

MANCHAS DE SIGATOKA DE LAS MUSÁCEAS

Miguel Humberto Mayorga Pinzon*

La enfermedad foliar más importante de los plátanos y bananos cultivados, es la mancha de las hojas causada por tres especies del género *Mycosphaerella*. Los tres patógenos fueron descubiertos en el siglo pasado, y desde entonces han causado considerables pérdidas a la producción. *Mycosphaerella musicola* fue el primer patógeno fungoso observado; por su aparición inicial, su impacto sobre la producción y alta frecuencia en las zonas de cultivo, ha sido ampliamente estudiado. *Mycosphaerella fijiensis* de aparición posterior, ha tenido gran impacto sobre la producción debido a una mayor virulencia; se encuentra hoy en día en casi todas las zonas de cultivo y se convirtió en la enfermedad más limitante, por causar pérdidas considerables en los bananos de exportación y los plátanos de cocción. *Mycosphaerella eumusae*, registrado a finales de los años 90 en algunos sitios de África y Asia, es una seria amenaza para los cultivos de musáceas, en razón de su afinidad con los hospederos y su grado de competitividad con las otras especies del género *Mycosphaerella* (Jones, 2000; Carlier et al 2000a y 2000b). La similitud de los síntomas ocasionados por *M. musicola*, *M. fijiensis* y *M. eumusae* y el hecho de pertenecer todos al mismo género, ha sugerido entre los investigadores, que se agrupe la enfermedad como Manchas de Sigatoka (Jones, 2003).

La Sigatoka Negra causada por *M. fijiensis*, es hoy día el patógeno más importante del cultivo, por su mayor virulencia desplazó a Sigatoka amarilla (*M. musicola*) en las zonas de cultivo. Ingentes esfuerzos económicos, investigativos y sociales se hacen hoy día para mantener la producción de musáceas. Mayoritariamente el presente documento hace referencia a Sigatoka Negra, no obstante se hace referencia a las otras especies, en razón a su importancia regional y la limitante productiva que puede ser cada especie en su entorno.

Las manchas de Sigatoka, son originarias de la Micronesia. Sigatoka amarilla apareció primero en Java en 1902. Viti Levu, una isla parte grupo de las islas Fiji, fue el lugar de aparición de Sigatoka Negra en 1963. De allí, los patógenos fueron diseminados inicialmente a través de Asia meridional y posteriormente hacia África y América. *M. musicola* y *M. fijiensis*, se encuentran presentes en todas las regiones importantes de cultivo en el mundo y fueron llevados a la mayoría de lugares, por efecto del comercio y transporte de frutos y semillas de las especies de musáceas cultivadas.

■ Agente causal

Cercospora musae fue el nombre dado por Zimmerman (1902) al primer patógeno causante de lesiones foliares en musáceas en 1902. De sus descripciones, se concluye que se refirió al estado anamorfo de *M. musicola*, un ascomiceto que en su estado telemorfo produce pseudotecios en las lesiones viejas de las hojas. Ascosporas hialinas, elipsoides, irregularmente biceldadas, con constricción en el septo central y extremos redondeados. Cada asca posee ocho ascosporas. El anamorfo produce conidios hialinos, alargados, septados, que se originan de conidióforos en estromas color café. Cuando Zimmerman hizo tal descripción, estaba referenciando a la mancha conocida posteriormente como Sigatoka amarilla.

En 1963 Rhodes (1964) observó lo que pareció ser una nueva enfermedad foliar y la llamó

*Ing. Agronomo, M.Sc. miguelmayorga@yahoo.com

Sigatoka Negra. Leach (1964) al realizar la descripción taxonómica de la especie encontró un teleomorfo similar al hongo de la Sigatoka amarilla, el cual llamó *M. fijiensis*, que presenta pseudotecios, ascas y ascosporas similares. Su descripción del anamorfo fue un patógeno del grupo *Cercospora*, llamado hoy día *Paracercospora fijiensis*, el cual se diferencia del *C. musicola* en la formación de conidios en conidióforos libres, sin la aparición de estromas. Esta especie tiene mayor habilidad reproductiva y diferencias morfológicas sutiles.

Los agentes causales de las manchas de Sigatoka, solo crecen en plantas del género *Musa*, presentando mayor afinidad con los materiales con mayor carga de *M. acuminata*. Hasta el presente, no se han encontrado susceptibilidades de géneros o familias relacionadas, como es el caso de *Heliconias* y *Zingiberaceas*.

■ Biología de la infección

El proceso infectivo se inicia cuando una espora germina en la superficie de la hoja, siempre que disponga de agua libre. La germinación se completa antes de seis horas bajo condiciones de temperatura estables. La temperatura es un catalizador que favorece el desarrollo en la medida que sea mayor de 20°C y menor de 30°C. Baja humedad relativa deseca las hojas e induce estados desfavorables para la germinación. La presencia de hongos antagonicos que crecen en la superficie de la hoja, influyen desfavorablemente en la germinación. Un tubo germinativo usualmente penetra a través de un estoma mediante un apresorio, del cual, se desarrolla una hifa infectiva, atraviesa el estoma y comienza su ramificación.

Después de pasar el estoma, el hongo coloniza los espacios intercelulares del mesofilo y después el parénquima de empalizada; para iniciar un proceso de colonización intercelular y dar origen a los primeros síntomas. Las lesiones causadas por Sigatoka, fueron eficientemente descritas por Meredith y Lawrence (1969), y son similares en la mayoría de países donde se han descrito. Síntomas en plátano y banano son muy parecidos y la tasa de evolución de cada uno de ellos se presenta en la tabla 1 (Mayorga 1990).

Tabla 1. Síntomas de Sigatoka Negra y días transcurridos para su evolución en plantas de plátano y banano.

Síntomas	Urabá, 28 msnm		Restrepo, 1400 msnm
	Banano	Plátano	Plátano
Pizcas	18,1	29,3	33,5
Estrias	28,2	34,3	43,1
Mancha	32,9	41,3	60,5
Mancha coalescente	38,5	47,1	73,9
Mancha necrosada	47,1	62,1	84,5
Mancha seca	49,4	64,0	99,5

El período de incubación, que es el tiempo transcurrido desde penetración hasta aparición de síntomas, dura en banano 18 días y en plátano 29. El período de latencia, que es el tiempo transcurrido hasta la aparición de estructuras reproductivas del anamorfo, ocurre 10 días después en banano y 5 días después en plátano. Ascosporas maduras de *M. fijiensis* se forman cuando la lesión seca, lo cual indica que el ciclo sexual se cumple en un total de 49 días en banano y en 64 días en plátano. La evolución de las lesiones a cada estado de desarrollo, está condicionado por las condiciones ambientales, la susceptibilidad del hospedero, la presión de inoculo y el número de síntomas por unidad de área.

El proceso de liberación y dispersión de esporas es un proceso activo, que se ve favorecido por las condiciones ambientales. La presencia de agua en las hojas favorece la turgencia de los te-

jididos y la dispersión de conidios, mientras que las ascosporas son dispersadas básicamente por el viento. Precipitaciones de baja intensidad son favorables para que aparezcan esporas en el aire, mientras que lluvias copiosas son perjudiciales. Lluvias de menos de 20 mm favorecen la liberación y precipitaciones de baja intensidad por semana en aguaceros de larga duración son muy favorables (Gráfico 1).

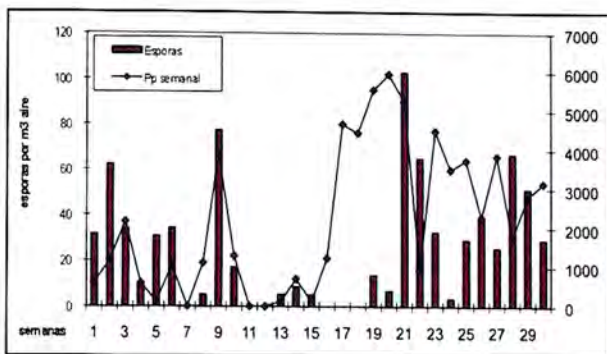


Gráfico 1. Liberación de esporas de *M. fijiensis* por efecto de la precipitación durante varias semanas de 1983.

Epidemias de Sigatoka Negra ocurren después de periodos secos, cuando la precipitación induce turgencia de tejidos que poseen esporas maduras y son liberadas al ambiente. Ello ocurre en Colombia en forma intensa durante semanas específicas del año como son de la 20 a 45 en Urabá (Gráfico 2.) y de la 18 a 26 en Santa Martha. Bajas precipitaciones o altas humedades relativas liberan agua que permite la liberación de esporas y asegura la presencia en el ambiente después de noches con estas condiciones (Gráfico 3.). Por ello es mas frecuente encontrar esporas entre las 18:00 horas y las 6:00 horas del siguiente día. Las conidias son responsables de la infección local y la reinfección de tejidos, mientras que las ascosporas son más importantes en la diseminación, pues vuelan y alcanzan alturas de 3 a 10 metros sobre el piso, que con vientos suaves les permite avanzar hasta 4 kilómetros en un lapso corto de tiempo.



Gráfico 2. Ciclo de enfermedad de Sigatoka Negra para la región de Urabá. Año 2005.

El hospedero afecta el desarrollo de la enfermedad de acuerdo con la emisión foliar, la densidad poblacional y su composición genética. La emisión foliar varía según latitud, altitud y oferta bioclimática. Una planta de banano o plátano puede emitir una hoja nueva en frecuencias que oscilan entre 5 y 15 días, condicionado por el ecosistema donde se encuentre. Esa emisión influye en el ciclo de enfermedad y el gradiente de infección que son más amplios

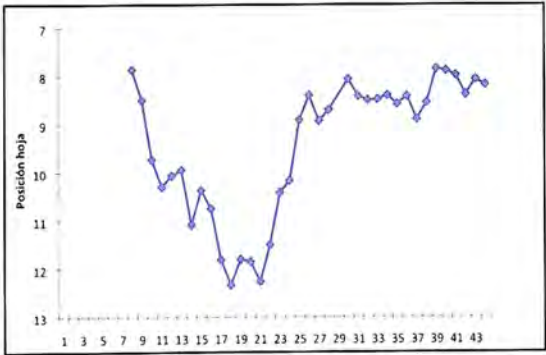
a mayor altitud y más cortos cuando la oferta climática es mas cálida y húmeda. La edad de las hojas afecta la evolución de síntomas y el tipo de síntomas formados. La edad fisiológica de la hoja no afecta la susceptibilidad a la enfermedad, pero el grado de ataque del patógeno si afecta la capacidad productiva de la planta según la edad fisiológica de la hoja afectada. Defoliaciones severas de las hojas importantes en el llenado del racimo causarán pérdidas importantes de producción, mientras que defoliaciones severas en la etapa vegetativa del cultivo causan poco o nulo daño en producción. El momento cuando ocurre diferenciación floral es crucial para evitar o minimizar perdidas. Este momento se presenta al formarse la hoja 20 del total de hojas de la planta, y será variable en cada zona de cultivo de acuerdo a la oferta ecoambiental y la variedad cultivada.



Gráfica 3. Liberación de esporas de *M fijiensis* durante las 24 horas de los días 6 y 7 de abril de 1983, por efecto de humedad y precipitación.

El patógeno influye en el ciclo de enfermedad, por la calidad y cantidad de inoculo, la supervivencia de este, su capacidad infectiva y por la variación poblacional que da origen a la aparición de patotipos. La cantidad de inoculo caído sobre una superficie hace que el ciclo de enfermedad sea más corto. La capacidad infectiva permite al patógeno sobrevivir; penetrar y/o aletargarse en condiciones desfavorables. Y su variabilidad poblacional es la que lo especializa para sobrevivir; recombinarse y evolucionar.

El ciclo de enfermedad es por consiguiente la expresión de comportamiento del patógeno en interacción especializada con su hospedero y el ambiente. Presenta un comportamiento anual característico, una curva de progreso de enfermedad con máxima pendiente y una



Gráfica 4. Curva de progreso de enfermedad, en la cual se observa la época de mayor desarrollo y el gradiente de enfermedad a través del año 2006. Zona de Urabá.

temporada en la cual el gradiente de enfermedad es el más prevalente (Gráfico 4.). Ello indica la eficiencia del inoculo inicial y la aparición de inoculo secundario y ciclos posteriores de infección.

■ Pérdidas de producción

Bajo condiciones favorables, Sigatoka Negra llega a causar pérdidas considerables en producción. Analizar tales pérdidas en un cultivo perenne como las musáceas, debe involucrar la continuidad de la producción y para ello es necesario medir las tendencias en torno a productividad del cultivo y control de la enfermedad. En general, las pérdidas en producción resultado de los patógenos se traducen en pérdidas de follaje, merma en el llenado de racimos y maduración prematura. En banano, se considera que se pierde un 18% de la producción, mientras que en plátano tales pérdidas llegan al 13%.

Estimar los daños causados por los patógenos que se traducen en pérdidas de producción, es un proceso que se hace con la ayuda de escalas de evaluación y conversión posterior de los datos a conceptos de incidencia y severidad. Entre las escalas más utilizadas están la de Guyot y Cuille o método francés y la de Stover. Guyot y Cuille (1958) fueron tal vez los primeros investigadores en establecer un método cuantitativo de evaluación. Método que fue mejorado y sensibilizado para medir evolución del patógeno. Siendo hoy día parte de un método predictivo (Ganry y Meyer, 1972). Stover y Dickson (1970), definieron una escala de seis grados que permite evaluar el porcentaje de daño por hoja y a partir de allí conocer incidencia y severidad. Evaluaciones semanales utilizando cualquier metodología, permiten construir la curva de enfermedad, conocer el gradiente de infección y tomar decisiones de control con base en índices de umbral económico (Gráfico 4.).

■ Control de la enfermedad

Cuando las pérdidas de producción son evidentes en una plantación, es necesario entrar a establecer medidas correctivas que permitan recuperar la plantación. Cuando se conoce el riesgo de pérdidas es más prudente implementar medidas preventivas de manejo y minimizar los riesgos de pérdida. Entre las actividades más comunes para control de la enfermedad se encuentran: prácticas culturales, control químico, preaviso, resistencia genética y prácticas legales.

Entre los métodos culturales, la práctica más común es la remoción de follaje con el propósito de eliminar el inoculo potencial. La labor es eficiente pero debe ser muy racional para no causar daño extra al deshojar. Otras prácticas de cultivo como son el control de malezas, el manejo de aguas superficiales, la densidad de siembra, que influyen en conjunto en la humedad relativa del cultivo; son importantes para mantener la enfermedad en menor nivel de afección. Además ciertas prácticas de cultivo como son una nutrición apropiada, uso de hongos micorrizicos, inducción de hongos exo y endo micromicetos del follaje, ayudan en el control del patógeno al hacer que el hospedero tenga mejor adaptabilidad y menor susceptibilidad a los ataques.

Hay momentos en el ciclo del cultivo en que es necesario aplicar productos que restrinjan el desarrollo del patógeno, para evitar o minimizar pérdidas. Es cuando el control químico se convierte en la alternativa a seguir. Aunque ésta es la práctica más extendida para manejo de las manchas de Sigatoka, se debe ser muy racional en su implementación. Y antes de empezar una aspersión se debe definir el método más efectivo para contrarrestar al patógeno, los riesgos inherentes a la ecología del hongo, el momento oportuno en que se debe hacer una aspersión y los productos más indicados para controlarlo.

Entre los productos más comunes de uso en el mundo se encuentran: los ditiocarbamatos, los aromáticos, benzimidazoles, morpholinas, triazoles, estrobirulinas, pirimidinas, espiroquetalaminas y benzo-thiadazoles. Dentro de estos grupos existen protectantes y sistémicos que tienen que ver con su modo de acción. Los sistémicos entran al sistema vascular de la planta y actúan en un solo sitio de inhibición, por lo cual se llaman además monositio, mientras que los protectantes son de amplio espectro y se denominan multi sitio. La acción monositio ha hecho que aparezcan pérdidas de control con estas moléculas en razón a que los patógenos disponen genéticamente de mecanismos de defensa que les permite adaptarse y aumentar la frecuencia de mutantes con sensibilidad reducida al agroquímico.

Para aplicar las moléculas fungicidas en campo, es necesario recurrir a diluyentes y equipos que conviertan la dilución en una nube de gotas que se distribuyan lo mejor posible sobre el cultivo. En general se recomienda asperjar entre 20 y 50 litros por hectárea, formar gotas de un diámetro de 200 a 400 micras, a temperaturas inferiores a 28°C y humedad relativa superior a 70%. Los equipos para aspersión son básicamente tanques equipados con bombas hidráulicas y boquillas de aspersión para formar las gotas. Las boquillas pueden ser de varios tipos y ubicarse en posiciones variables con relación al sentido de desplazamiento del equipo de aspersión, lo cual genera variaciones en el tamaño de la gota. Los equipos por su forma de manejo se clasifican en operados manualmente y mecánicamente.

Además existen dos formas de aspersión: aérea y terrestre. La aplicación aérea se realiza para grandes áreas y cuando se dispone de poco tiempo. Requiere buen conocimiento de la técnica para lograr buenas coberturas. Es así como factores como el ancho del avión influencia la pasada, la altura de vuelo influye en la deposición y el clima en la deriva de la nube. Para mejorar y uniformizar una aspersión con aviones, se utilizan técnicas de orientación como colocación de banderas en los cultivos, que han evolucionado a sistemas electrónicos montados en los aviones, que se guían con sistemas GPS y decodifican señales satelitales que brindan la ubicación del lote y posición espacial del avión. Estos sistemas de bandereo electrónico son eficientes, económicos, precisos y tan detallados como se desee. La aplicación terrestre es recomendable cuando se dispone de tiempo, sin limitantes ambientales. Exige los mismos requerimientos en conocimiento de la técnica de aspersión que los equipos aéreos.

Las gotas que se forman con los equipos de fumigación, deben tener un diámetro específico y una cantidad por volumen de nube que asegure una deposición apropiada y buena cobertura. En general con volúmenes de 20 a 50 lt/ha es posible hacer gotas de tamaño medio entre 100 y 300 micras, e impactar sobre el follaje del cultivo un promedio de 50 gotas por centímetro cuadrado. El clima, la gravedad y la velocidad a la cual son asperjadas, les imparten a las gotas una serie de principios para impactar el cultivo y favorecer la cobertura. El clima ideal para aspersión debe ser en las horas de la mañana, cuando la temperatura es inferior a 29°C, la humedad relativa superior al 70% y la velocidad del viento no exceda los 10 metros segundo. La gravedad y la velocidad del equipo de fumigación influyen en la velocidad de caída de la gota, que por efecto de rozamiento con el aire influirá en su tamaño, al evaporarse parte del agua componente de la gota.

Conocer los momentos en los cuales la enfermedad presenta mayores gradientes de infección, es importante para definir simultáneamente épocas de mayor efectividad en programas de control químico. Estudios en este sentido han permitido desarrollar métodos de predicción de enfermedad, que han generado una oferta de sistemas de preaviso, en busca de soluciones más eficientes en torno al control del patógeno (Ganry y Meyer, 19; Gauhlh 1990; Mayorga 2009), pues permitirán generar ventanas de aplicación que se pueden traducir en aspersiones

mas efectivas y reducción de costos en el control.

La carga genética de las musáceas proviene de *M. balbisiana* y *M. acuminata*. Los clones con mejores respuestas de tolerancia a Sigatoka, son aquellos con mayor contenido de genes del material parental *M. balbisiana*. En muchas partes del mundo, se ha sugerido utilizar variedades resistentes a las plagas o enfermedades, como alternativa de manejo de los limitantes de producción, pero cambiar los hábitos alimenticios es imposible y las propuestas por consiguiente inoperantes. El cultivo de tejidos y la aparición de mutaciones en el proceso multiplicativo ha abierto la posibilidad de explorar la producción de nuevos cultivares de musáceas mediante procesos de inducción en cultivos de tejidos o cultivos de células. Estas metodologías, novedosas en su forma de lograr variación en la susceptibilidad de las plantas de musáceas a problemas como la Sigatoka Negra, permitirán buscar resistencia mediante procesos de inducción o de eliminación de características indeseables en los materiales cultivados hoy día. El desarrollo de variedades transgénicas de musáceas es una alternativa deseable en la producción agrícola de estas especies, pues solo mediante transferencia de genes será posible obtener modificaciones deseables en plantas tan infértiles como lo son los triploides cultivados de bananos y plátanos.

Bibliografía

1. Carlier J., X. Mourichon and D.R. Jones. 2000a. Black leaf streak. The causal agent. Pp. 46-56 in *Diseases of Banana, Abacá and Enset*. (D.R. Jones, ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
2. Carlier J. E. Fouré, F. Gauhl, D.R. Jones, P. Lepoivre, X. Mourichon and C. Pasberg-Gauhl. 2000b. Fungal diseases of the foliage. Pp. 37-142 in *Diseases of Banana, Abacá and Ensete* (D.R. Jones, ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
3. Ganry, J. 1978. Quelques précisions concernant l'action de la température sur la vitesse de développement de la Cercosporiose du bananier. Conséquences pour l'application à l'avertissement. *Fruits*, 34(4):235-244.
4. Ganry, J. et Meyer, J.P. 1972. La lutte contrôlée contre la Cercosporiose aux Antilles. *Bases climatiques de l'avertissement*. *Fruits*, 27(10):665-676.
5. Gauhl, F. 1990. Epidemiología y Ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp), en Costa Rica. UPEB, Panamá 126p.
6. Guyot y Cuille 1958. Essai de prévision des attaques de *Cercospora* en Guadeloupe. *Fruits de outre mer*, 13 : 85-94.
7. Jones D.R. 2000. *Diseases of Banana, Abacá and Enset*. (D.R. Jones Ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK, 544pp.
8. ————. 2003. The distribution and importance of the *Mycosphaerella* leaf spot diseases of banana. In *Proceedings of the 2nd International workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases held in San José, Costa Rica, 20-23 May 2002*.
9. Leach R. 1964. Report on Investigations into the Cause and Control of the New Banana Diseases in Fiji, *Black Leaf Streak*. Council Papers Fiji 38.
10. Mayorga, P.M.: 1990. La Raya Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del plátano y el banano. I. Ciclo de vida del patógeno bajo las condiciones de la zona de Urabá.
11. Mayorga, P.M.: 2009. La Raya Negra del plátano y el banano causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*. Morelet. En publicación.
12. Meredith, D.S. y Lawrence, J.S. 1969 Black leaf Streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): symptoms of the disease in Hawaii and notes on the conidial state of the causal fungus. *Trans.Br.mycol.Soc.* 52:459-476.
13. Rhodes, P.L. 1964. A new banana disease in Fiji. *Commonw. Phytopath. News*. 10:33-41.
14. Stover, R.H. and Dickson, J.D. 1970. Leaf spot of bananas caused by *Mycosphaerella musicola*: Methods of measuring spotting prevalence and severity. *Trop. Agric (Trinidad)* 47:289-302.
15. Zimmerman A. 1902. Ueber einige an tropischer kulturpflanzen beobachtete pilze. II *Zentbl. Bakt. Parasitkde.* Abt. 2, 8: 219.