

# Hoja Divulgativa N° 5

## MARCHITAMIENTO DEL BANANO OCASIONADO POR FUSARIUM

N. Y. Moore, S. Bentley, K. G. Pegg, and D.R. Jones (junio, 1995)

El marchitamiento por *Fusarium* (conocido anteriormente como Mal de Panamá), es considerado, según registros históricos, como una de las enfermedades más destructivas. Esta enfermedad es causada por un hongo del suelo, denominado *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder & Hans (Foc). La enfermedad fue observada por primera vez en Australia en 1874. En la actualidad, el marchitamiento por *Fusarium*, se encuentra en todas las regiones del mundo en donde se produce banano, con excepción de Papúa Nueva Guinea, las Islas del Pacífico Sur y algunos países que bordean el Mediterráneo.

El marchitamiento por *Fusarium* representa un serio problema para muchos cultivares de banano que son cultivados por productores en pequeña escala para consumo local. Entre éstos cultivares se encuentran: Latundan (Filipinas), Maca (Brasil), Pisang Rastali (Malasia), Rasthali (India), los cuales pertenecen al subgrupo AAB 'Silk'; Lady finger (Australia), Prata (Brasil) "Virupakshi (India), los cuales pertenecen al subgrupo AAB 'Pome' y Chuoi Tay (Vietnam), Kayinja (Africa del Este), Klulai Namwa (Tailandia) los cuales pertenecen al subgrupo ABB 'Pisang Awak'. Además de los anteriores, se ha informado de otros cultivares, importantes a nivel local que, en algunos ambientes, también son susceptibles a esta enfermedad como son los de los subgrupos de Altura del Oriente Africano (AAA 'Mutika/Lujugira') y Pisang Mas (AA 'Sucrier').

Si esta enfermedad se diseminara por el Pacífico Sur, los cultivares del popular subgrupo de bananos para cocción del Pacífico (AAB 'Maia

Maoli/Popoulou') también serían vulnerables, puesto que se han efectuado evaluaciones en el campo con algunos de estos materiales que han mostrado susceptibilidad a la enfermedad. Además, se conoce que algunos clones que son ampliamente cultivados de los subgrupos ABB 'Blugoe' y AAA 'Gros Michel' también son susceptibles.

El Gros Michel fue la base con la cual se inició el comercio bananero para exportación de América Latina y el Caribe. Durante las décadas de 1940 y 1950, el marchitamiento por *Fusarium* ocasionó la declinación progresiva de las plantaciones de este cultivar, lo cual conllevó a la adopción de cultivares del subgrupo 'Cavendish' AAA, como los principales tipos de banano para la exportación. Hasta la fecha, los cultivares Cavendish son el fundamento de la industria de exportación a nivel mundial. Estos cultivares son altamente apetecidos para consumo local en países como Australia, China, Vietnam, India, Pakistán, Egipto y África del Sur. Desafortunadamente, en las plantaciones localizadas en las regiones subtropicales, en países tales como Taiwán, España (Islas Canarias), Australia y África del Sur, en las cuales se emplean cultivares Cavendish, se ha incrementado el ataque de esta enfermedad. Se considera que durante el invierno, las plantas en estas regiones están predispuestas a la infección sistémica de ciertas razas de *Foc*, debido al estrés ocasionado por el frío. Sin embargo, las pérdidas recientes en plantaciones de Cavendish para exportación, localizadas en Malasia, Sumatra y Java, permitieron dilucidar el que, bajo condiciones tropicales,

*Plantación de banano Lady Finger (AAB 'Pome') en Australia completamente destruida por el marchitamiento por fusarium.*



**inibap**



**Sección de un pseudotallo mostrando una decoloración del tejido vascular debida a Foc.**



**Pisang Awak (ABB) con síntomas foliares del marchitamiento por fusarium.**

otras razas de esta enfermedad también son capaces de infectar, sistemáticamente, cultivares como el Valery, el Gran Enano y el Williams. Aunque no se ha reportado que el Cavendish que se cultiva en América Latina y el Caribe, sucumba en gran escala a esta enfermedad, nuevamente el comercio mundial se ve amenazado por este patógeno.

Los síntomas externos clásicos y conspicuos del marchitamiento por Fusarium en el banano, aparecen inicialmente en forma de un amarillamiento en las orillas de las hojas viejas (en sus inicios, este síntoma se puede confundir con una deficiencia de potasio, especialmente bajo condiciones de sequía o de frío). Este amarillamiento se extiende de las hojas más viejas hacia las más jóvenes. Las hojas colapsan gradualmente en el peciolo o, más comúnmente, hacia la base de la nervadura central y cuelgan hasta formar una "camisa" de hojas muertas alrededor del pseudotallo. En algunos cultivares, las hojas de las plantas afectadas permanecen predominantemente verdes hasta que los peciolos se doblan y las hojas se colapsan. Las hojas más jóvenes son las últimas en mostrar los síntomas, y frecuentemente permanecen erectas, dando a la planta una apariencia "erizada". El desarrollo de la planta no es detenido por la infección y las hojas que emergen son, por lo general, más descoloridas que las de una planta saludable. La lámina de las hojas nuevas puede reducirse en forma apreciable, así como mostrar arrugas y deformaciones. También se pueden desarrollar fisuras longitudinales en el pseudotallo. Una planta de banano susceptible, infectada por el Foc, raramente se recupera. Sin embargo, ésta puede presentar un desarrollo escaso por algún tiempo, y producir hijuelos infectados antes de morir. No se han observado síntomas de la enfermedad en los frutos.

La infección se produce cuando el patógeno penetra las raíces de la planta. Luego el hongo invade los vasos del xilema y, si no es bloqueado por obstrucciones vasculares del hospedero, éste avanza dentro del cormo. Los síntomas internos se caracterizan por una decoloración vas-

cular, la cual se inicia con un amarillamiento en los tejidos vasculares de las raíces y del cormo. Esta decoloración amarilla, roja o café progresa hacia los haces vasculares del pseudotallo y algunas veces del raquis.

Conforme la planta va muriendo, el hongo sale del xilema y se introduce en los tejidos cercanos, formando muchas clamidosporas, las cuales regresan al suelo cuando la planta se pudre. El Foc también puede colonizar y permanecer en las raíces de hospederos alternativos, incluyendo parientes cercanos del banano y algunas especies de malas hierbas y pastos, aún cuando, bajo condiciones de campo, éstas plantas no muestren síntomas. Este hongo puede sobrevivir en el suelo por más de 30 años, en forma de clamidosporas, las cuales se alojan en los rastrojos de las plantas infectadas o en las raíces de los hospederos alternativos. La diseminación del patógeno a nivel local, nacional e internacional se produce con mayor frecuencia, a través de los rizomas o de hijuelos infectados y en el suelo adherido a éstos. Es posible que el material de siembra infectado no presente síntomas visibles. El Foc también se puede propagar a través del suelo adherido a los implementos de siembra o a los vehículos. El Foc se propaga lentamente de planta a planta, desde un punto aislado de introducción, en una plantación libre de ésta enfermedad. Si, por el contrario, las esporas son transportadas por el agua de escorrentía o contaminan una fuente de irrigación, la enfermedad se puede diseminar muy rápidamente, diezmando una plantación en término de pocos meses, si las condiciones son favorables.

Existen varios factores que influyen en el desarrollo de esta enfermedad. El cultivar de banano es de primordial importancia, aún cuando existen otros aspectos tales como el drenaje, las condiciones ambientales y el tipo de suelo, que también influyen en el desarrollo de la enfermedad. Los suelos supresivos, en los cuales las poblaciones microbianas suprimen la población del patógeno, fueron descritos por primera vez en



Los aislados de *Foc* encontrados en Australia, Indonesia, Malaysia, Filipinas, Taiwan, Suráfrica y las islas Canarias pueden atacar clones de Cavendish (AAA).

América Central en la década de 1930. También se ha informado sobre este tipo de estos suelos en las Islas Canarias, Australia y África del Sur.

En la actualidad se realizan investigaciones cuyo propósito es determinar la variación genética y patogénica del *Foc*, así como la distribución geográfica de sus variantes. Es necesario determinar la diversidad patogénica y genética dentro y entre las poblaciones de *Foc* a nivel local, nacional e internacional, antes de desarrollar cultivares resistentes para combatir esta enfermedad. No es posible utilizar las técnicas genéticas convencionales para el estudio de la diversidad genética de este patógeno, puesto que en el *Foc* no se ha determinado el estado sexual. Entre las técnicas analíticas que se han aplicado con el propósito de diferenciar los aislamientos de *Foc* se encuentran la compatibilidad vegetativa, la producción volátil, el análisis de enzimas pépticas y de ADN.

Actualmente se conocen cuatro razas de *Foc*. El término raza se utiliza en forma menos formal con relación a este patosistema, puesto que las bases genéticas de susceptibilidad y resistencia aún no han sido caracterizadas. Las razas de *Foc* descritas actualmente, se refieren a cepas del patógeno, las cuales se ha observado que son patogénicas a cultivares hospederos específicos en el campo. La Raza 1 es patogénica en cultivares de los subgrupos AAB 'Silk' y 'Pome' y al AAA 'Gros Michel'. La Raza 2 es patogénica al ABB 'Bluggoe' y a otros bananos para cocción muy cercanos a éste. La Raza 3 se ha reportado en Honduras, en Costa Rica y en Australia en especies de *Heliconia* y muestra muy poco o ningún efecto sobre el banano. La Raza 4 ataca al AAA 'Cavendish' y a todos los cultivares susceptibles a las razas 1 y 2. El grupo de hospederos diferenciales no determina en forma adecuada la virulencia que existe entre las poblaciones de las razas conocidas. No siempre es posible caracterizar las poblaciones de *Foc* mediante pruebas de patogenicidad debido a las interacciones de la planta con el ambiente.



Silk (AAB), un cultivar popular en numerosos países asiáticos, es sumamente susceptible al marchitamiento por fusarium.

La compatibilidad vegetativa es una técnica basada en los mecanismos asexuales que representan naturalmente en el *Foc*, los cuales pueden ser empleados en el laboratorio, para identificar grupos genéticamente aislados, conocidos como grupos vegetativos compatibles (GVCs). Las cepas de *Foc* que pertenecen al mismo GVC son genéticamente idénticas o muy similares con respecto a otras características y están, por lo tanto, más relacionadas entre ellas que las cepas vegetativamente incompatibles. El análisis de compatibilidad vegetativa puede ser utilizado para determinar la diversidad de razas de *Foc* dentro de una región y, además, es una técnica más rápida y confiable que la prueba de patogenicidad. Los resultados obtenidos en investigaciones efectuadas en Australia, muestran una fuerte correlación entre el GVC y la patogenicidad, pero, dado que con *Foc*, más de una raza puede ocurrir dentro de un GVC y que cada raza puede incluir más de un GVC, es a menudo difícil utilizar los GVCs para diferenciar los patotipos. Actualmente se han descrito veintinueve GVCs de *Foc* y está en vías de definirse un patrón de distribución de éstos GVC alrededor del mundo. Estudios recientes demuestran que quince de los veintinueve GVCs descritos se han encontrado en poblaciones de *Foc* en Asia, centro de origen del género *Musa*.

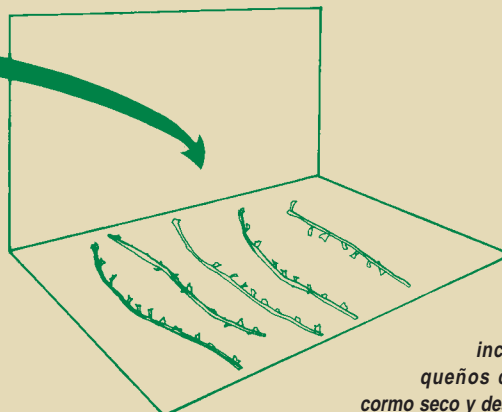
Puesto que únicamente la reproducción asexual está involucrada en la biología de población de este patógeno, la diversidad genética se puede cuantificar a través de la diversidad genotípica. Lo anterior puede ser determinado aplicando métodos como el PCR empleando "primers" arbitrarios (ej. técnicas RAPD y DAF), con el propósito de suministrar huellas genéticas de ADN. Las huellas genéticas de ADN permiten determinar las relaciones genéticas entre GVCs diferentes, así como entre aislamientos de un mismo GVC. La caracterización molecular y genética que se ha efectuado hasta la fecha, ubica a los aislamientos de *Foc* en dos grupos diferentes, lo cual sugiere un origen bifilético de este patógeno. Estas investigaciones sugieren que el

Corte secciones de tejido de la parte baja del pseudotallo cuando tiene mucha fibras descoloridas. Disecte fibras vasculares individuales descoloridas y colóquelas entre hojas de papel secante estéril para que se sequen con el aire.



Cuando se sequen, coloque el papel secante en un sobre, séllelo y rotúlelo con:

- número de muestra
- nombre del cultivar (incluso nombres locales)
- procedencia
- nombre del recolector
- fecha



Además de las fibras vasculares, se pueden incluir, en un sobre aparte, pequeños cubos (2-3cm<sup>2</sup>) de tejido de corno seco y descolorado. Este material se utilizará como fuente adicional de tejido vascular enfermo, en caso de que las fibras vasculares no funcionen.

*Foc* y el género *Musa* coevolucionaron en Asia, para generar cepas genéticamente diversas del patógeno. Sin embargo, se requiere de estudios adicionales para confirmar la hipótesis de la coevolución.

Los métodos de control químico, las inundaciones, la rotación de cultivos y el uso de enmiendas orgánicas no han sido efectivas para combatir el Marchitamiento por *Fusarium*. En la actualidad, existe un consenso general de que la única forma de control efectiva para esta enfermedad es la resistencia del hospedero. Es factible encontrar fuentes naturales de resistencia en especies y cultivares silvestres, así como en diploides sintéticos desarrollados por los programas de mejoramiento. Actualmente se tienen cuatro programas principales de mejoramiento convencional de banano, ubicados en Honduras (FHIA), Brasil (EMBRAPA-CNPMP), Nigeria (IITA) y Guadalupe (CIRAD-FLHOR). Estos programas han concentrado sus esfuerzos en utilizar la resistencia que poseen el Pisang Jari Buaya, el Pisang Lilin y la *Musa acuminata* ssp. *burmannioides* (Calcutta 4). Aún cuando no se ha logrado producir un sustituto para los cultivos del subgrupo Cavendish, debido a problemas de fertilidad, es posible producir híbridos que puedan sustituir a los banano para postre AAB y a los bananos para cocción ABB. El FHIA-01 ("Goldfinger"), es un banano para postre desarrollado por el programa de mejoramiento de la FHIA, el cual presenta un sabor ácido, parecido al de la "manzana" y además, en Australia, se determinó que presenta resistencia contra las razas 1 y 4 de *Foc*. Otras técnicas que se emplean actualmente para producir genotipos resistentes son la biotecnología, la inducción de mutaciones y la variación somaclonal. Los híbridos provenientes de los programas de mejoramiento deben evaluarse en el campo, en sitios seleccionados alrededor del mundo mediante el Programa Internacional de Evaluación de *Musa* (IMTP-PIEM), organizado por INIBAP y financiado por el PNUD.

Los procedimientos de exclusión y cuarentena son efectivos para controlar la enfermedad puesto que restringen el movimiento de cormos, hijuelos y suelo, que podrían transportar el *Foc* de regiones infestadas a áreas limpias. Se debe estimular el empleo de material para siembra proveniente de cultivo *in vitro*, puesto que si éste se maneja correctamente, debe estar libre del patógeno. Es imperativo que las poblaciones

de *Foc* que atacan al Cavendish reconocidas recientemente en el Sudeste de Asia, no se diseminen a otras regiones geográficas, especialmente a América Latina y el Caribe.

Es necesario desarrollar un método mediante el cual las respuestas hospedero-patógeno puedan ser comprobadas, en forma rápida y confiable, en una cámara de crecimiento o en un invernadero. De esta manera, se podría determinar la variabilidad patogénica entre aislamientos caracterizados genéticamente. Además, es necesario realizar estudios epidemiológicos con el propósito de suministrar información sobre cómo interactúan, en el campo, los diferentes genotipos hospederos y los genotipos del patógeno, en diversas regiones geográficas. Sería provechoso desarrollar un sistema de detección basado en el PCR para identificar patotipos de *Foc*, con el propósito de evaluar el material para siembra e identificar aislamientos en suelos infectados y en plantas enfermas.

El análisis continuo de las poblaciones de *Foc*, particularmente en Asia, en donde es posible encontrar la máxima variabilidad de hospederos y patógenos, incrementará nuestro conocimiento sobre la diversidad genética del *Foc*. **Su ayuda es necesaria.** INIBAP solicita que los especímenes de tejido vascular provenientes de plantas enfermas, se recolecte, como se indica en el diagrama adjunto. El material deberá ser enviado por correo aéreo a la Dra. Natalie Moore (Plant Protection Unit, Department of Primary Industries, 80 Meiers Road, Indooroopilly, Q 4068, Australia) para el análisis respectivo. Los colaboradores recibirán información sobre los resultados que se obtengan, los cuales ayudarán a los programas nacionales de fitoprotección para identificar los problemas actuales y potenciales.

El Department of Primary Industries (Dr. N. Moore and Mr. K. Pegg) y el Cooperative Research Centre for Tropical Plant Pathology (Dr. S. Bentley), son dos de los colaboradores clave de INIBAP en Queensland, Australia. INIBAP en asocio con el ACIAR, apoya la investigación en Queensland sobre el análisis genético de los aislamientos de *Foc* provenientes de Asia.

Traducido del original por L. Vega y R. Jaramillo.