



GOBIERNO NACIONAL



Ministerio de
Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

PROGRAMA NACIONAL DE BANANO, PLÁTANO Y OTRAS MUSÁCEAS



LA RAZA TROPICAL 4 DE MAL DE PANAMÁ: AMENAZA POTENCIAL PARA LA INDUSTRIA BANANERA Y PLATANERA DEL ECUADOR

IGNACIO SOTOMAYOR HERRERA

BOLETÍN DIVULGATIVO N° 418

QUEVEDO - ECUADOR

2012

INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE
PROGRAMA NACIONAL DE BANANO, PLATANO Y OTRAS MUSÁCEAS

BOLETÍN DIVULGATIVO N° 418

LA RAZA TROPICAL 4 DE MAL DE PANAMÁ: AMENAZA POTENCIAL PARA LA INDUSTRIA BANANERA Y PLATANERA DEL ECUADOR

IGNACIO SOTOMAYOR HERRERA

QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR
2012





GOBIERNO NACIONAL

Ec. Rafael Vicente Correa Delgado
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPUBLICA

Scigo. Javier Ponce Cevallos
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERIA,
ACUACULTURA Y PESCA

Dr. Julio César Delgado Arce
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP

Ing. José Villacís Santos
DIRECTOR ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

AUTOR

Ing. Ignacio Sotomayor Herrera

COMITÉ DE PUBLICACIONES

Ing. Carlos Molina Hidrovo

Ing. Alfonso Vasco Medina

Ec. Carlos Edison Zambrano

IMPRESIÓN: Grafimarketing



CONTENIDO

Contenido	3
Prefacio	4
Antecedentes	7
Impacto económico	8
Distribución de la enfermedad	14
Organismo causal	16
Sintomatología de la enfermedad	18
Ciclo de la enfermedad	24
Dispersión del patógeno	26
Hospederos alternativos	27
Medidas para evitar el ingreso de la raza tropical 4 de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> a Latinoamérica y El Caribe	27
Manejo de la enfermedad	28
Control cultural	28
Control biológico	31
Control químico	31
Resistencia genética	31
Bibliografía consultada	35
Anexo	39

PREFACIO

El cultivo de banano a nivel mundial está siempre amenazado por la acción destructiva de las enfermedades. Dentro de éstas, el Mal de Panamá causado por el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, ha sido históricamente considerada como una de las enfermedades más catastróficas de las musáceas y reconocida entre las 10 más importantes en la agricultura.

La raza 1 del patógeno fue la causante de la epidemia que devastó miles de hectáreas de banano Gros Michel en América a mediados del siglo pasado, fruta de la que básicamente dependía la producción comercial. Esta epidemia trajo como consecuencia la transformación de la industria bananera que tuvo que reemplazar estas plantaciones susceptibles por cultivares del subgrupo Cavendish, resistentes en esa época a la enfermedad y la utilización de nuevas tecnologías de la producción.

Las pérdidas económicas que causó el Mal de Panamá en las plantaciones de la industria de exportación en América, se estimaron en alrededor de los 2.300 millones de dólares. Sin embargo, se considera que en realidad éstas aún fueron mayores, puesto que no se logró estimar el impacto a nivel de los pequeños productores de esta musácea debido a la carencia de registros. Adicionalmente, la enfermedad provocó también un impacto social significativo, al incrementarse la tasa de desempleo, lo que afectó en consecuencia a la estabilidad del sector bananero.

Fusarium oxysporum f. sp., es un patógeno que se caracteriza por su amplia variabilidad, habiéndose reportado en los últimos años la presencia la raza tropical 4 considerada como una forma altamente virulenta del hongo, que ha provocado pérdidas millonarias en la industria bananera en el sudeste de Asia. Esta raza tiene la capacidad de atacar a los cultivares de banano Cavendish (casi el 100% de las exportaciones se basa en este subgrupo) tales como Cavendish gigante, Valery, Williams y Grand Nain, así como a la mayoría de musáceas comestibles entre las que se incluye el plátano, llegando

a convertirse nuevamente en una seria amenaza potencial para la actividad bananera y platanera de la América latina y El Caribe.

Esta raza identificada a finales de 1990 en el sureste de Asia, viene diseminándose en forma alarmante hacia otras áreas productoras, reportándose actualmente en Taiwan, China, Malasia, Indonesia, Australia, Filipinas, donde viene provocando pérdidas económicas significativas.

Bananos y plátanos son rubros muy importantes para la economía y los ingresos individuales de los productores ecuatorianos, además de ser componentes importantes para la sostenibilidad alimentaria de la población. Por ello, el ingreso de la raza tropical 4 a nuestro país, llegaría a provocar un tremendo impacto económico con efectos sociales marcados.

Ante esta situación, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, consciente de la naturaleza y seriedad que representa esta amenaza potencial, considera imperiosa la necesidad de realizar esfuerzos coordinados entre las diferentes instituciones como Agrocalidad, Centros de Investigación, Empresas bananeras y plataneras, profesionales y productores, para evitar la introducción de la raza tropical 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* y otras enfermedades cuarentenarias a nuestro país y preparar las estrategias para su rápida detección, posterior diseminación y manejo.

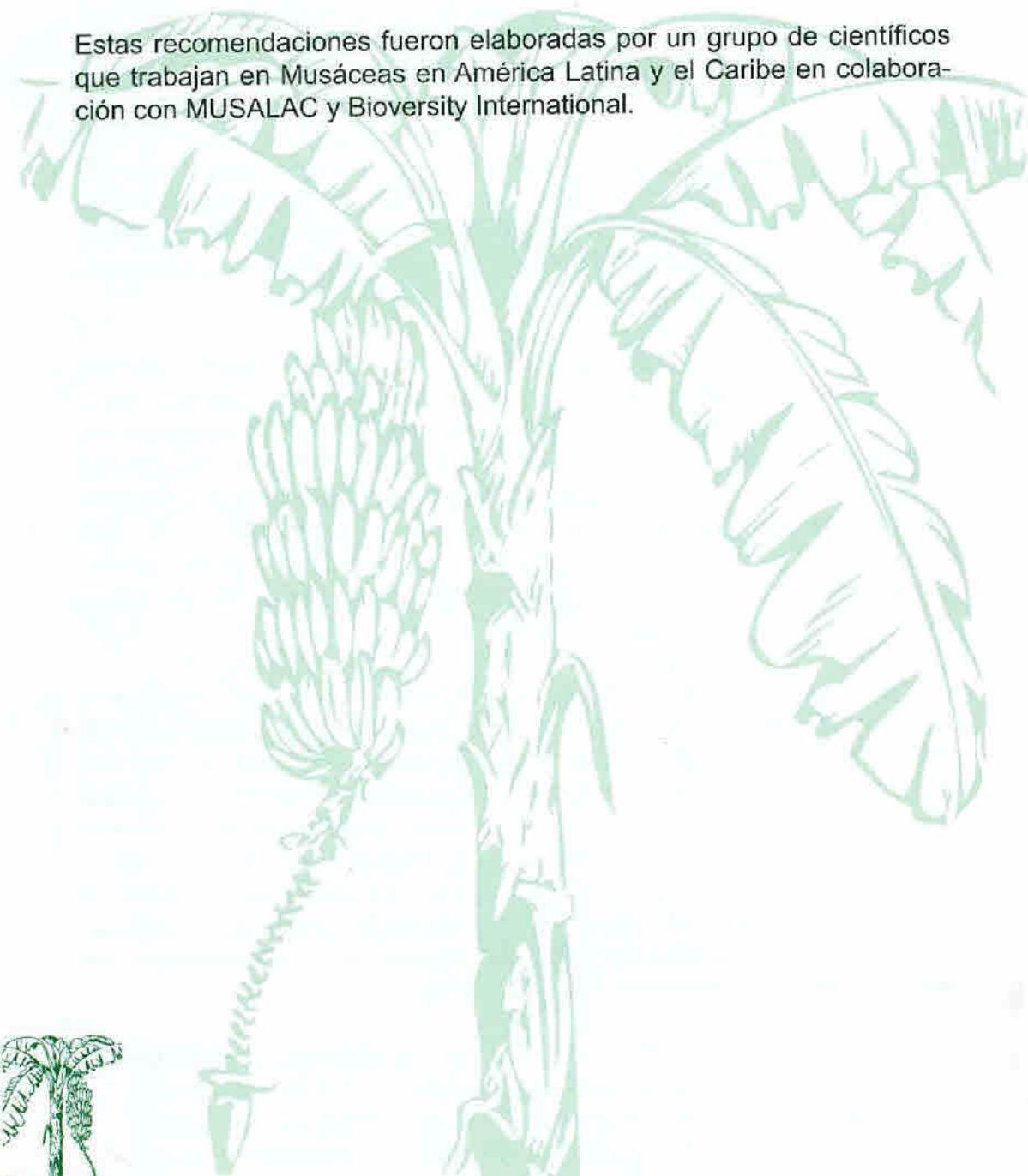
Dentro de este contexto, se ha preparado el presente boletín divulgativo sobre los principales aspectos relevantes de la enfermedad, producto de una extensa revisión de literatura internacional y obtención de información recopilada a través de MUSALAC, contactos con personal científico y técnico involucrado en la actividad bananera y platanera mundial. Este documento, incluye información sobre el impacto económico y social causado por la presencia de la raza tropical 4 en los países actualmente afectados, su organismo causal, sintomatología, dispersión, hospederos alternativos, medidas para evitar el ingreso de la raza tropical 4 del Mal de Panamá y manejo de la enfermedad.

Como anexo al presente boletín, se ha considerado importante incluir también las recomendaciones dirigidas a : Empleados de las compañías fruteras, representantes de compañías de agroquímicos, inspectores de Compañías Certificadoras, representantes de



ONG's, y cualquier otro visitante a plantaciones de banano en el Sur Este Asiático, y plantaciones de piña en Sur América, con el propósito de prevenir la entrada de enfermedades cuarentenarias de alta importancia económica para banano y piña.

Estas recomendaciones fueron elaboradas por un grupo de científicos que trabajan en Musáceas en América Latina y el Caribe en colaboración con MUSALAC y Bioversity International.



ANTECEDENTES

El Mal de Panamá causado por el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, es considerado a nivel mundial como la enfermedad más destructiva del cultivo de banano y plátano (*Musa spp.*). El patógeno probablemente se originó en el sudeste de Asia y en 1876 fue registrado por primera vez en Australia. En 1911 fue reportado en la India, en 1916 en Indonesia (Java), 1920 en la Filipinas y 1953 en Malasia. Se conoce que por el año de 1950 muy pocas regiones productoras de banano se encontraban libres de la enfermedad.

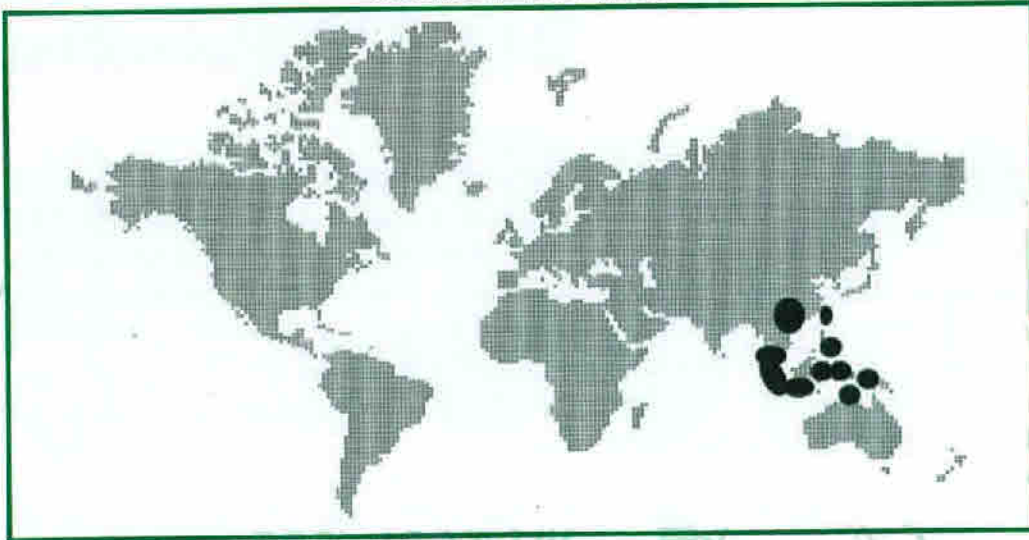
Antes del año 1960, la industria bananera básicamente dependía de la fruta producida en explotaciones comerciales establecidas con la variedad Gros Michel, de alta demanda en el mercado internacional, que era altamente susceptible al ataque del patógeno. El Mal de Panamá fue el causante de graves estragos en las plantaciones de Gros Michel (AAA), devastando miles de hectáreas sembradas en países productores de Centro y Sudamérica. Esta epidemia provocó pérdidas de cientos de millones de dólares dando lugar al establecimiento de cultivares del subgrupo Cavendish como cultivo de exportación, considerados en esa época como resistentes a la enfermedad.

Por el enorme impacto provocado, esta enfermedad ha llegado a considerarse dentro de las más destructivas de las plantas registrada en la agricultura mundial. La raza 1 del hongo fue la responsable de las grandes epidemias provocadas por la enfermedad en la variedad Gros Michel, convirtiéndose por muchos años en el problema más serio del cultivo del banano en América tropical.

Desafortunadamente, una nueva raza de Mal de Panamá, que ha sido denominada raza tropical 4, se la ha reportado en zonas productoras del sureste de Asia, afectando severamente a plantaciones comerciales de Cavendish en Taiwan, China, Indonesia, Malasia, Australia y últimamente en Filipinas, convirtiéndose de esta manera en una seria amenaza para la producción de banano y plátano en el hemisferio occidental.



Distribución actual de la raza tropical 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cabense*.
Crédito: R. Ploetz, 2010



En el continente americano, el 100 % de las plantaciones comerciales están establecidas con cultivares del subgrupo Cavendish, que son susceptibles a la mencionada raza como lo son también la mayoría de las musáceas comestibles entre las que se incluye el plátano. En consecuencia, la enfermedad de llegar a diseminarse a nuestro continente, podría tener un fuerte impacto económico y social.

IMPACTO ECONÓMICO

Los cultivos de banano y plátano en la mayor parte de los países productores de Latinoamérica y el Caribe, tienen una especial y relevante importancia, no solamente como fuentes generadoras de divisas, sino también por el aporte significativo que brindan a la seguridad alimentaria de la población. Se ha reportado que en América Latina y el Caribe se cultivan alrededor de 1.2 millones de hectáreas de Cavendish y unas 986 mil hectáreas de plátanos (AAB), con una producción estimada de 24.6 millones y 9.1 millones de toneladas métricas, respectivamente. De esta región se comercializa el mayor volumen de fruta exportable con una cantidad estimada de alrededor de tres mil millones de dólares americanos.

Por otra parte, se debe destacar también que tanto la industria bananera como la platanera, son fuentes importantísimas en la generación de empleo directo e indirecto a lo largo de todo el año en estas zonas productoras.



En la década del 50 al 60, la raza 1 del hongo causante del Mal de Panamá, fue la que provocó la acción devastadora de miles de hectáreas establecidas comercialmente con Gros Michel, el mejor banano por su sabor y aroma conocido hasta ahora en el mundo. La única solución para enfrentar este grave problema, fue promover el reemplazo de este material genético con cultivares resistentes del subgrupo Cavendish (AAA), lo que trajo como consecuencia que el Mal de Panamá no alcance un mayor impacto económico y sea la razón para que no se le preste una mayor atención. Cabe mencionar que se hicieron enormes esfuerzos para tratar de mantener al Gros Michel como la variedad por excelencia de exportación, sin embargo, este objetivo no se pudo lograr, al no disponerse de un método de combate químico o cultural de control, debido a la altísima agresividad y larga persistencia del hongo en el suelo, tornándose imperativa la necesidad de que esta variedad susceptible tenga que ser sustituida.

La nueva raza tropical 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* que ataca en forma severa a los cultivares de Cavendish y a la mayoría de las musáceas comestibles, en la actualidad se está diseminando en forma verdaderamente alarmante en las áreas productoras tropicales y regiones de subsistencia de Taiwan, Indonesia, Malasia, Australia, Filipinas y en provincias del sur de China. Este patógeno viene causando una amplia devastación de las plantaciones en estas áreas, convirtiéndose en una seria amenaza para el comercio y el consumo de banano y plátano.

La primera epidemia de la raza tropical 4 del patógeno fue reportada desde Taiwan en 1967, afectando a la principal área de producción de banano.

Finca de banano Cavendish gigante afectada por Mal de Panamá en Taiwan
Crédito: Hwang y Ko, 2004



La industria bananera de este país se basa principalmente en cultivares Cavendish (más de 90% de hectáreas), siendo originalmente exportador de la fruta al Japón. A pesar del marcado crecimiento y desarrollo, la superficie bananera de Taiwan, pasó de más de 50.000 hectáreas que disponía en 1960 a solo 6.000 en un lapso de 10 años. El impacto negativo de la producción bananera que se llevó a cabo en los años 70 en este país, se debió a la gran competencia extranjera y a los altos costos de producción, causados en su mayor parte por la raza tropical 4 del hongo, afectando negativamente a la competitividad taiwanesa dentro del mercado de exportación.

Se han identificado a los grupos de compatibilidad vegetativa 01213-01216 del patógeno como los más virulentos. En consecuencia, se estima que la supervivencia de la industria bananera de Taiwan, básicamente dependerá del uso de material de siembra libre de patógenos, proveniente de cultivo de tejidos, cultivos anuales, selección y uso de variedades somaclonales resistentes. No obstante, a pesar del relativo éxito en el uso de estas medidas, la raza tropical 4 continúa siendo un factor negativo importante que afecta a la producción de la agobiante industria bananera en Taiwan.

Por otra parte, a partir de 1990 se publicaron en Malasia e Indonesia los primeros informes de la raza tropical 4 (VCG 01213-01216) en plantaciones de Cavendish. Se ha mencionado que la enfermedad ha causado la destrucción de millones de plantas.

En Indonesia se ha considerado que el movimiento de material de siembra infectado realizado por medio de los comerciantes y productores migratorios, ha sido la causa de la diseminación del patógeno de una isla a otra. En la actualidad, la raza tropical 4 se encuentra en las islas de Sumatra, Java, Sulawesi, Halhamera y en la provincia de Papua, cerca de la frontera con Papua Nueva Guinea. Cabe mencionar que entre 1993 y el 2002 en el distrito de Lampung en la isla de Sumatra, el *Fusarium* causó pérdidas de alrededor de 9 a 11 millones de dólares a los pequeños productores. Alrededor de 5000 hectáreas de plantaciones que fueron establecidas con banano Cavendish con el propósito de promover la exportación principalmente a Japón fueron totalmente abandonadas. El Mal de Panamá se observó pocos meses después de la siembra, incrementándose su incidencia y severidad en forma realmente dramática. En algunas fincas de Indonesia, se han llegado a registrar ritmos de aumento de la infección de hasta 55 plantas afectadas/ha/mes al segundo año de detectada la presencia de la enfermedad.



En Malasia donde la enfermedad se la considera como un factor limitante de la producción comercial de banano, aún se encuentra confinada a la Isla Peninsular. El banano es un cultivo popular, que es explotado tanto para consumo local como para exportación, con un área de 25.710 hectáreas y una producción de 254.440 toneladas. Casi la mitad de la superficie cultivada es plantada con "Pisang Berangan (AAA)" y tipos Cavendish. En años recientes se ha reportado que las áreas establecidas se han reducido, siendo la raza tropical 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* uno de los factores que ha contribuido a este hecho.

Devastación de una plantación de banano en Malasia 1995
Crédito: R. Ploetz 2000



En los inicios de 1990, se sembraron 343 hectáreas de vitroplantas de Grand Nain libres de *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, en una hacienda localizada en el estado de Nam Heng. La enfermedad fue detectada 6 meses después de realizada la siembra. La diseminación de la enfermedad se incrementó en forma exponencial a 32.2% después de 4 años. Ataques similares de la enfermedad, se reportaron también en otras haciendas establecidas con cultivares Cavendish en Johor,



zona también sin antecedentes de la presencia del hongo. Esta situación sugiere que la raza tropical 4 del patógeno, es probablemente indígena en el sureste de Asia, región que es considerada el centro de origen de bananos comestibles.

Tomando en consideración que la mayor parte de los cultivares de banano en Malasia son susceptibles a la infección, se ha considerado como de alta prioridad, la necesidad de encontrar alternativas tecnológicas adecuadas de manejo de la enfermedad así como también el desarrollo de cultivares de banano resistentes o tolerantes a la raza tropical 4.

Por otra parte, se han reportado también entre 1997 y 1999 varios ataques epidémicos de este patógeno en la parte norte de Australia.

Desde los inicios del año 2000, se reportó la presencia de la raza tropical 4 por primera vez en China, afectando más de 65.000 hectáreas, es decir casi el 25% del total de la superficie dedicada a la producción considerada alrededor de 285.000 hectáreas. La enfermedad continúa aún diseminándose en forma muy alarmante.

En razón del rápido crecimiento económico realizado durante la última década, el cultivo de banano Cavendish en la parte sur de este país, se ha desarrollado en forma extensiva, con miras a satisfacer la creciente demanda de esta musácea. China es considerado el cuarto país productor de bananos del mundo, correspondiendo más del 90% a cultivares Cavendish.

Se considera que la raza tropical 4 de *F. oxysporum f. sp. cubense*, fue introducida desde Taiwan a través del movimiento de material de siembra realizado por productores y comerciantes, concentrándose grandemente en el delta del río Perla en la provincia de Guandong (2003). La diseminación del patógeno se ha llevado a cabo a través del río o a través de las aguas utilizadas para el uso de sistemas de irrigación, por herramientas agrícolas contaminadas, plantas enfermas o en los neumáticos de los vehículos utilizados para la transportación de la fruta. Se considera también que otra de las formas de diseminación de la enfermedad, ha ocurrido a través del transporte del patógeno en los zapatos de personas que transitan desde zonas infectadas a áreas libres de la enfermedad. La no implementación de estrictas medidas cuarentenarias, ha sido la causa principal para la introducción y posterior diseminación de la raza tropical 4 del patógeno en la China.



En el año 2005, se reportó la presencia de la raza tropical 4 de *F. oxysporum f. sp. cubense*, (VCG 01213/16 asociados con la raza tropical 4) en Filipinas, desde donde se han presentado datos de incrementos dramáticos de la incidencia del Mal de Panamá en el período comprendido desde 2005 a 2007. La presencia de esta raza reviste una gran importancia, en razón de que Filipinas está liderando la exportación de fruta Cavendish en Asia, reportándose en el 2006, su más alto volumen de exportación.

En la actualidad, compañías bananeras con el apoyo del gobierno y agencias internacionales, están dedicando grandes esfuerzos para tratar de impedir una mayor diseminación de la enfermedad.

Hasta la presente no se han publicado nuevos reportes acerca de la presencia de la raza tropical 4 de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* en otros países productores de banano, incluyendo la India, considerado como el más grande productor de esta fruta en el mundo. Se considera que el patógeno es endémico en Malasia, Indonesia y posiblemente las Filipinas.

Con estos antecedentes, la diseminación geográfica de la raza tropical 4, su grave efecto sobre la economía e impacto social de los países actualmente afectados, la convierten en una seria amenaza para la producción bananera y platanera de los países libres de la enfermedad, especialmente de América latina, que es el principal continente exportador de banano Cavendish.

El cultivo de banano en el Ecuador representa el primer rubro de exportación, habiéndose exportado en el 2010, más de 265 millones 528 mil 828 de cajas generando más de \$ 1.900 millones de dólares en ingresos al país por concepto de divisas y alrededor de \$ 90 millones por concepto de impuestos al Estado. Este aspecto convierte esta a musácea en uno de los principales contribuyentes al erario nacional. Adicionalmente, la industria bananera genera en el país una importantísima actividad comercial y una gran cantidad de empleos directos e indirectos, ya que es uno de los pocos rubros en que su sistema de producción, cosecha y comercialización se lleva a cabo a lo largo del año.

Por otra parte, se debe enfatizar también que el plátano en nuestro país, es uno de los productos considerados base de la seguridad alimentaria y una fuente de generadora de empleo y divisas a través de su exportación.



La actual globalización y desarrollo del mercado internacional, determinan que los riesgos de la introducción de la raza tropical 4 de *F. oxysporum f. sp. cubense*, en América sean muy altos. Adicionalmente, las condiciones para su establecimiento y la alta concentración del cultivo establecido casi en un solo grupo de clones susceptibles, proporcionan condiciones realmente excepcionales para el desarrollo epidémico de la enfermedad.

DISTRIBUCIÓN DE LA ENFERMEDAD

Se conoce de la existencia de numerosos variantes del agente causal del Mal de Panamá, por lo que los científicos los han clasificado dentro de grupos de compatibilidad vegetativa (VCGs), basados en la habilidad de sus hifas para fusionarse y formar heterocariones estables (células que contienen dos o más núcleos). Cada VCG tiene sus propias características de agresividad y el rango de variedades de banano que ellos atacan.

Formación de heterocariones y grupos de compatibilidad vegetativa (VCG)

Crédito: R. Ploetz



Hasta la presente, se han reportado más de 20 VCGs, lo que es un indicador de la gran diversidad genética que ocurre dentro de la población del patógeno. Los biotipos del hongo conocidos como la raza tropical 4 que han sido confirmados en el sureste de Asia y Norte de Australia atacando a cultivares Cavendish, pertenecen a los VCGs 01213 o 01216.

En el Cuadro 1, se presenta la información relacionada a los grupos de compatibilidad vegetativa (VCG) entre cepas de *F. oxysporum f. sp. cubense*, grupo genómico (cultivar) y su origen.



Cuadro 1. Compatibilidad vegetativa entre cepas de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*

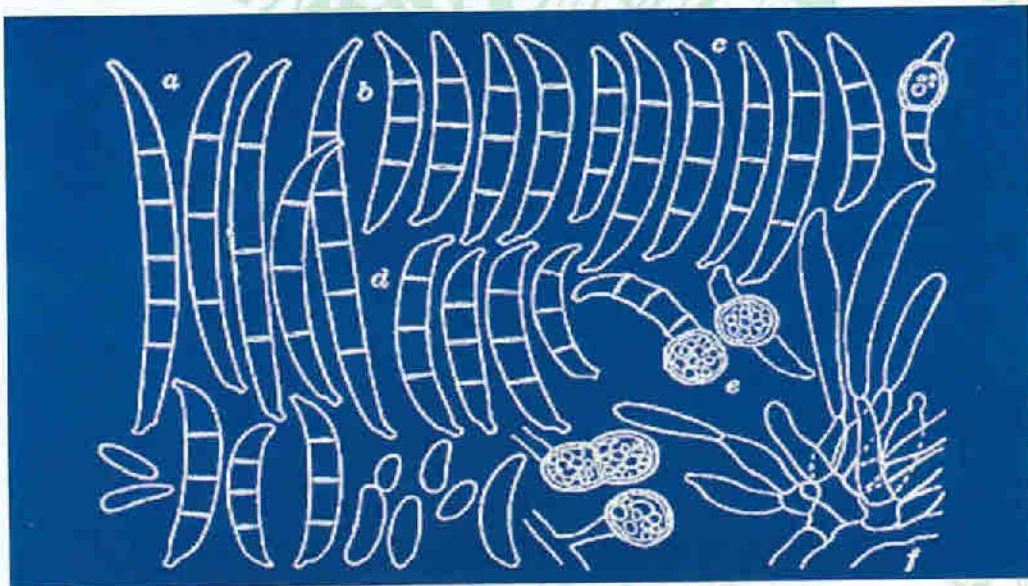
VCG	GRUPO GENOMICO: CULTIVAR	ORIGEN(ES)
0120-1215	Musa sp.; AA: SH-3142, SH-3362 AAA: Gros Michel; Highgate; Pisang Ambon Putih, Pisang Ambon, Dwarf Cavendish; Williams, Mons Mari, Grand Nain, Lacatan; AAB: Prata, Lady Finger, Pacovan; Hua Moa; Silk	Australia, Brasil, Costa Rica, Francia, (Guadalupe, Guayana) Honduras, Indonesia (Java), Jamaica, Malasia (Sarawak), Nigeria, Portugal (Madeira), South Africa, España (Islas Canarias), Taiwán, USA (Florida)
0121	AAA: Gros Michel, Cavendish	Indonesia (Sumatra), Taiwán
0122	AAA: Cavendish; ABB: Saba	Filipinas
0123	AAA: Gros Michel, Grand Nain; AAB: Silk, Latundan, Pisang Keling ABB: Pisang Awak, Kluai Namwa	Malasia (Peninsular y Sarawak), Filipinas, Taiwán y Tailandia
0124-0125-0128-01220	AAA: Williams, Grand Nain; AAAA: Jamaica 1242; AAB: Lady Finger, Maca, Manzano, Maqueño; ABB: Pisang Awak, Ducasse, Kayinga, Zambia, Kluai Namwa; Bluggoe, Harare, Kholobowa, Dwarf Bluggoe, Mbufu, Burro Criolla, Pelipita, Ice Cream	Tailandia, Uganda, USA (Florida), Zaire
0126	AA: Pisang Berlin; AAA: Highgate AAB: Maqueño, Pisang Manuring	Honduras, Indonesia (Irian Jaya, Sulawesi), Papua New Guinea, Filipinas
0129	AAA: Mons Mari; AAB: Lady Finger	Australia
01210	AAA: Gros Michel; AAB: Manzano	Islas Caimán, Cuba, USA (Florida)
01211	AA: SH-3142	Australia
01212	AB: Ney Poovan; AAB: Silk, Kisubi ABB: Pisang Awak, Bluggoe	Tanzania
01213-01216	AA: Pisang Lilin, Pisang Mas; AAA: Pisang Ambon, Valery, Williams, Grand Nain, Novaria, Red, Pisang Udang; Pisang Susu, Pisang Nangka, Pisang Barangan; AAB: Pisang Raja Serah, Pisang Rastali; Pisang Rajah, Relong; ABB: Pisang Awak, Pisang Awak Legor, Saba, Pisang Kepok, Pisang Caputu, Pisang Kosta; Desconocido: Pisang Batán	Australia, Indonesia (Halmahera, Irian Jaya, Java, Sumatra), Malasia peninsular), Taiwán
01214	ABB: Harare, Mbufu	Malawi
01217	AAB: Pisang Rastali	Malasia
01218	AAB: Pisang Rastali; Pisang Raja Serah; ABB: Pisang Awak; Kluai Namwa, Pisang Kepok, Pisang Siam	Indonesia (Java, Sumatra), Malasia (Peninsular), Tailandia
01219	AAA: Pisang Ambon, Pisang Ambon Putih; Desconocido: Pisang Raja Garing	Indonesia (Java, Sumatra)
01221	ABB: Kluai Namwa	Tailandia

Fuente: Ploetz, R.C. 2005.

ORGANISMO CAUSAL

El Mal de Panamá es causado por el hongo habitante del suelo *F. oxysporum f. sp. cubense*, caracterizado por producir tres tipos de esporas: microconidios, macroconidios y clamidosporas. Los microconidios presentan 1 o 2 células de forma oval o de riñón mientras que los macroconidios presentan de 4 a 8 células en forma de hoz, con células basales en forma de pié. Las clamidosporas son de forma usualmente globosa y son formadas en forma individual o en pares, en hifas o conidias, pudiendo ser terminales o intercalares.

Estructuras reproductivas de *F. oxysporum f. sp. cubense*, macroconidas, microconidas y clamidosporas. Wollenweber, 1917



Estas esporas constituyen estructuras importantes de resistencia del patógeno debido a que tienen la capacidad de permanecer viables en el suelo por más de 30 años, ya sea en rastrojos de plantas infectadas o en el sistema radical de hospederos alternativos, lo que torna imposible la siembra de cultivares susceptibles en el mismo sitio.

La variabilidad de las poblaciones del hongo, ha sido establecida también en relación a su patogenicidad, habiéndose descrito cuatro razas patogénicas que afectan a *Musa sp* y hospederos relacionados. La raza 1 fue la causante de las epidemias producidas en plan-

taciones de la variedad Gros Michel (AAA) afectando también a los cultivares Maqueño, Silk (AAB), Pome (AAB), Pisang Awak (ABB) y el híbrido IC2.

La raza 2, afecta intensamente a bananos de cocción como Bluggoe (ABB), comúnmente conocido como “guineo cuadrado”, “Cachaco”, “Topocho” y “Chatos” y algunos tetraploides mejorados. La raza 3 es patogénica en *Heliconia* sp. causando efectos medianos en *Musa* sp. La raza tropical 4, es considerada como la más destructiva y virulenta ya que afecta a los clones susceptibles a las razas 1 y 2 del patógeno así como también a los cultivares del subgrupo Cavendish (AAA), causando pérdidas sustanciales de la producción en plantaciones comerciales y cultivos de subsistencia.

Se debe destacar que existen dos variantes de la raza 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cupense*. Antes de 1990, la raza 4 del patógeno, se había reportado solamente en regiones subtropicales (grupo de compatibilidad vegetativa VCG 0120) de las Islas Canarias, Sudáfrica, y Australia, donde las temperaturas del frío invierno y otras condiciones abióticas, se consideraron factores predisponentes para el desarrollo de la enfermedad, denominándola raza subtropical 4 (RST4). Esta raza ha estado presente por muchos años en los referidos países, sin llegar a causar problemas significantes.

Sin embargo, los graves daños reportados en las últimas décadas en monocultivos de Cavendish establecidos en regiones tropicales del sureste de Asia, se atribuyeron a una población distinta del patógeno (VCG 01213-01216), la que actualmente se conoce como raza tropical 4. No obstante, a pesar de encontrarse restringida al Asia y norte de Australia, esta agresiva raza, ha despertado una enorme preocupación en el mercado occidental debido a su dependencia en clones Cavendish. La raza tropical 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cupense* tiene la capacidad de atacar a más del 80% de los cultivares de banano de exportación, incluyendo todos los cultivares del subgrupo Cavendish, importantes bananos de cocción AAA y ABB, diversos bananos utilizados para postre AA, AB, AAA, AAB y plátanos (Cuadro 2).



Cuadro 2. Especies de plantas afectadas por las diferentes razas conocidas de *F. oxysporum f. sp. cubense*.

ESPECIES	CULTIVAR	GENOTIPO	RAZA 1	RAZA 2	RAZA 3	RAZA 4
Musa acuminata	Gros Michel	AAA	+++	-	-/+a	+++
	Cavendish	AAA	-	-	NT	+++
M.balbisiana		B	-	-	-/+a	+++
M.acuminata x M.balbisiana	Silk	AAB	+++	-	NT	+++
M.acuminata x M.balbisiana	Bluggoe	ABB	-	+++	-	+++
Heliconia			-/++++ b	-	+++	NT

+++ Alta patogenicidad; ++ Moderada patogenicidad; + Baja patogenicidad; - No patogénica; NT No probada

a: No patogénica o patogénica, dependiendo del aislamiento probado

b: No patogénica o patogénica, dependiendo de las especies probadas

Fuente: Rodríguez Rodríguez y Rodríguez Rodríguez. S. *f. Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (E.F.Sm) Snyder & Snyder. & Hans. Mal de Panamá, Marchitamiento. Platanera Musa spp. Gran Canaria, Canarias. Laboratorio de Sanidad Vegetal Espino de Paz, A. 4p. Ficha 181 y 181 bis.

SINTOMATOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD

El Mal de Panamá es considerado como una clásica enfermedad de marchitamiento vascular, al causar la disrupción del sistema de translocación de agua, provocar síntomas foliares sistémicos y el colapso final de las plantas afectadas. El patógeno invade el tejido vascular (xilema) de las plantas a través de las raíces provocando su decoloración y marchitamiento.

Plantación afectada por Mal de Panamá
Crédito: A. B. Molina



Los síntomas típicos de la enfermedad en las plantas afectadas, se caracterizan por presentar externamente una coloración ligeramente amarillenta de las hojas bajas de la planta, con una mayor prominencia alrededor de los márgenes.

Planta de banano mostrando síntomas tempranos de Mal Panamá
Crédito: David Jones



Las hojas afectadas se van tornando eventualmente de un color amarillo brillante con necrosis posterior de los márgenes de las hojas.

PLANTA DE BANANO MOSTRANDO SÍNTOMAS TEMPRANOS DE MAL PANAMA
Crédito A. Daly y G. Walduck, 2006



Se puede observar también el desarrollo de una rajadura longitudinal de la porción bajera de las vainas foliares del pseudotallo.

Planta de banano Cavendish mostrando síntomas de Mal de Panamá caracterizados por amarillamiento de las hojas bajas
Crédito: Hwang y Ko, 2004



A medida que la enfermedad va aumentando en intensidad, hojas más jóvenes se tornan también amarillentas y mueren.

Rajadura del pseudotallo asociada con infección de Mal de Panamá
Crédito: Jeff Daniells



Las hojas colapsan en forma gradual en la unión del pecíolo con el pseudotallo, quedando colgadas a su alrededor en forma de una falda.

Amarillamiento y agobio de hojas bajas en plantas afectadas por Mal de Panamá



En su interior las plantas afectadas presentan inicialmente síntomas en los vasos del xilema (tejido conductor de agua) de las raíces y el rizoma.

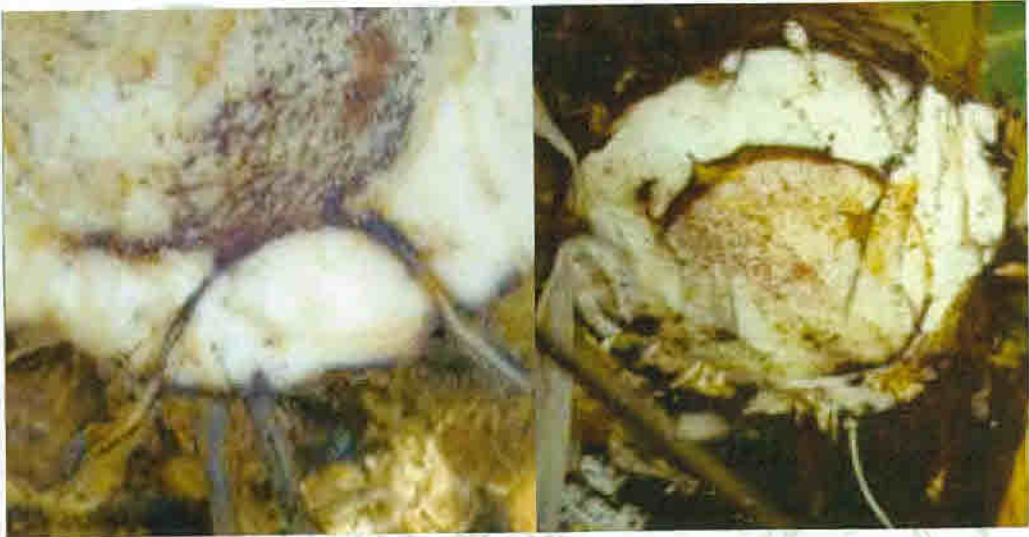
Síntomas internos de Mal de Panamá
Crédito A. Daly y G. Walduck, 2006



Estos se tornan de un color café rojizo a marrón a medida que el patógeno se va desarrollando a través de los tejidos.

Síntomas en el cormo y raíces de banano

Crédito: Luis Pérez Vicente (INISAV - Bioversity International)



A medida que la enfermedad se va desarrollando, en el interior del pseudotallo, se puede observar, una decoloración café rojiza a marrón de los vasos afectados.

Síntomas de Mal de Panamá en pseudotallo de planta de banano



Corte longitudinal de pseudotallo de banano mostrando decoloración café rojiza de los vasos afectados.



La decoloración inicial es de tonalidad amarilla en plantas que presentan síntomas tempranos de la enfermedad.

Síntomas internos de Mal de Panamá
Coloración amarilla de vasos del xilema en el pseudotallo
Créditos: A. Daly y G. Walduck, 2006



Síntomas típicos de la enfermedad no se han observado dentro del fruto.

Es necesario mencionar que hijuelos de banano menores a tres meses de edad, no desarrollan síntomas visibles de marchitamiento por *Fusarium*, factor que ha contribuido a la diseminación del patógeno hacia nuevas regiones, cuando estos materiales asintomáticos han sido utilizados como material de siembra.

Planta de banano mostrando síntomas severos de Mal de Panamá (izquierda- Crédito: G. Walduck) y pseudotallo enfermo con hijuelos aparentemente sanos (derecha- Crédito. I. Sotomayor)



CICLO DE LA ENFERMEDAD

El ciclo de vida del patógeno comienza con una fase saprofitica, caracterizada por la sobrevivencia del hongo en el suelo como clamidospora. Estas esporas tienen la capacidad de permanecer dormantes e inmóviles en los desechos de tejidos de plantas, hasta que su germinación es estimulada utilizando nutrientes que son liberados por las raíces.

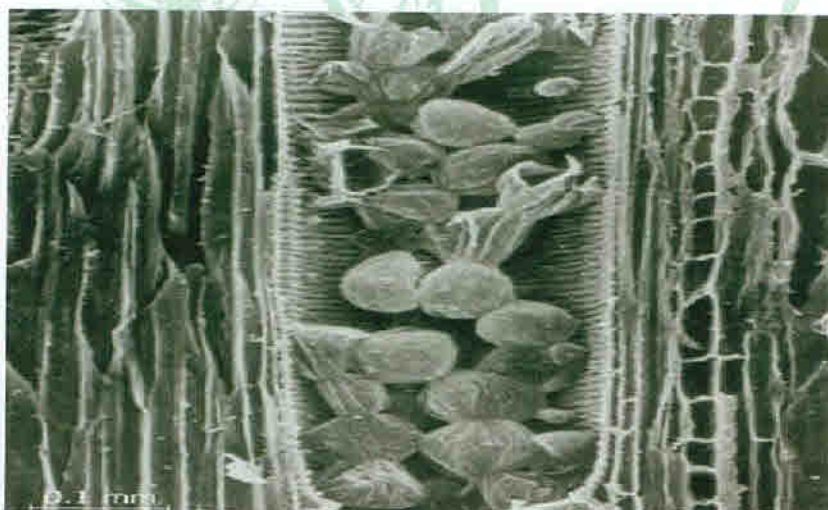
El proceso de infección del hongo se lleva a cabo en las raíces secundarias más finas y luego en raíces primarias de mayor tamaño, a través de los vasos del xilema antes de ingresar al rizoma.

El patógeno procede a invadir y colonizar los vasos del rizoma de la planta, destruyendo las yemas laterales para luego desplazarse a lo largo de los haces vasculares hacia otras partes del cormo, vainas foliares del pseudotallo, transportándose hacia la parte superior de la planta. Una vez que ingresa al xilema, el tejido vascular llega a ser infectado por hifas y microconidias. Estas esporas son transportadas en forma ascendente por la corriente de agua, provocando la obstrucción del sistema conductor, proceso que ocurre a distintos intervalos en el interior de la planta. Una vez que ocurre la germinación de las esporas, las hifas que luego se desarrollan, producen grupos extensos de esporas que colonizan rápidamente el sistema conductor del xilema, dando lugar al desarrollo de los síntomas característicos de marchitamiento de la planta.

Se conoce también que el hongo es capaz de producir una toxina, el ácido fusárico, sin embargo se ha llegado a establecer que los síntomas en su mayor parte parecen ser causados por la respuesta de la planta a la infección producida por el patógeno. Al ingresar a la planta, el hongo activa los mecanismos de defensa provocando la secreción de un gel que en forma rápida se acumula en los haces vasculares, como reacción para contener el ataque del hongo. Este proceso es acompañado por la formación de tilosas en los vasos vasculares, que bloquean el movimiento de agua y nutrientes hacia la parte superior de la planta.

Formación de tilosas en los vasos del xilema de planta de banano con Mal de Panamá

Creditos: G. E. VanderMolen. University of Rhode Island



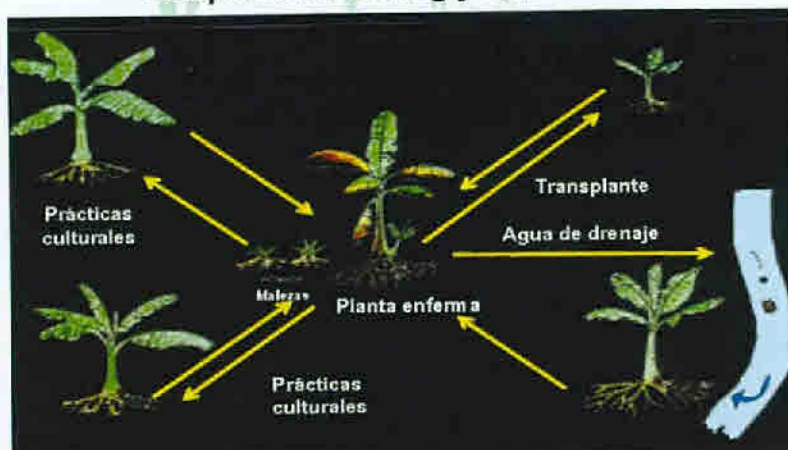
En aquellos casos en que la infección inicial provocada por el hongo es ligera y la respuesta de la planta es rápida, la enfermedad puede ser confinada a unos pocos vasos infectados. Sin embargo, cuando el desarrollo de la infección es severo y la respuesta de la planta a la invasión del patógeno es lenta, el hongo germinará atravesando con sus hifas el bloque de gel y la planta finalmente llega a morir. En este caso, el hongo llega a extender su capacidad infectiva a los tejidos circundantes produciendo las clamidosporas que son las estructuras de resistencia más significativas, a través de las cuales el patógeno puede sobrevivir en el suelo en estado de latencia durante un período largo de tiempo.

DISPERSIÓN DEL PATÓGENO

F. oxysporum f. sp. cubense puede ser diseminado a grandes distancias a través de rizomas e hijuelos infectados, cuando son utilizados como material de siembra para el establecimiento de nuevas plantaciones. Los hijuelos infectados a menudo no exhiben síntomas de marchitamiento de Fusarium, son asintomáticos. De esta manera, el uso de plántulas propagadas por cultivo de tejidos provenientes de una fuente certificada, garantizará el uso de material de siembra libre de ésta y otras enfermedades.

El patógeno puede también ser diseminado en forma eficiente a grandes distancias, a través de suelo infestado adherido a llantas de vehículos o zapatos. De esta manera, también existiría la posibilidad de que suelo adherido a las patas de animales sea otra manera de diseminación. El hongo también puede diseminarse a cortas distancias a través de implementos, maquinaria agrícola, entrecruzamiento de raíces y en agua superficial.

Medios de diseminación de *F. oxysporum f. sp. cubense* Adaptado de Hwang y Ko, 2004



Una vez que un determinado sitio llega a ser afectado, el patógeno tiene la capacidad de persistir en el suelo como clamidosporas por un espacio mayor a 30 años. Existe también la posibilidad de que el hongo pueda sobrevivir en forma no patogénica en hospederos alternativos (malezas).

HOSPEDEROS ALTERNATIVOS

El patógeno puede invadir las raíces de ciertas malezas, sin llegar a producir síntomas visibles, pudiendo permanecer en estas plantas en ausencia de banano o plátano. Entre las especies hospedantes primarias se citan a *Musa* sp. (plátano o banano), *Heliconia* (*heliconia*) y como secundarios a *Heliconia caribaea* (platanillo), *Paspalum fasciculatum* (gramalote), *Panicum purpurascens* (Pará), *Commelina* difusa (siempre viva).

MEDIDAS PARA EVITAR EL INGRESO DE LA RAZA TROPICAL 4 DE *F. oxysporum* f. sp. *cubense* A LATINOAMERICA Y EL CARIBE

Organismos Internacionales Regionales y gobiernos de varios países productores de banano y plátano como Ecuador, Colombia, Costa Rica, México, Panamá, entre otros, han sugerido una serie de medidas para evitar el ingreso de la raza tropical 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* a Latinoamérica y El Caribe, las que se resumen a continuación:

- Evitar importar cormos, hijuelos y todo tipo de material vegetativo de la familia de las musáceas, ya que podrían estar infectados por el patógeno.
- Evitar la importación de vitroplantas y material de propagación de *Heliconias* procedentes de países donde se ha reportado la presencia del hongo.
- Evitar la importación de muestras de suelo de cualquier país donde el hongo ha sido reportado.
- Realizar una inspección minuciosa de los medios de transporte procedentes de países afectados, para verificar que vengán libres de suelo contaminado.



- Todo envío que contenga germoplasma y material de reproducción de musáceas procedentes de áreas no reportadas con esta enfermedad, deberán ampararse con certificados fitosanitarios que evidencien la ausencia del hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza tropical 4.
- Capacitar a inspectores de sanidad vegetal sobre el reconocimiento de la sintomatología de la enfermedad a nivel de campo.
- Implementar técnicas de diagnóstico del patógeno, para disponer de una respuesta rápida en caso de una eventual entrada inesperada del patógeno.

MANEJO DE LA ENFERMEDAD

Hasta la presente fecha no se dispone de métodos de control efectivos para el combate de la enfermedad. No se ha desarrollado una variedad resistente de banano con características comerciales adecuadas que permitan sustituir a las variedades del subgrupo Cavendish. Las opciones actuales para el control de la raza tropical 4 de *F. oxysporum f. sp. cubense*, se basan principalmente en medidas de exclusión (evitar su entrada) y erradicación (eliminar los focos de infección para evitar su diseminación). De esta manera, las medidas cuarentenarias regulatorias, son los medios más efectivos de control.

El éxito de la implementación de estas medidas, dependerá de un sistema de diagnóstico confiable y altamente específico, caso contrario se podrían provocar consecuencias dramáticas para los productores.

La detección temprana de la enfermedad y la segura identificación del patógeno es una medida muy importante para excluir a la raza tropical 4 del patógeno del hemisferio Occidental.

CONTROL CULTURAL

Es posible cultivar clones susceptibles utilizando material de propagación libre de patógenos en suelo no infestado. Las vitroplantas o plantas propagadas por cultivo de tejidos, al estar libres de nemátodos, hongos y bacterias patógenas, deben ser utilizadas para el establecimiento de nuevas plantaciones acompañadas del uso de buenas prácticas de manejo de la plantación.



Etapa de endurecimiento de vitroplantas de banano



Sin embargo, se debe mencionar que, las vitroplantas utilizadas en suelos contaminados son más susceptibles al Mal de Panamá en comparación con aquellas plantas provenientes de rizomas. Bajo condiciones de una agricultura de subsistencia, sería impráctica la utilización de vitroplantas, en razón de su costo, no obstante, este material podría ser usado para establecer semilleros que permitan producir material de siembra sano de mejor calidad.

Las medidas culturales tendientes a evitar el desarrollo y propagación de la enfermedad, deben ir encaminadas hacia el logro de dos objetivos fundamentales: 1) el incremento del vigor de la planta, con lo cual se obtendría una mayor resistencia a la enfermedad y 2) Crear en el suelo un ambiente que no sea favorable para el hongo. Para el efecto, es necesario realizar una serie de prácticas para el buen manejo del cultivo tales como:

- Encalar el suelo de manera oportuna, cuando el análisis detecte pH ácidos y bajos contenidos en calcio.
- Implementar un programa de fertilización de acuerdo al análisis del laboratorio, principalmente foliar. Se recomienda emplear



adecuadamente la fertilización a base de potasio, en razón de que este elemento está relacionado con la mayor o menor resistencia de las plantas a las enfermedades. En tal sentido, cualquier factor que limite la absorción de potasio por la planta (exceso de sodio en el suelo, o una aireación deficiente del mismo), favorecerá el desarrollo de la enfermedad.

- Desinfectar los hoyos donde se encuentren plantas enfermas
- Prácticas y medidas sanitarias así como también otros métodos de control integrado
- Se ha recomendado también la detección y erradicación temprana de plantas infectadas como prácticas eficientes para impedir el movimiento de material hacia áreas libres de la enfermedad.
- Se ha reportado que el uso de cebollitas chinas (*Allium tuberosum*) inhibe el desarrollo del hongo, sin embargo hasta la presente no hay resultados concluyentes.

Cebollitas chinas (*Allium tuberosum*) inhiben el desarrollo del Mal de Panamá al destruir la estructura celular de *Fusarium*
Crédito: Bioversity Intenational



CONTROL BIOLÓGICO

Se han desarrollado varios estudios de control biológico en los últimos años, mediante el empleo de microorganismos antagonistas al desarrollo del hongo, tratando de encontrar una buena alternativa para el manejo de esta enfermedad. Hongos endofíticos aislados de raíces sanas tales como cepas no patogénicas de *F.oxysporum*, *Trichoderma harzianum* y *Streptomyces violaceusniger*, han registrado buenos controles de la enfermedad.

Por otra parte, se ha estudiado también el efecto bacterias endofíticas que se desarrollan sobre la superficie de las raíces, las que se conocen con el nombre de bacterias promotoras del crecimiento tales como *Pseudomonas* y *Bacillus*. Hongos micorrízicos han mostrado efectos de corto plazo en la reducción de la severidad de la enfermedad bajo condiciones de invernadero, pero resultados de largo plazo bajo condiciones de campo no han sido reportados.

Se considera en general como una dura tarea el alcanzar éxitos con éstos y otros enfoques de control de la enfermedad, en razón de la alta susceptibilidad de los cultivares a los que se desea proteger y a la naturaleza perenne del patosistema

CONTROL QUÍMICO

La enfermedad no puede ser manejada de manera eficiente a través del uso de fungicidas, debido a la persistencia en el suelo de su agente causal, ya que no puede ser erradicado del mismo usando fumigantes. Los desinfectantes del suelo no han sido efectivos, ya que el patógeno tiene la capacidad como saprófito facultativo de recolonizar rápidamente los suelos que han sido fumigados.

RESISTENCIA GENÉTICA

La resistencia genética es la alternativa tecnológica que ofrece la mejor posibilidad para el manejo de la enfermedad en suelos infestados.



**Comparación de parental Cavendish gigante y Formosana en
huerto infestado en Taiwan**
Crédito: Hwang y Ko, 2004



**Comparación de racimos producidos por Formosana (izquierda)
y Cavendish gigante (derecha)**
Crédito: Hwang y Ko, 2004



Sin embargo, algunos factores limitan la eficiencia del mejoramiento genético en *Musa* spp. Algunos son inherentes a la propia especie como la esterilidad de algunos genotipos, ciclo largo del cultivo, niveles de ploidía etc. Adicionalmente, el proceso de mejoramiento de las plantas para evaluar la resistencia al Mal de Panamá, enfrenta limitaciones en la selección, proceso que es realizado en el campo con una duración de 3 años, pudiendo no ser eficiente debido a la distribución heterogénea del patógeno en el suelo.

Se han realizado muchos esfuerzos tendientes a encontrar fuentes naturales de resistencia al patógeno en especies y cultivares silvestres. Se han generado híbridos resistentes a través de programas de mejoramiento genético, sin embargo, hasta la presente no se dispone de un cultivar resistente con la alta calidad organoléptica de materiales del subgrupo Cavendish y más aún la del Gros Michel, aunque los genes de resistencia que se han encontrado son muy útiles en los programas de mejoramiento o transferencia de genes.

Sin embargo, con seguridad se producirán en el futuro híbridos resistentes con características organolépticas deseables. Algunos científicos buscan a través de diversos medios encontrar fuentes de resistencia a la raza tropical 4, utilizando variaciones somaclonales, inducción de mutantes e inclusive a través del desarrollo de materiales modificados genéticamente.

Somaclonal resistente GCTCV119 (derecha) y parental Cavendish gigante (izquierda) en Taiwan
Crédito: Hwang y Ko, 2004



Bananos modificados genéticamente han sido desarrollados por científicos de Uganda y Bélgica en el 2008, los mismos que actualmente están en fase de experimentación en campos de Uganda.

Plantas transgénicas de banano en campo de Uganda
Crédito: Andrew Kiggundu



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AEBE (Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador) 2010. La industria bananera ecuatoriana año 2010. Consultado el 28 jun. 2011. Disponible en <http://www.aebe.com.ec/Desktop.aspx?ld=93>

Bioversity International. 2006 . Panamá disease: A renewed threat in Asia. (en Línea). Consultado 4 feb. 2011. Disponible en <http://bananas.bioversityinternational.org/en/news-and-events-mainmenu-74/26-banana-news/87-panama-disease-a-renewed-threat-in-asia.html> .

Chavarría, A. 2009. Mal de panamá raza 4, una amenaza potencial para la producción de bananos y plátanos en América tropical. Mirador fitosanitario Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (3): 4.

Daly, A; Walduck, G. 2006. Fusarium wilt of bananas (Panamá disease) (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*). Agnote N° 151. Northern Territory Government. 5p.

Davis, R. 2005. Fusarium Wilt (Panama Disease) of banana. Plant Protection Service. Secretarial of the Pacific Community .Pest advisory leaflet (42): 3.

Dirección General de Sanidad Vegetal - Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (DGSV-CNRF). 2011. Mal de Panamá raza 4 (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza 4). Ficha técnica. SAGARPA - SENASICA. México. D.F. 9p.

Dita, M.A; Waalwijk, C; Buddenhagen, I.W; Souza, M.T; Kema, H.J. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana fusarium wilt pathogen. Plant Pathology 59: 348- 347.

-----; Waalwijk, C; Souza Jr M.T; Kema, G.H.J. 2009. Generando conocimientos y herramientas para el control de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* Reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de Fusarium, BBTV y otras plagas de musáceas para la región del OIRSA, América latina y El Caribe. Documentos



de Programa y resúmenes de la reunión OIRSA Sede Central, San Salvador; El Salvador 29 al 31 de julio del 2009. Compilación y revisión técnica: Dr. Luis Pocasangre. Bioversity Internacional. Pp. 22-23.

Esquivel, E. 2008. Observaciones sobre el origen de las formas patógenas de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* Schl. (Mal de Panamá del banano) (en línea). Consultado 2 Abr. 2011. Disponible en <http://agrociencia-panama.blogspot.com/2008/12/observaciones-sobre-el-origen-de-las.html>

Groenewald, S. 2006. Biology, pathogenicity and diversity of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* Tesis Magister Scientiae, Pretoria, ZA. Faculty of Natural and Agricultural Science; University of Pretoria, 158 p.

Guiam, B. 2008. Banana cuestiones de expertos de advertencia en la reaparición de la enfermedad de panamá. BAR Chronicle 9(11): 5.

Hwang, S.C y Ko, W.H. 2004. Cavendish banana cultivars resistant to *Fusarium* wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. Plant Disease 88(6):580-588.

Lara, D.F. 2009. Aislamientos y pruebas in vitro de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (FOC) en banano. Maestría en Agricultura Ecológica, Documento tópico especial. Turrialba, CR, CATIE, 31 p.

Leong, S. K; Latiffah, Z; Baharuddin. S. 2009. Molecular characterization of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* of banana. American Journal of applied sciences 6 (7): 1311-1307

----- . 2010. Genetic diversity of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* isolates from Malaysia. African Journal of Microbiology Research 4(11):1026-1037

Mira, J. J. 2011. Estatus de *Fusarium oxysporum* raza 4 tropical (diapositivas). Antioquia, CO. 41 diapositivas, color.

Meng, L.Y; Leng, T; Pin, O, M. 2001. *Fusarium* wilt of Cavendish banana and its control in Malaysia. In International Workshop on the banana *Fusarium* Wilt Disease, Genting Highlands Report (1999, Malaysia). Memoria. p. 252-259

Molina, A.B. 2006. Transcontinental diseases that are potential threats to the banana industry in Latin America. In XVI Reunión Internacional de Acobat. (2006, Santa Catarina, BR). Memorias. p. 24 – 31.



-----, 2009. Status of the occurrence of banana Fusarium wilt tropical race 4 in Asia. In Reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de Fusarium, BBTV y otras plagas de musáceas para la región de OIRSA; América Latina y El Caribe (2009, San Salvador, SV). San Salvador, SV. p. 13- 17.

-----; Fabregar, E; Sinohin, V. G; Herradura, L; Fourie, G; Viljoen, A. 2008. Confirmation of tropical race 4 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* infecting Cavendish bananas in the Philippines. Poster paper presented during the centennial meeting of the American Phytopathological Society, Julio 26-30, 2008, Minneapolis, Minnesota, USA.

-----; Fabregar, E; Sinohin, V.G; Yi, G; Viljoen, A. 2009. Recent occurrence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in Asia. Acta Horticulturae (ISHS) 828: 109-116

-----; Sinohin, V. G; Baroña, M. 2009. Status of tropical race 4 of Panama Wilt in Asia. Poster presented during the 8th Australian Banana Industry Congress, 4-6 June 2209,, Conrad Jupiters Gold Coast, Brisbane, Australia.

Peed, M. 2011. We have no bananas. Can scientists defeat a devastating blight?. The New Yorker. p. 28-34

Pérez-Vicente, L. 2004. Fusarium wilt (Panama disease) of bananas: an updating review of the current knowledge on the disease and its causal agent. In XVI Reunión Internacional de ACORBAT. (2004, Oaxaca, MX), Memorias, Oaxaca, MX. p. 1-15.

-----, 2009. Enfermedades de banano y plátano: Análisis retrospectivo y perspectivas. Producción Agropecuaria en plantas que presentan síntomas tempranos de la enfermedad. Producción Agropecuaria 2(1): 11-18

Ploetz, R.C. 2000. Panama Disease: A classic and destructive disease of banana (en línea). Consultado 28 jul 2011. Disponible en www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/management/bananapanama

-----, 2005. Panama disease: An old nemesis rears its ugly head: Part 1, the beginnings of the banana export trades. (en línea). Consultado 28 jul 2011. Disponible en <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2005/panama/>

-----, 2005. Panama disease: An old nemesis rears its ugly head .Part 2. The Cavendish era and beyond. (en línea). Consultado 28 jul 2011. Disponible en <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/PanamaDiseasePart2.aspx>



-----, 2006. Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Phytopathology* 96(6):653-656

-----, 2009. Tropical race 4 of Panamá disease: Risk assessment and action plan to address the problem. In Reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de *Fusarium*, BBTV y otras plagas de musáceas para la región de OIRSA; América Latina y El Caribe. Documentos de programa y resúmenes de la reunión de OIRSA sede central. (2009, San Salvador, SV). Memoria. San Salvador, SV. p. 33

-----, 2010. Panama disease: History, past experience and realistic expectations for managing tropical race 4. In XIX Reunión Internacional Acorbat (2010, Medellín, CO). Memoria. Medellín, CO. p. 21-27.

Pocasangre, L.E. Pérez-Vicente, L. 2009. Impacto potencial de la entrada de raza tropical 4 de Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) en La industria bananera y platanera de América Latina y el Caribe. Reunión de grupos de interés sobre los riesgos de la raza tropical 4 de *Fusarium*, BBTV y otras plagas de musáceas para la región de OIRSA; América Latina y El Caribe. Documentos de programa y resúmenes de la reunión de OIRSA sede central. (2009, San Salvador, SV). Memoria. San Salvador, SV. p. 25.

Puhalla, J.E. 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. *Can. J. Bot.* 63(2):179-183.

Qi, Y. X; Zhang, X, Pu, J .J; Xie, Y. X; Zhang, H, Q; Huang; S. L. 2008. Race 4 identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* from Cavendish cultivars in Hainan province, China. *Australasian Plant Disease Notes* 3: 46-47.

Su, H; Hwang, S; Ko, W. 1986. Fusarial wilt of Cavendish bananas in Taiwan. *Plant Disease* 70(9):814-818

Taller de entrenamiento sobre diagnóstico y caracterización de la marchitez por *Fusarium* o Mal de Panamá. (2010, San José, Costa Rica). 2010. Memoria. Eds. L. E. Pocasangre; L. Perez Vicente; E. Martínez; A. Tapia; M. Guzmán; D. Brown. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 173 p.



RECOMENDACIONES PARA PREVENIR EL INGRESO DE ENFERMEDADES CUARENTENARIAS DE ALTA IMPORTANCIA ECONÓMICA PARA BANANO Y PIÑA.

Dirigidas a: Empleados de las compañías fruteras, representantes de compañías de agroquímicos, inspectores de Compañías Certificadoras, representantes de ONG's, y cualquier otro visitante a plantaciones de banano en el Sur Este Asiático, y plantaciones de piña en Sur América.

Entre las mayores catástrofes de la agricultura mundial están aquellas ocasionadas por el ataque de enfermedades. Entre éstas pueden ser citadas: el "tizón tardío" de la papa (*Phytophthora infestans*), responsable, por la muerte de más de 1 millón de personas en Irlanda y el "Mal de Panamá" del banano (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*), responsable por la transformación forzada de la industria bananera mundial. A pesar de que el control de enfermedades en plantas ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, la mejor medida continúa siendo la exclusión: evitar la entrada del patógeno. Esta comunicación tiene como objetivos alertar a viajeros para evitar o reducir la introducción de patógenos de los cultivos del banano y la piña a zonas consideradas libres de la enfermedad.

Existen varios patógenos del banano presentes en el Sureste Asiático que si son introducidos y diseminados en América pueden afectar seriamente la producción del cultivo en este continente. Estos patógenos son: raza 4 Tropical de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* o agente causal del "Mal de Panamá", virus conocido como "Banana Bunchy Top virus"; *Mycosphaerella eumusae*, agente causal de "La Mancha de la Hoja por Septoria" y *Haplobasidium musae* causante de "La Mancha Malaya de la Hoja". De estos patógenos, la Raza 4 Tropical de *Fusarium* es sin dudas el que mayor potencial tiene de ocasionar serios problemas tanto a la industria bananera como a los pequeños productores de América Latina y el Caribe, pues la mayoría de las variedades de plátanos y bananos cultivadas en la región son susceptibles.



El hecho de que la raza 4 tropical esté presente en Davao, Las Filipinas, donde las principales compañías comercializadoras bananeras tienen operaciones, y hacia donde viajan de forma frecuente representantes de estas compañías y representantes de compañías de agroquímicos, para luego regresar a Centro y Sur América, constituye un alto riesgo para la introducción de este patógeno de manera inadvertida en América.

Un riesgo semejante ocurre con viajeros que visitan otros países donde la Raza 4 Tropical está presente como por ejemplo: Taiwán (Kaohsiung), Australia (Territorio Norte), Indonesia (Halmahera, Irian Jaya, Java, Sulawesi, Papua y Sumatra), Malaysia y China (provincias del Sur). De manera similar, la Fusariosis de la piña, causada por el hongo *Fusarium guttiforme*, tiene alto riesgo para el cultivo de la Piña en caso de que su agente causal sea introducido en áreas consideradas libres.

Esta enfermedad está presente en África del Sur, Brasil y Bolivia (en Argentina, Paraguay y Uruguay existe una Fusariosis similar) pero no en la demás áreas productoras de Piña de las Américas.

Debido a que esta enfermedad está en Brasil, donde compañías con operaciones en varios países tienen actividades de producción, y donde igualmente los representantes de compañías de agroquímicos hacen visitas frecuentes, es muy importante tomar precauciones para evitar la introducción accidental de esta enfermedad a las áreas piñeras de Centro y Sur América libres de la enfermedad.

Las siguientes recomendaciones deben ser seguidas por cualquier persona que visite plantaciones de banano en Las Filipinas y Sur Este Asiático, así como plantaciones de piña en Sur América (especialmente Brasil). Especial atención deben tener los empleados de las compañías fruteras, representantes de Compañías de Agroquímicos, representantes de ONG's así como inspectores de Compañías Certificadoras:

1- No visitar fincas donde se hayan reportado alguna de estas enfermedades, a no ser que sea estrictamente necesario.

2- Si se van a visitar plantaciones en cualquiera de estos países, aunque no tengan registro de presencia de estas enfermedades, se recomienda comprar una vestimenta y un par de zapatos adicionales y usarlos solo en el país a visitar, o usar botas de hule prestadas. Dejar tanto los zapatos como la vestimenta en el país al salir.

- 3- Nunca regrese a su país de origen con los zapatos utilizados en las visitas a las fincas, incluyendo visitas a oficinas o plantas empacadoras, de países con presencia de estas enfermedades.
- 4- En caso de que la recomendación 2 no pueda ser acatada, se recomienda de que como mínimo, la ropa (incluyendo sombreros y gorras) sean lavadas antes de dejar el país. Lo mismo se recomienda para bolsas como mochilas, bolsas de cámaras fotográficas u otros objetos que sean llevados a las plantaciones o áreas visitadas.
- 5- En los países indicados, no recoja ni transporte suelo o plantas, ni partes de plantas, de ningún género o especie. Si por razones de trabajo requiere la toma de muestras para uso interno dentro del país, debe hacerlo bajo la supervisión de un especialista y siguiendo las regulaciones cuarentenarias existentes.
- 6- No debe exportar muestras de suelo, plantas o partes de plantas, de ninguna especie, de los países con presencia de estas enfermedades hacia América Latina, El Caribe o África, donde haya producción de piña o banano.
- 7- Si fuese necesario exportar material de siembra de banano o piña de alguno de estos países, debe hacerse solo en forma de cultivo in vitro y con todos los certificados fitosanitarios de laboratorios reconocidos, que indiquen que las plantas están libre de patógenos. El certificado debe plasmar de manera explícita que el material está libre de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*, raza 4 tropical (para el caso de banano) y de *Fusarium guttiforme* (para el caso de Piña). Preferiblemente se debe trabajar con plantas de cultivo de tejido indexadas por PCR.
- 8- El movimiento de germoplasma de Musa debe cumplir con el Protocolo de Movimiento seguro por medio de los Centros Internacionales de Tránsito establecidos para tal efecto. Aparte de obtener un certificado fitosanitario del país de origen, es recomendable de hacer indexaciones una vez que las plantas estén en el país de destino por medio de PCR de los servicios fitosanitarios acreditados. Siempre se deben poner las plantas en cuarentena en invernadero para observarlas y analizarlas cuidadosamente antes de trasladarlas y sembrarlas en el campo.
- 9- Implementos de campo especiales como instrumentos para sacar muestras de suelo o partes de plantas, o cualquier otra herramienta,



deben ser dejados en el país. Si por razones del tipo de equipo especializado y costo, este debe ser regresado al país de origen, estos deben ser desinfectados completamente antes de salir del país, de la siguiente manera:

- a) Todas las partículas de suelo y residuos de plantas deben ser removidos cuidadosamente.
- b) Triple lavado del implemento con agua corriente.
- c) Sumérgalo en una solución desinfectante, preferiblemente cloro común al 5% (hipoclorito de sodio), o si no en alcohol 70 % por 5 minutos y lavarlo con agua una última vez. También se puede usar formalina al 40%. Verifique las instrucciones del equipo para evitar daños por corrosión.

10- No se deben tomar vuelos de regreso al país de origen, inmediatamente después de visitar una plantación. El funcionario visitante debe bañarse antes de tomar el vuelo de regreso y cumplir estrictamente las recomendaciones 2, 3 y 4.

11- No comprar, y por lo tanto no ingresar al país de residencia, ningún tipo de "souvenir" confeccionado con material vegetal de banano o piña. Es necesario cumplir con las recomendaciones anteriores al pie de la letra. La sostenibilidad de la actividad agrícola, especialmente de banano, plátanos y Piña en América depende en grande medida de evitar la entrada de plagas exóticas de alto impacto económico como las citadas en este documento.

Estas recomendaciones fueron elaboradas por un grupo de científicos que trabajan en Musáceas en América Latina y el Caribe en colaboración con MUSALAC y Bioversity International. Para mayores informaciones, dudas y sugerencias, póngase en contacto con las Oficinas Regionales del Programa "Commodities for Livelihoods" de Bioversity International en su continente en las siguientes direcciones:

LATIN AMERICA AND CARIBBEAN

Turrialba, Costa Rica, Tel. (506) 2556 2431. Email: m.dita@cgiar.org

ASIA

Los Baños, Philippines, Tel. (632) 845 0563.

Email: a.molina@cgiar.org

AFRICA

Kampala, Uganda, Tel: (256) 414 286 213.

Email: e.karamura@cgiar.org



La Misión

"Generar y proporcionar innovaciones tecnológicas apropiadas, productos, servicios y capacitación especializadas para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores agropecuario, agroforestal y agroindustrial"



Dirección: Km 5 vía Quevedo - El Empalme, Cantón Quevedo, Provincia Los Ríos

Teléfonos: (593) 05 2750-966 - 052750967 - 05 2783138

Casilla: 24. - E-mail: pichilingue@iniap.gob.ec

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue