fijiensis*. Un factor clave que influye sobre el diseño de los programas de aplicación de fungicidas es la importancia de seguir los principios del manejo de la resistencia, con el fin de preservar la eficacia a largo plazo. El manejo de la resistencia se basa en la limitación y alternación apropiadas de los productos que tienen un modo de acción específico. La introducción de fungicidas sistémicos, representó un significativo avance en el control integrado de la Sigatoka Negra, debido a su excelente eficacia y perfil ambiental y toxicológico favorables. En reconocimiento de su modo de acción específico del sitio, se desarrollaron guías de manejo anti-resistencia por el Comité de Acción de Resistencia a los Fungicidas (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC).

La Federación Global para la Protección de Cultivos (Global Crop Protection Federation, GCPF) es una organización auspiciada por la industria de los pesticidas. Bajo esta organización, el Comité de Acción para la Resistencia a Fungicidas (FRAC) está estudiando continuamente el problema de la resistencia a los fungicidas. El FRAC se subdivide en grupos más pequeños de trabajo. El grupo que trabaja en bananos proporciona información específica sobre las clases de fungicidas utilizados en el control de la Sigatoka Negra. La información de todos estos grupos puede encontrarse en el Internet al buscar bajo sus respectivos acrónimos.

Estudios a gran escala de las dinámicas de la población se están llevando a cabo actualmente para examinar la evolución de la resistencia en el campo, utilizando técnicas moleculares de reacción en cadena de las polimerasas (PCR). La caracterización molecular de los aislados resistentes ha identificado como la causa de la resistencia una mutación puntual individual en la proteína fungosa, citocromo b, ante las Estrobilurinas.

También, se examinan los factores que influyen sobre esta evolución (presión de la enfermedad, clima, programa de rociado de fungicidas), y se estima la extensión de migración de la población resistente. Estos estudios permitirán validar o mejorar las recomendaciones para el manejo de la resistencia, y apoyará los esfuerzos que se realizan para limitar la proliferación de la resistencia en este importante grupo de fungicidas sistémicos.

11. CONSIDERACIONES FINALES

No es posible un buen control de la Sigatoka basándose solo en el uso de tratamiento con fungicidas, tampoco el uso de variedades resistentes por si solo es suficiente. Para obtener buenos rendimientos, es necesario el manejo integrado de las plantaciones.

Algunos aspectos a considerar en el manejo integrado son:

1. Drenaje: una rápida evacuación del agua en exceso de las parcelas, además de mejorar el crecimiento del cultivo reduce las condiciones de humedad adecuadas para el desarrollo del patógeno.
2. Combate de malezas: altas poblaciones de malezas además de competir con el cultivo, favorecen el micro-clima que el patógeno requiere y a su vez se retarda la evaporación de las aguas en exceso en el suelo.
3. Deshoje: esta práctica puede considerarse como una poda de sanidad. Efectuada racional y sistemáticamente posee una gran importancia ya que reduce la fuente de inóculo interna.

4. La fertilización balanceada, manejo de la densidad de población y el combate de nemátodos, también sirven para optimizar las condiciones del cultivo en contraste con la enfermedad.

A nivel mundial la Sigatoka Negra ha motivado un gran frente de lucha en su contra y los trabajos que se llevan a cabo abarcan los tres componentes del triángulo epidemiológico de la enfermedad. En lo referente al hospedero, los métodos de mejoramiento genético han incluido desde los esquemas tradicionales de cruzamiento interespecíficos, modificaciones genéticas y estudios moleculares. La regeneración "*in vitro*" de plantas modificadas ha sido una de las principales limitantes a enfrentar. Como recompensa a todos estos esfuerzos contamos con cultivares de plátano resistentes a la Sigatoka Negra.

En lo que respecta al patógeno, los estudios comprenden el entendimiento de la relación *Musa* - *M. fijiensis*, identificación genética y construcción de árbol genealógico de poblaciones del hongo. También el mecanismo de acción del patógeno para su crecimiento y desarrollo en la planta. Cuales estructuras reproductivas del mismo intervienen en las epidemias y que factores ambientales las favorecen.

La industria química hace su aporte con el desarrollo de nuevas moléculas y el foro de discusión (FRAC) para dar recomendaciones de uso de los productos. Las recomendaciones abarcan desde uso de dosis correcta, frecuencia, alternancia de fungicidas de diferentes modos de acción, el cuidado de las mezclas y el monitoreo de resistencia, para determinar el grado de sensibilidad del patógeno a las diferentes moléculas químicas utilizadas en su contra. Las técnicas de aplicación, también han sido tomadas en cuenta. Las recomendaciones comprenden la aplicación a grandes extensiones con aviones o helicópteros equipados de sistemas computarizados y posicionamiento geográfico para lograr mayor precisión, así como, observaciones de las condiciones climáticas que favorecen la buena cobertura del producto. El uso de boquillas adecuadas y calibración de equipos de aplicación para pequeños predios con la utilización de moto-asperjadoras y moto-nebulizadoras.

Las buenas prácticas agrícolas, producción limpia amigable con el ambiente y la agricultura orgánica, han despertado el interés por nuevas fuentes de reducción del inóculo, y en la actualidad se estudian extractos y lixiviados botánicos, y filtrados de moléculas de microorganismos antagonistas a *Mycosphaerella* sp.

Los sistemas de pronósticos se han convertido en herramientas necesarias para la nacionalización del uso de productos químicos, las cuales han permitido grandes ahorros económicos. A manera de ilustración, en esta publicación, nos referimos a algunas de ellas, pues los pronósticos bioclimáticos deben ser validados completamente para el combate de la Sigatoka Negra, como ha sido el caso del preaviso biológico, utilizado ampliamente en el sector bananero.

Solo falta una estrategia generalizada, que incluya programas de monitoreo, alternancia y estudios climáticos, que permitan combatir la Sigatoka de forma integrada y no aislada. Ya que, existen productores que no entienden bien la filosofía de un programa de manejo integrado porque sus circunstancias económicas no se lo permiten, y hacen gastos y usos de producto no apropiados, aquí prima más bien el costo del producto al momento de la aplicación y no observan los costos totales de control de la enfermedad. Estos son los que hacen mayor número de ciclos y cosechan con pocas hojas y tiene el mayor riesgo de madurez prematura y sus costo de control de la Sigatoka Negra por ha/año son superiores.

Una labor importante, en la lucha contra la Sigatoka Negra, es el deshoje fitosanitario para la reducción de inóculos en las plantaciones. Una herramienta útil en este aspecto lo constituye el método de Stover modificado, que da la información del aspecto sanitario de la plantación al momento de la floración o intermedio entre floración y cosecha. Si se requiere de 10 hojas sanas al momento de la floración, colocar en un grafico el total de hojas (TH) y la hoja más joven enferma (HMJE), este grafico nos dará una idea cada semana del estado sanitario de la plantación.

Todo este esfuerzo desplegado para el combate de la Sigatoka Negra resalta su importancia. Sin embargo, a pesar de la presencia de la enfermedad, los rendimientos han aumentado, por un lado porque los agricultores ponen mayor atención a sus parcelas y el uso de cultivares como el FHIA 21 multiplica por 5 los rendimientos en una tarea con sistema de siembra en alta densidad.

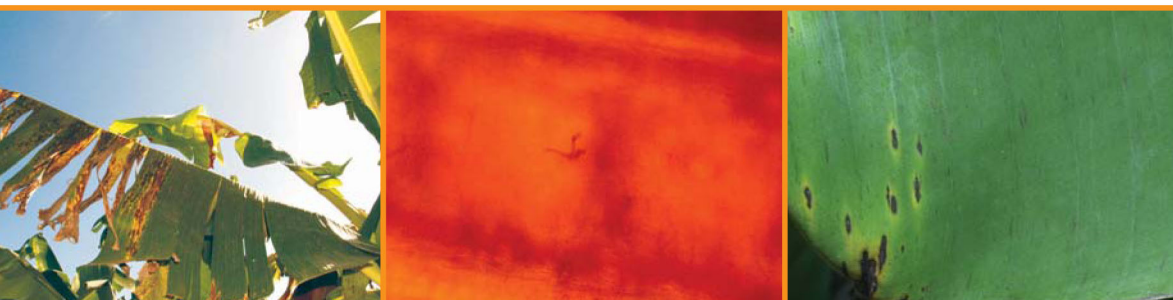
12. REFERENCIAS

- Agrios, G. 2000. Department of Plant Pathology University of Florida. Plant Pathology. Fourth Edition. P. 249-252.
- Belalcázar, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP-LACNET). 376 p.
- Brun, J. 1963. La Cercosporiose du bananier. Thèse Doctorat d'Etat, Université de París.
- Bureau E. 1990. Adaptation d'un Systeme d'avertissement a la lutte contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plantations de banane plantain au Panama. Fruits. 45 (4):329-338.
- Bureau E.; Marín, D.; Guzmán, J. 1992. El sistema de preaviso para el combate de la Sigatoka Negra en banano y plátano. UPEB, Panamá, PA. 42 p.

- Carlier, J.; Zapater, M.; Lapeyre, F.; Jones, D. R.; Mourichon, X. 2000. Septoria leaf spot of banana: A newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (anamorph *Septoria eumusae*). *Phytopathology*. 90:884-890.
- Deighton, F. 1989. Black Sigatoka disease. *In*: Sigatoka leaf spot diseases of bananas. Proceedings of an International workshop held in San José, C.R. 1989. Eds. R. A. Fullerton & R. H. Stover. p 118-123.
- Fages, O. ; Jiménez F. 1995. El control de la Sigatoka Negra en el cultivo de Plátano. CATIE, hoja Técnica MIP No. 14. Turrialba, Costa Rica, 4 p.
- Fouré, E. 1989. La lutte integre contre la cercosporiose noire des bananiers au Cameroun. L'avertissement biologique et son evolution de 1985 a 1988. *In*: Sigatoka leaf spot diseases of bananas. Proceedings of an International workshop held in San José, C.R. 1989. Eds. R. A. Fullerton & R. H. Stover. p 124-134.
- Ganry, J.; Meyer, J. 1972. La Lutte Controlee Contre Le Cercospora Aux Antilles. Bases climatiques de L' Avertissement Technique d' observation et de numeraction de la maladie. *Fruits*, 27(11):767-774.
- Fouré, E. 1999. La enfermedad de la Raya Negra en la República Dominicana, Distribución, Incidencia y Métodos de Control. Santo Domingo, DO. 45 p.
- Fouré, E. 1988. Estrategias de lucha contra la Sigatoka Negra de los bananos y plátanos provocada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Fruits* 43(5):269-274.
- Fages O.; Jiménez, F. 1995. El control de la Sigatoka Negra en el cultivo de Plátano. CATIE, hoja Técnica MIP No. 14. Turrialba, CR. 4 p.
- Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp) en Costa Rica, UPEB. Panamá, PA. 126 p.
- Jácome, L.; Schuh, W. 1992. Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black Sigatoka disease on banana Infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 82:515-520.
- Marín, D.; Romero, R.; Guzmán, M.; Sutton, T. 2003. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* Vol. 87(3). Mar 2003.

- Marín, D.; Romero, R. 1992. El combate de la Sigatoka Negra. CORBANA, Boletín No. 4, San José, CR. 22 p.
- Marín D.; Romero R. 1991. Evaluación del sistema de preaviso biológico en plátano (*Musa* AAB, variedad falso cuerno) para el combate de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) a nivel experimental. Corporación Bananera Nacional, CORBANA. Informe anual 1990. San José, CR. Pp. 115-117.
- Mata, R.; Tapia A.; Escalant, J. 1994. Efecto de la temperatura sobre la germinación de conidios de *M. Fijensis* y *M. musicola*. In: Memorias XI ACORBAT. (ed) Vicky M. Soto. San José, CR. 13-18 Febrero. Pp. 287-292.
- Merchán V., M. 1994. Progreso de la Sigatoka Amarilla en Plátano (*Musa* AAB) con diferente manejo agronómico. CORPOICA, Colombia. In: Memorias ACORBAT. Ed. Vicky M. Soto. San José, CR. Pp. 547-565.
- Merchán, M. 1998. Manejo de problemas fitosanitarios del cultivo del plátano en la zona central cafetera ICA. En: Memorias Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. (Eds) Giraldo C., M. J.; Belalcázar C., S. L.; Cayón S., D. G. y Botero I., R. G. Quindío, Colombia. Pp. 177-191.
- Merchán, M.; Chavarriaga, M. 1994. Alternativas de manejo de Sigatoka Negra en plátano Harton (*Musa* AAB). En: Memorias XI reunión ACORBAT. San José, CR. (ed) V. M. Soto. Pp. 325-335.
- Merchán, M.; Donato, M. 1994. Producción de ascósporas de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *M. musicola* Leach en hojas de plátanos (*Musa* AAB). En: Memorias XI reunión ACORBAT. San José, CR. (ed) V. M. Soto. p. 301-309.
- Pérez. L, 1996. Manual para el manejo integrado de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y Sigatoka Amarilla (*Mycosphaerella musicola*) en banano y plátano. Proyecto FAO-Ministerio de la Agricultura TCP/CUB/4454. 56 p.
- Ploetz, R.; Haynes, H.; Vázquez, A. 1999. Responses of new banana accessions in South Florida to Panama disease. Crop Protection 18:445-449.
- Ricardo, H. 2000. Resultados del primer Monitoreo de la Sigatoka Negra realizado en cultivos de plátanos y guineos. Santo Domingo, DO. Investigación. Volumen 2, No. 1: 1-4.

- Ruess, W.; Kunz, W.; Staub, T.; Müller, K.; Poppinger, N.; Speich, J.; Ahl Goy, P. 1995. Plant activator CGA 245704, a new technology for disease management. European Journal of Plant Pathology 101, Supplement. 424 p.
- Riveros, A.; Lepoivre, P. 1998. Inductores exógenos asociados con los mecanismos de defensa a la Sigatoka Negra del banano *In: Memorias Primer Simposio Internacional sobre Sigatoka Negra*. P. 126-132.
- Romero, R.; Marín, D. 1990. Observations on the sensitivity of the (*Mycosphaerella fijiensis*) monitoring method to triazole fungicidas 100-106p in sigatoka leaf spot disease of banana (Fullerton, R. A. y Stover. R. H, eds), proceeding of on international work shop held at San José, CR. March 28-April 1, 1989. INIBAP Montpellier, FR.
- Sierra, L. 1993. El cultivo del banano: Producción y Comercio. Medellín, CO. 680 p.
- Stover, R.; Dickson, J. 1970. Leaf spot of banana caused by *Mycosphaerella musicola*: methods of mesuring spotting prevalence and severity. Trop. Agric. (Trinidad) 47:289-302.
- Stover, R. 1971. A proposed internacional scale for estimating intensity of banana leaf spot. Trop. Agric. (Trinidad) 48:185-196.
- Stover, R. 1989. Sigatoka leaf spots: thirty years of changing control strategies: 1959-1989. Paper read at International Workshop: Sigatoka leaf spot diseases of bananas bananas. March 28-April 1, 1989. San José, Costa Rica.



OFICINA CENTRAL SANTO DOMINGO

Calle Rafael Augusto Sánchez No. 89, Ensanche Evaristo Morales

Santo Domingo, República Dominicana

Tel.: 809-567-8999 / 809-683-2240 / Fax: 809-567-9199

www.idiaf.org.do

idiaf@idiaf.org.do

ISBN 9945-448-03-0



9 789945 448030