

Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa sp.*) en México

Diseases of quarantine and economic importance in banana tree (*Musa sp.*) in México

Gilberto Manzo-Sánchez*, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Autopista Colima-Manzanillo Km 40, Tecomán, Colima, CP 28930; **Mario Orozco-Santos**, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, CP 28100, México; **Luciano Martínez-Bolaños**, Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria del Sur Sureste, Teapa, Tabasco, CP 86800, México; **Eduardo Garrido-Ramírez**, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental, Centro de Chiapas, Carretera Ocozocoautla-Cintalapa Km 3, Ocozocoautla, Chiapas, CP 29140, México; **Blondy Canto-Canche**, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Unidad de Biotecnología, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida, CP 97200, Yucatán, México. *Correspondencia: gmanzo@ucol.mx.

Recibido: Diciembre 01, 2014

Aceptado: Enero 27, 2016

Manzo-Sánchez G, Orozco-Santos M, Martínez-Bolaños L, Garrido-Ramírez E y Canto-Canche B. 2014. Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa sp.*) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32: 89-107.

Resumen. Los bananos son una fuente importante en la generación de empleos, ingresos de divisas y representan una fuente nutricional esencial. El cultivo del banano en México es severamente afectado por plagas y enfermedades, las cuales representan un factor limitante en la producción, tanto para los pequeños productores, como a las grandes empresas, que destinan su producción a mercados internacionales. Las enfermedades afectan a cualquier tejido de la planta, estas son causadas principalmente por hongo, bacterias y virus. El ingreso a

Abstract. Banana trees are an important source of employment and income, and they are also an essential source of nourishment. The cultivation of banana trees in Mexico has been severely affected by pests and diseases, which are a limiting factor in production for small-scale farmers, as well as for large companies, which target their production at international markets. Diseases affect any tissue of the plant, and are caused mainly by fungi, bacteria, and viruses. The entry to Mexico of a quarantine disease would be a major risk to the cultivation of banana trees, which could collapse and cause economic losses. This review will discuss some of the diseases that could cause a greater impact on the cultivation of banana trees, including leaf spot disease, Panama disease, bacterial Moko, bacterial wilt, bunchy top virus, banana streak virus, and banana mosaic virus. Their economic impacts on other countries will also be presented, along with their causal agent and their control methods.

México de una enfermedad cuarentenaria sería de alto riesgo para el cultivo del banano, afectando la industria bananera y provocando serias pérdidas económicas. En la presente revisión se discutirán algunas de las enfermedades de podrían ocasionar un mayor impacto al cultivo del banano, estas son mancha foliar eumusae, Mal de Panamá, Moko bacteriano, marchitez bacteriana, virus del bunchy top, virus del estriado del plátano y virus del mosaico del plátano. Se da a conocer su impacto económico que han ocasionado en otros países, el agente causal y su control.

Palabras clave: Musáceas, manejo integrado, Mal de Panamá, cuarentenas, disseminación.

INTRODUCCIÓN

Los bananos y plátanos pertenecen al género *Musa* y representan al cuarto cultivo más importante en el mundo, ya que sólo lo superan el arroz, trigo y maíz (Jones, 2000) y es el frutal tropical más importante por su consumo internacional. Estas especies se cultivan en más de 120 países, las cuales producen cerca de 100 millones de toneladas anualmente (Heslop-Harrison y Schwarzacher, 2007), los cuales constituyen el principal alimento de al menos 400 millones de personas ya que cuenta con un gran contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales. Los países de América Latina son los principales exportadores de fruta fresca hacia los Estados Unidos y Europa. Sin embargo, en estos países se exporta solo el 15 % de la producción y el resto se destina al consumo local e industrialización. En México, en el 2014 se reportó una superficie cosechada de 74,585 ha, en la cual se produjeron 2.15 millones de ton con un valor de \$6,305,790.11 (SIAP, 2015), las cuales son explotadas principalmente en tres regiones productoras: Golfo de Mé-

Key words: Musaceae, integrated management, Panama disease, quarantines, dissemination.

INTRODUCTION

Banana trees and plantains belong to the genus *Musa* and are the fourth most important crop in the world, only below rice, wheat, and maize (Jones, 2000), and they are the most important tropical fruit due to its international consumption. These species are planted in over 120 countries, which produce over 100 million tons per year (Heslop-Harrison and Schwarzacher, 2007), which constitute the food staple for more than 400 million people, since they contain large amounts of carbohydrates, vitamins, and minerals. Latin American countries are the main exporters of fresh fruit to the United States and Europe. However, these countries only export 15 % of the production, and the rest is for local consumption and industrialization. Mexico in 2014 recorded a surface planted with 74 584.52 ha, which produced 2,150,519.90 tons worth \$6,305,790.11 (SIAP, 2015), which are exploited mainly in three producing regions: Gulf of Mexico (Tabasco, Veracruz, and Oaxaca), South Pacific (Chiapas), and Central Pacific (Colima, Michoacán, Jalisco, and Nayarit) and more than 70 thousand families depend on this, directly or indirectly. The cultivar Gran Enano (Subgrupo Cavendish, *Musa* AAA) is the most important, in commercial terms. Pests and diseases have disseminated mainly during the distribution of germplasms of musaceae from the Southeast to new agricultural zones (Latin America and the Caribbean), since its dissemination occurs naturally at a smaller scale, and hardly at long distances (Jones, 2000); these can also spread by shoots, corms, etc. (Table 1.) The diseases of the most quarantine and economic importance faced by bananas in Mexico and other

xico (Tabasco, Veracruz y Oaxaca), Pacífico Sur (Chiapas) y Pacífico Centro (Colima, Michoacán, Jalisco y Nayarit) y de él dependen más de 70,000 familias de manera directa o indirectamente. El cultivar Gran Enano (Subgrupo Cavendish, *Musa* AAA) es el más importante comercialmente. Las plagas y enfermedades se han diseminado principalmente durante la distribución de germoplasmas de musáceas nativas del Sureste a nuevas zonas agrícolas (América Latina y el Caribe), ya que por naturaleza su diseminación ocurre a una escala menor y difícilmente a largas distancias (Jones, 2000), estos también pueden diseminarse por hijuelos, cormos, etc (Cuadro 1). Las principales enfermedades de importancia cuarentenaria y económica que enfrenta el cultivo del plátano en México y en otros países principalmente en América Latina son: mancha foliar eumusae (*Mycosphaerella eumusae* Crous & Morichon), Mal de Panamá raza tropical 4 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder and Hansen), moko del plátano (*Rolstonia solanacearum*), marchitez bacteriana del plátano (*Xanthomonas campestris* pv. *musareum*), virus del

countries, mainly in Latin America, are the leaf spot disease (*Mycosphaerella eumusae*), Panama disease tropical race 4 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder and Hansen), banana moko disease (*Rolstonia solanacearum*), banana bacterial wilting (*Xanthomonas campestris* pv. *musareum*), bunchy top virus (BTV), bract mosaic virus (BBrMV), banana streak virus (BSV), and the banana mosaic virus (BMV) (Jones, 2002; Blomme *et al.*, 2013; Ploetz *et al.*, 2015), all of which could cause the Mexican banana industry to collapse, if phytosanitary measures and integrated management are not carried out.

LEAF SPOT DISEASE

Introduction. At least 20 species of *Mycosphaerella* have been described as affecting banana tree leaves and fruit, although only three cause significant losses (Arzanlou *et al.*, 2008; Churchill, 2011) *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of the Black Sigatoka (BS) is the most important on a global scale, and it has replaced *Mycosphaerella*

Cuadro 1. Posibilidades que tienen los patógenos del plátano para infectar varias partes vegetativas de la planta y diseminarse a través de estas a otras regiones productoras.

Table 1. Possibilities of banana plant pathogens of infecting several vegetative parts of the plant and disseminating by these to other producing regions.

Organismo	Enfermedad	Material vegetal de la planta					
		Hijuelos	Cormo o piezas del cormo	Vitro plantas	Semillas	Hojas	Frutas
Hongos	Mal de Panamá	+	+	-	-	?	?
	Mancha foliar eumusae	+	-	-	-	+	?
	Moko	+	+	-	-	+	-
Bacteria	Mancha rojiza	+	+	-	-	+	-
	Marchitez bacteriana	+	+	-	-	+	-
	Bunchy top	+	+	+	-	+	?
Virus	Mosaico de la bractea	+	+	+	-	+	?
	Estría del plátano	+	+	+	+	+	?
	Mosaico del plátano	+	+	+	+	+	?

Clave: + patógeno puede infectar el material / Key: + pathogen can infect material.

-: patógeno no puede infectar el material / -: pathogen cannot infect material.

?: patógeno podría infectar pero no está confirmado / ?: pathogen could infect but is not confirmed.

bunchy top (BTV), virus del mosaico de la bráctea (BBrMV), virus del estriado del plátano (BSV) y virus del mosaico del plátano (BMV) (Jones, 2002; Blomme *et al.*, 2013; Ploetz *et al.*, 2015), las cuales pueden llegar a ocasionar un colapso a la industria bananera de México, sino se llevan a cabo adecuadamente las medidas fitosanitarias y un manejo integrado.

MANCHA FOLIAR EUMUSAE

Introducción. Al menos 20 especies de *Mycosphaerella* se han descrito afectado las hojas en bananos y plátano, pero solamente tres causan pérdidas significativas (Arzanlou *et al.*, 2008; Churchill, 2011) *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra (SN) es la más importante a nivel mundial y esta ha reemplazado a *Mycosphaerella musicola* (Sigatoka amarilla) en los trópicos húmedos y *Mycosphaerella eumusae* causa la mancha foliar eumusae. Pese a que ninguna de las tres logra enfermedades logra matar a su hospedero, estos patógenos pueden tener un impacto sobre el rendimiento, maduración prematura y la calidad del fruto. La SN ha ocasionado una reducción en la producción de diversos cultivares de bananos y plátanos y ha incrementado la dificultad para la producción de Cavendish para exportación. La presencia de mancha foliar eumusae ha sido confirmada en el sur de India, Sri Lanka, Tailandia, Malasia, Vietnam, Mauritius y Nigeria (Carlier *et al.*, 2000). Los países productores de América Latina y el Caribe se encuentran libres de esta enfermedad (Jones, 2002; Ploetz *et al.*, 2015).

Síntomas. Los síntomas iniciales de la enfermedad aparecen como pequeñas estrías de color café ligero en las hojas. Cuando la densidad de infección es baja, las estrías desarrollan lesiones ovales o elipsoidales con el centro gris. Sin embargo, cuando la

musicola (Yellow Sigatoka) in the humid tropics, and *Mycosphaerella eumusae* causes the leaf spot disease. Despite the fact that none of the three kills its host, these pathogens may have an impact on the yield, premature maturation, and the quality of the fruit. BS has caused a loss in the production of diverse banana cultivars, and has made it increasingly difficult to produce Cavendish for export. The presence of leaf spot disease has been confirmed in Southern India, Sri Lanka, Thailand, Malaysia, Vietnam, Mauritius, and Nigeria (Carlier *et al.*, 2000). Latin America and Caribbean countries are free of this disease (Jones, 2002; Ploetz *et al.*, 2015).

Symptoms. The initial symptoms of the disease appear as small, light brown streaks on the leaves. When the density of infection is low, the streaks develop oval or ellipsoidal-shaped lesions with a gray center. However, when the density of infection is high, the lesions coalesce and necrotize, forming large areas of foliar tissue. These symptoms are similar to those produced by diseases such as black and yellow Sigatoka. This disease affects diverse genomic groups of banana, including Cavendish (Carlier *et al.*, 2000).

Causal agent. The name of the fungus proposed by Crous and Mourichon (2002) for this disease is *Mycosphaerella eumusae* (anamorfo *Pseudocercospora eumusae*). This fungus is more phylogenetically related with the sequence data of the ITS to *M. fijiensis* than to *M. musicola*, *M. Musae*, and *Phaeoseptoria musae*, fungi which affect the foliar area of the plant. It is the first report of this new disease, and the creation of information is required on different aspects of the biology of the fungus, host-pathogen interaction, and the genetic analysis of the genetic structure of the populations (Carlier *et al.*, 2000).

densidad de infección es alta, las lesiones coalescen y se necrosan, formando grandes áreas de tejido foliar. Estos síntomas se asemejan a los producidos por enfermedades como Sigatoka negra y Sigatoka amarilla. Esta enfermedad afecta a diversos grupos genómicos de plátano, entre los que se encuentran los Cavendish (Carlier *et al.*, 2000).

Agente causal. El nombre del hongo propuesto por Crous y Mourichon (2002), para esta enfermedad es *Mycosphaerella eumusae* (anamorfo *Pseudocercospora eumusae*). Este hongo está más relacionada filogenéticamente con los datos de las secuencias de los ITS a *M. fijiensis* que a *M. musicola*, *M. musae* y *Phaeoseptoria musae*, hongos que afectan el área foliar de la planta. Es el primer reporte de esta nueva enfermedad y se requiere generar información sobre diferentes aspectos de biología del hongo, interacción hospedero-patógeno y el análisis genético de la estructura genética de las poblaciones (Carlier *et al.*, 2000).

Control. Mancha foliar eumusae puede ser controlada mediante la aplicación de los mismos fungicidas que se usan para el control de la Sigatoka negra y Sigatoka amarilla, pero deben de realizarse algunos estudios sobre su sensibilidad a los fungicidas para impedir el desarrollo de cepas tolerantes. A la fecha no existen estudios sobre la reacción de diferentes genotipos de plátano a esta enfermedad.

MAL DE PANAMÁ RAZA TROPICAL 4

Introducción. El mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*: FOC) es y ha sido la enfermedad más destructiva de algunos cultivares de banano [Roatán o Gros Michel (*Musa* AAA) y Manzano (*Musa* AAB)] y plátano [Pera o Cuadrado (*Musa* ABB)] en México y el mundo, una vez que se introduce en los campos, es difícil de con-

Control. Applying the same fungicides used for the control of Black Sigatoka negra and Yellow Sigatoka can control the leaf spot disease, although studies must be carried out on the tolerance to fungicides in order to prevent the development of tolerant strains. To date there are no studies on the reaction of different banana genotypes to this disease.

PANAMA DISEASE TROPICAL RACE 4

Introduction. The Panama disease (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*: FOC) is and has been the most destructive disease for some banana cultivations [Roatán or Gros Michel (*Musa* AAA) and Manzano (*Musa* AAB)] and for plantains [Pera or Cuadrado (*Musa* ABB)] in Mexico and the world. Once it is introduced in a field, it is difficult to control (Ploetz, 2015). In the 1960s and early 1970s, nearly 40 thousand ha of the cultivar Gros Michel were devastated in Mexico, forcing to change it for another resistant cultivar of the subgroup Cavendish. In 1994, there were approximately 4,000 ha of Manzano banana trees in Mexico, but this surface was reduced by the Panama disease, leaving only 1,260 ha in 2004. The disease has been spread by means of dissemination material (corms and/or shoots) and there are no efficient control measures. FOC's Tropical race 4 is a potentially dangerous threat for Latin America and the Caribbean, since it severely affects Cavendish banana trees (Ploetz, 2015). Nowadays, the disease is present in some countries in Asia and Africa (Fig. 1). The main means of dissemination of the fungus is via shoots and rhizomes (corms), which are used as a way to spread the crop. The pathogen can also be spread in the soil and water, as well as in agricultural tools, machinery, work boots, and the black banana weevil (Ploetz *et al.*, 2015).

trolar (Ploetz, 2015). En la década de los años 1960 y principios de los 1970 fueron devastadas cerca de 40 mil ha del cultivar Gros Michel en todo el país, obligando a cambiarlo por cultivares resistentes del subgrupo Cavendish. En el año 1994, existían alrededor de 4,000 ha de plátano Manzano en México, cuya superficie fue reducida por el mal de Panamá, registrándose únicamente 1,260 ha en el año 2004. La enfermedad ha sido diseminada mediante material de propagación (cormos y/o hijos) y no existen medidas de control eficientes actualmente. La raza tropical 4 de FOC es una amenaza potencialmente peligrosa para América Latina y el Caribe, ya que afecta severamente bananos del grupo Cavendish (Ploetz, 2015). Hoy en día, la enfermedad está presente en algunos países de Asia y África (Figura 1). El principal medio de diseminación del hongo es por medio de los “hijos” y rizomas (cormos), los cuales son utilizados como medio de propagación del cultivo. El patógeno también puede ser disper-

Causal agent. The Panama disease is caused by the fungus *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder & Hansen. The sexual phase (teleomorfo) of the fungus is unknown. The development *in vitro* of the pathogen in a potato dextrose agar (PDA) culture medium is of 4 to 7 mm per day at 24 °C, forming cultures with abundant aerial mycelia and white to purple pigment. In general, *F. oxysporum* strains cannot be distinguished morphologically. Micro and macroconidia are produced in branched and non-branched monophialide, whereas clamidospores are terminal and intercalated with an average of 7 to 11 microns in diameter, generally globular, and they form on their own or in pairs in the hyphae or conidia (Ploetz, 2015).

Control. It is important to raise awareness in producers and the public in general regarding the



Figura 1. Regiones bajo el efecto de los daños por la raza tropical 4 de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.
Figure 1. Regions under the effect of damage by tropical race 4 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.

sado en el suelo y agua, así como en implementos agrícolas, maquinaria, botas de trabajo y por el picudo negro del plátano (Ploetz *et al.*, 2015).

Agente causal. El mal de Panamá es causado por el hongo, *Fusarium oxysporum* Schlect. f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder & Hansen. Se desconoce la fase sexual (teleomorfo) del hongo. El desarrollo *in vitro* del patógeno en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) es de 4 a 7 mm por día a 24 °C, formando colonias con micelio aéreo abundante y pigmentación de color blanco a púrpura. En general, las cepas de *F. oxysporum* no pueden ser distinguidas morfológicamente. Los micros y macroconidios se producen en monofialides ramificados y no ramificados. Mientras que las clamidosporas son terminales e intercalares con una medida de 7 a 11 micras de diámetro, por lo general son globosas y se forman solas o en parejas en las hifas o conidios (Ploetz, 2015).

Control. Es importante fortalecer la conciencia a los productores y público en general sobre la naturaleza y seriedad del problema, redoblar los esfuerzos en la vigilancia epidemiológica fitosanitaria. En este sentido, México debe de implementar las herramientas disponibles para poder enfrentar con los conocimientos y estudios necesarios como el uso de *in vitro* plantas para iniciar una plantación, la rotación de cultivo, contar con un buen sistema de drenaje, el uso de agentes de control biológico, la incorporación de materia orgánica, la mutagénesis inducida, el conocimiento de la genética de poblaciones y su patogenicidad, son algunos de los estudios que podrían ser clave para fortalecer el conocimiento del patógeno. En México, la SAGARPA a través de SENASICA, está ejecutando acciones de una vigilancia epidemiológica fitosanitaria para la detección oportuna de la RT4, a través de la capacitación de técnicos y productores, exploración y mo-

nature and severity of the problem, as well as to double efforts in the phytosanitary epidemiological surveillance. In this sense, Mexico must implement the available tools to face it with the necessary knowledge and studies, such as the use of *in vitro* plants to begin a cultivation, crop rotation, having an adequate drainage system, the use of biological control agents, incorporating organic matter, induced mutagenesis, knowledge of the genetics of populations and their pathogenicity are some of the studies that could be key to strengthen the knowledge on the pathogen. In Mexico, SAGARPA, through SENASICA, is taking actions of a phytosanitary epidemiological surveillance for the timely detection of RT4, by training technicians and producers, exploring and monitoring banana producing areas, raising awareness in producers regarding the risks of moving plant material. They are an important measure to prevent the entry and spreading of the pathogen.

BANANA MOKO DISEASE

Introduction. The banana moko disease is characterized by wilting in plants. This disease caused severe losses in 1840 in Guyana and towards the end of the 20th Century in Trinidad, it caused the almost complete destruction of the Moko cultivar. The spreading of the disease in Central America was related, initially, with the development of commercial plantations in Honduras, Panamá, and Costa Rica. In Latin America, it is found in Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Granada, Nicaragua, Panama, Surinam, Venezuela, Brazil, Peru, Guatemala, Honduras, Jamaica, and southeastern México (Alvarez *et al.*, 2013). In Mexico nowadays, it is found in the states of Chiapas, Tabasco, and Nayarit.

Symptoms. Moko affects most cultivars of

nitoreo de las regiones bananeras, hacer conciencia a los productores del riesgo de trasladar material vegetativo. Son una medida importante para prevenir la entrada y diseminación del patógeno.

MOKO DEL PLÁTANO

Introducción. El moko del plátano es una enfermedad caracterizada por un marchitamiento de las plantas. Esta enfermedad ocasionó graves pérdidas en 1840 en Guyana y a finales del siglo XIX en Trinidad causó la destrucción casi total del cultivar Moko. La dispersión de la enfermedad en América Central fue asociada, inicialmente, con el desarrollo de plantaciones comerciales en Honduras, Panamá, y Costa Rica. En América Latina, se encuentra presente en Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Granada, Nicaragua, Panamá, Surinam, Venezuela, Brasil, Perú, Guatemala Honduras, Jamaica y el sureste de México (Alvarez *et al.*, 2013). En la república Mexicana, hasta la fecha se encuentra en los estados de Chiapas, Tabasco y Nayarit.

Síntomas. El moko afecta la mayoría de los cultivos de musáceas comerciales (de mesa y de cocción), especialmente Cuadrado (ABB), afectando en todos los estados de desarrollo y los síntomas externos varían de acuerdo al recorrido y estado de infección y la cepa del patógeno. Los síntomas causados por el moko son similares a los producidos por el mal de Panamá. Ambas enfermedades causan un marchitamiento vascular y decoloración de los vasos vasculares. Los síntomas causados por el moko después de la infección en raíces de plantas jóvenes son característicos: la primera, segunda y tercera hoja más joven se torna de color verde amarillento y eventualmente se colapsa en o arriba de la unión del pecíolo y la lámina. Las hojas más viejas (las más bajas) también se marchitan y colapsan rápidamente. En donde la infección entra a través de

commercial musaceae (table fruit and for cooking), especially Cuadrado (ABB), affecting it in all stages of development and the external symptoms vary according to the path and the state of infection and the strain of the pathogen. Symptoms caused by the moko are similar to those produced by the Panama disease. Both cause vascular wilting and decoloring of the vascular vessels. Symptoms caused by the moko after infection in the roots of young plants are characteristic: the first, second, and third youngest leaves turn yellow-green, and eventually collapse in or on top of the union of the petiole and the leaf. The oldest leaves (the lowest) also wilt and collapse rapidly. Where the infection enters via lesions caused by infected trimming tools, shoots turn black and become stunted in 2 to 4 weeks and can grow a leaf that expands and later wilts. The most characteristic symptom of moko after the invasion of races transmitted by insects via the peduncle is the male flower turning black, stopping its development, and the bacteria can trickle in drops from the flower. The fruit may become yellow and the skin becomes cracked. When cutting, the fruit's pulp displays a firm brown rotting, which later turns gray.

Agente causal. The banana moko disease is caused by the race 2 of the bacteria *Ralstonia solanacearum*, which has shown a large genetic diversity, which is why it has been named the species complex *R. solanacearum* (RSSC) (Fegan and Prior, 2005). This pathogen belongs to phylotype II, equivalent to division 2 and the isolates included between biovars 1, 2, and 2T; and are isolated mainly in the Americas.

Control. In cultivations damaged by moko, it is crucial to continually have plant inspection and eradication programs, as well as to disinfect trimming and desuckering tools. It is important to

las heridas hechas por herramientas contaminadas utilizadas para la poda, los hijuelos se ennegrecen y achaparran en 2 a 4 semanas y pueden desarrollar una hoja que se expande y subsecuentemente se marchita. El síntoma más característico del moko después de la invasión de razas transmitidas por insectos a través del pedúnculo es que la flor masculina (perilla) se ennegrece, detiene su desenvolvimiento y la bacteria puede escurrir en gotas desde la flor. La fruta puede tornarse de color amarilla y la cáscara se agrieta. Al momento del corte, la pulpa de la fruta presenta una pudrición firme de color café, la cual con el tiempo llega a tornarse gris (Álvarez *et al.*, 2013).

Agente causal. El moko del plátano es causado por la raza 2 de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, esta bacteria a mostrado una gran diversidad genética, por lo que se le ha denominado el complejo de especies de *R. solanacearum* (RSSC, por su siglas en inglés) (Fegan y Prior, 2005). Este patógeno pertenece al filotipo II, equivalente a la división 2 y los aislamientos incluidos entre biovares 1, 2 y 2T; y son aislados principalmente en América.

Control. En plantaciones dañadas con moko es esencial contar con programas de inspección continua de plantas y de la erradicación, así como realizar la práctica de desinfección de herramientas de poda o deshije. También es importante la detección inicial y oportuna de la enfermedad, una estricta desinfección de herramientas, destrucción con herbicidas de plantas enfermas y sus vecinas inmediatas. Las plantas tratadas deben ser dejadas en su lugar en el campo. Además, la flor masculina o perilla debe ser removida después de que ha emergido la última “mano” femenina. En plantaciones donde los productores son renuentes a llevar este tipo de prácticas, el moko puede presentarse de manera epidémica México (Álvarez *et al.*, 2013).

detect the disease initially, and in a timely manner, along with a strict tool disinfection, the destruction of diseased and adjacent plants with herbicides. The plants treated must be left in their place in the field. Likewise, the male flower must be removed after the last female hand has emerged. In cultivations where producers are reluctant to carry out this type of practice, moko may become epidemic in Mexico (Álvarez *et al.*, 2013).

BANANA BACTERIAL WILT

Introduction. Bacterial wilt is caused by *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*, and is a potential threat to banana tree cultivations. First of all, this disease was found affecting ensete (*Ensete ventricosum*) plants in Ethiopia, approximately 30 years ago, and later, natural infections were diagnosed in banana trees in the same country. This disease is now one of the most important threats for banana tree cultivations in East Africa and nearby regions. Its spreading is quick, as is the expansive form of propagating in banana trees, seemingly due to the ease with which the pathogen is transmitted by insects that visit the inflorescences. So far no resistance to the disease has been observed in any of the banana tree varieties commonly cultivated in Uganda, and in some areas affected, communities have lost entire productions. As with other bacterial diseases in banana trees, it is likely that some types, especially Bluggoe, are more vulnerable to transmission by insects than others. Preventing the transmission by insects in this and other varieties may provide a way to reduce the spreading of the disease (Tripathi *et al.*, 2009).

Causal agent. The bacterial wilt is caused by *Xanthomonas campestris* pv. *Musacearum*. The dissemination of these bacteria is rapid and efficiently transmitted by contact (field tools)

MARCHITEZ BACTERIANA DEL PLÁTANO

Introducción. La marchitez bacteriana es causada por *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* Yirgou & Bradbury, esta enfermedad representa una amenaza potencial para el cultivo de los bananos. Primeramente, esta enfermedad fue identificada afectando plantas de ensete (*Ensete ventricosum*) en Etiopía hace aproximadamente unos 35 años, y posterior se diagnosticaron infecciones naturales de banano en ese mismo país. Esta enfermedad ahora representa una de las amenazas más graves para el cultivo del banano en el este de África y las regiones cercanas. Su dispersión muestra un ritmo rápido y el modo expansivo de propagación en el banano, al parecer debido a la facilidad con la que el patógeno es transmitido por insectos que visitan las inflorescencias. Hasta el momento, ninguna resistencia a la enfermedad había sido observada en cualquiera de las variedades de banano cultivadas comúnmente en Uganda y en algunas zonas afectadas pueblos han experimentado una pérdida total de la producción. Al igual que con otras enfermedades bacterianas de plátano, es probable que algunos tipos, especialmente Bluggoe, son más susceptibles a la transmisión por insectos que otros. Prevención de la transmisión por insectos en ésta y otras variedades puede proporcionar un medio para reducir la propagación de la enfermedad (Tripathi *et al.*, 2009).

Agente causal. La marchitez bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* La diseminación de esta bacteria es rápida y es eficientemente transmitida por contacto (herramientas del campo) produciendo pérdidas considerables. Se ha encontrado atacando indiscriminadamente todos los genotipos de bananos. Las fuentes de inóculo

causing considerable losses. It has been found attacking banana trees of all genotypes. The sources of inoculant are residues of diseased plants, contaminated soil, products used for sales. The disease may be triggered by insect-transmitted diseases (at altitudes below 1700 m.a.s.l.) from diseased plants to the male flowers of healthy plants, through the splash of raindrops, from rhizomes obtained from infected plants or via the transmission by contact in unflowered plants, from which wilt, the rotting of fruits, and lethal wilt develop.

Control. It is ideal for the movement of all parts of the banana tree, enset, and other musaceae (except as cultures of pathogen-free axenic tissues) to be restricted from areas affected by the disease, both inside and between countries in risk of the disease. All fruits in the affected areas must be consumed or processed locally to reduce the risk of spreading to a minimum; bunches of fruits that display premature maturation or other external symptoms are unlikely to be commercialized, although bunches that appear to be externally normal, yet are decolored when cut are a particular risk: they can be objects of commercialization, discarded, and serve as possible sources of infection. In practice, these controls and greater surveillance can rarely be complied with, backed by immediate phytosanitary and eradication measures, they must be instigated in areas in which the introduction of the disease could cause economic losses.

BANANA BUNCHY TOP VIRUS (BBTV)

Introduction. The bunchy top virus is the most important virosis that affects banana tree cultivations and can cause their devastation. The first report of the disease was recorded in the island

son los residuos de plantas enfermas, el suelo contaminado, los productos utilizados para el comercio. La enfermedad puede iniciarse por infecciones transmitidas por insectos (a altitudes menores de 1700 m.s.n.m.) de plantas enfermas a las flores masculinas de las plantas sanas, a través de las salpicaduras de gotas de lluvia, de rizomas obtenidos de plantas infectadas o a través de la transmisión por contacto en plantas no florecidas, a partir de las cuales se desarrolla la marchitez las pudriciones de los frutos y la marchitez letal (Tripathi *et al.*, 2009).

Control. Lo ideal es que el movimiento de todas las partes del plátano, enset y otras musáceas (excepto como cultivos de tejidos axénicos libres de patógenos) debería restringirse de las zonas afectadas por la enfermedad, tanto dentro como entre los países en riesgo de la enfermedad. Todas las frutas de las zonas afectadas por la enfermedad deben ser consumidos o procesados localmente para reducir al mínimo los riesgos de propagación; racimos de fruta que muestran la maduración prematura u otros síntomas externos son poco probable que introducir el comercio, sino racimos que aparecen externamente normal, pero a continuación se encuentran para ser descolorida cuando se corta abierta son un riesgo particular: éstos pueden ser objeto de comercio, descartado y servir como posibles fuentes de infección. En la práctica, rara vez es posible hacer cumplir esos controles y mayor vigilancia, respaldados por las medidas de erradicación y fitosanitarias inmediatas, debe ser instigadas en áreas donde la introducción de la enfermedad podría causar pérdidas económicas (Tripathi *et al.*, 2009).

VIRUS DEL BUNCHY TOP (BTV)

Introducción. El virus del bunchy top es la virosis más importante que afecta al cultivo del plátano y puede causar efectos devastadores en las plantacio-

of Fiji in 1879. In the 1920s, it virtually finished the banana industry in Australia (Staiton *et al.*, 2015). The disease has spread around the South Pacific, Asia, and Africa. The BBTV has not been found in Mexico, or other banana-producing areas of Latin America or the Caribbean.

Symptoms. The first symptoms appear as streaks and dark green dots of variable lengths in leaves and petioles. Later, leaves develop a marginal chlorosis, their development is reduced, they become stunted and erect, appearing to present offsetting in the higher parts of the plant. This symptom gives it the name of “bunchy top”. When plants are infected at an early stage, the bunch does not emerge, and if it does, the quality of the fruit is poor. The disorganization in the development of the plants is due to the virus affecting the phloem cells, which reproduce in an excessive and disorganized manner.

Causal agent. The virus that causes the bunchy top belongs to the family of Nanoviridae, genus Babuvirus. It contains six components of the genome, each of which is approximately 1,000 nt long and are named DNA-R, DNA-U3, DNA-S, DNA-M, DNA-C, and DNA-N (formally DNA-1 to DNA-6, respectively, according to King *et al.*, 2012). BBTV is transmitted persistently by the black banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Thomas and Iskra-Caruana, 2000). The BBTV is not transmitted by sap. However, it may be transmitted via corms, shoots, and in plants obtained by tissue cultures (Thomas *et al.*, 1995). All species of musaceae are vulnerable to the BBTV.

Control. Quarantines are the main way to avoid the introduction of the BBTV in areas or regions free of the disease. In regions with BBTV problems, the use of virus-free plant material is recommended

nes. El primer reporte de la enfermedad se registró en la isla Fiji en 1879. En la década de los años 20, acabó virtualmente con la industria platanera de Australia (Staiton *et al.*, 2015). La enfermedad se ha distribuido por el sur del Pacífico, Asia y África. El BBTv no ha sido detectado en México, ni en otras regiones plataneras de América Latina y el Caribe.

Síntomas. Los primeros síntomas aparecen como un estriado y punteado de color verde oscuro de longitud variable en hojas y pecíolos. Posteriormente, las hojas desarrollan una clorosis marginal, se reduce su desarrollo, se achaparran y se tornan erectas, dando la apariencia de un amacollamiento en la parte superior de la planta. De este último síntoma proviene el nombre de “bunchy top”. Cuando las plantas son infectadas desde pequeñas, el racimo no emerge y si lo hace, la fruta no es de buena calidad. La desorganización en el desarrollo de las plantas se debe a que el virus afecta las células del floema, las cuales se reproducen excesiva y desorganizadamente (Staiton *et al.*, 2015).

Agente causal. El virus causante del bunchy top pertenece a la familia Nanoviridae, género Babuvirus. Contiene seis componentes del genoma, los cuales cada uno con aproximadamente 1000 nt de longitud y se llaman DNA-R, DNA-U3, DNA-S, DNA-M, DNA-C y DNA-N (formalmente DNA-1 a DNA-6, respectivamente, según King *et al.*, 2012). BBTv es transmitido de forma persistente por el pulgón negro del plátano *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Thomas y Iskra-Caruana, 2000). El BBTv no se transmite por savia. Sin embargo, puede transmitirse a través de cormos, hijuelos y en plantas obtenidas por medio de cultivo de tejidos (Thomas *et al.*, 1995). Todas las especies de musáceas son susceptibles al BBTv.

in plantations. The eradication of infected plants that serve as a source of inoculant is an important sanitary measure. Restricting the movement and use of cultivation material, regular inspections of all the plants affected by the BBTv, and the continuous education and extension programs for producers, are measures that can be used in regions where the disease is present (Thomas and Iskra-Caruana, 2000).

BANANA BRACT MOSAIC VIRUS (BBRMV)

Introduction. This disease is relatively new and it occurs only in the Philippines and India. It was first recorded in 1979 (Magnaye and Espino, 1990). The bract mosaic is more common in cooking ABB cultivars, although it also causes serious problems in Cavendish bananas (AAA). In general, it causes losses in production of over 40 %. This virus is included in the list of viruses of quarantine importance (Frison and Putter, 1989). The banana-producing regions in Mexico and the rest of Latin America and the Caribbean are free of the BBrMV (Jones, 2002).

Symptoms. The infection caused by BBrMV can take place in any stage of development and part of the plant, being very distinctive of the disease. The symptoms in the petioles consist of yellow dots or streaks. On the leaves, symptoms may or may not be visible. In the pseudostem brown stripes appear when removing dead leaves. The typical syndrome that gives the disease its name is a characteristic mosaic in the floral bracts, and that can, in some cases, be found in the fruits (Magnaye and Espino, 1990).

Causal agent. The BBrMV is transmitted non-persistently by the aphid *Pentalonia nigronervosa*, *Aphis gossypii*, and *Rhopalosiphum maydis*

Control. Las cuarentenas es el medio principal para evitar la introducción del BBTv en áreas o regiones libres de la enfermedad. En regiones con problemas del BBTv, se sugiere utilizar material vegetativo libre de virus en las plantaciones. La erradicación de plantas infectadas que sirven como fuente de inóculo es una medida sanitaria importante, restringir el movimiento y uso de material para plantación, inspecciones regulares de todas las plantaciones afectadas por BBTv y la continua educación y programas de extensión para los productores, son medidas que pueden ser adoptadas en regiones donde se encuentra la enfermedad (Thomas y Iskra-Caruana, 2000).

VIRUS DEL MOSAICO DE LAS BRÁCTEAS (BBRMV)

Introducción. Esta enfermedad es relativamente nueva y ocurre únicamente en Filipinas e India. Se reportó por primera vez en 1979 (Magnaye y Espino, 1990). El mosaico de las brácteas es más común en cultivares de cocción ABB, pero también causa serios problemas en plátanos Cavendish (AAA). En general, ocasiona pérdidas en la producción superior al 40 %. Este virus está incluido dentro de la lista de virus de importancia cuarentenaria (Frison y Putter, 1989). Las regiones plataneras de México y el resto de América y el Caribe están libres del BBrMV (Jones, 2002).

Síntomas. La infección causada por BBrMV puede ocurrir en cualquier estado de desarrollo y partes de la planta, siendo estos muy distintivos de la enfermedad. Los síntomas en los pecíolos consisten de puntos o estrías amarillentas. En las hojas, los síntomas pueden o no ser visibles. En el seudotallo se observan franjas oscuras al momento de remover las hojas muertas. El síntoma típico y que da el nombre a la enfermedad es un mosaico característi-

(Magnaye and Espino, 1990). The genus *Musa* and Abacá are the only hosts for this virus (Thomas *et al.*, 1997), since there have been studies using the inoculation of sap infected with the virus in indicative herb plants and they have not presented the symptoms of the disease (Magnaye and Espino, 1990). The BBrMV belongs to the group of the potyviruses, and it presents three strips of protein with an estimated size of 31, 37, and 39 kDa. The particles are 750 nm x 11 nm and it internally produces inclusions typical of the potyvirus (Thomas *et al.*, 1997). Purified virions contain a protein layer of 38-39 kDa (Thomas *et al.*, 1997). The analysis of nucleotide sequences indicates that the BBrMV is unique; it is a new potyvirus (Thomas *et al.*, 2000). The symptoms of bracts can aid in the diagnosis of the virus. However, it is ideal to confirm the presence of the BBrMV using serology tests with the ELISA and molecular techniques such as PCR (Thomas *et al.*, 1997). The concentration of virions in infected plants is relatively low, and virions cannot usually be found quickly by placing sap under the electron microscope (Thomas *et al.*, 2000).

Control. Control measures include early detection and the immediate eradication of infected plants. For new plantations, it is suggested that material free of the virus is used, produced by tissue culture.

BANANA STREAK VIRUS (BSV)

Introduction. The BSV was described for the first time in Ivory Coast in 1958. Later, it was found in Asia and Australia. However, in some Latin American and Caribbean countries (Brazil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Haiti, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Puerto Rico, Venezuela, and in Florida U.S.A.) its presence has been confirmed. Its damage is not well-defined,

co en las brácteas florales y que también en algunos casos se puede observar en los frutos (Magnaye y Espino, 1990).

Agente causal. El BBrMV es transmitido de manera no persistente por los pulgones *Pentalonia nigronervosa*, *Aphis gossypii* y *Rhopalosiphum maidis* (Magnaye y Espino, 1990). El género *Musa* y Abacá son los únicos hospederos de este virus (Thomas *et al.*, 1997), ya que se han hecho estudios mediante la inoculación de savia infectada con el virus en plantas herbáceas indicadores y no han presentado los síntomas de la enfermedad (Magnaye y Espino, 1990). El BBrMV pertenece al grupo de los potivirus, presenta tres bandas de proteína de tamaño estimado en 31, 37 y 39 kDa. Las partículas son de 750 nm x 11 nm e internamente produce inclusiones típicas de los potivirus (Thomas *et al.*, 1997). Viriones purificados contienen una capa proteica de 38-39 kDa (Thomas *et al.*, 1997). El análisis de secuencia de nucleótidos indica que BBrMV es único, es un nuevo potivirus (Thomas *et al.*, 2000). La sintomatología de las brácteas puede ayudar al diagnóstico del virus. Sin embargo, lo ideal es confirmar la presencia del BBrMV mediante pruebas serológicas con la técnica ELISA y moleculares como la PCR (Thomas *et al.*, 1997). La concentración de viriones en plantas infectadas es relativamente bajo, y los viriones usualmente no pueden detectarse rápidamente por microscopía electrónica de la savia (Thomas *et al.*, 2000).

Control. Las medidas de control incluyen la detección temprana y la inmediata erradicación de plantas infectadas. Para las nuevas plantaciones se sugiere utilizar material libre del virus producidas mediante el cultivo de tejidos.

since in some areas it seems to be a light problem, whereas in other areas, such as Ivory Coast, it can cause losses of up to 90% (Frison and Sharrock, 1998). BSV is different to other plant viruses, since its DNA is integrated in the genome of *Musa* and *Ensete* plants. BSV is transmitted by the citrus woodlouse, *Planococcus citri* and *Pseudococcus* sp., which colonize the lower part of leaves, bunches, and flowers, although the main medium of dissemination has been planting material, since BSV is not transmitted mechanically. There is strong evidence that indicates that it is transmitted by seeds and infected plant material. There is a serious obstacle in the movement of *Musa* germplasm, as well as the resistant hybrids generated in improvement programs, since no new ones have been incorporated into commercial production, because they are frequently infected with BSV. This virus is not transmitted through the soil, and it is unlikely that it may be transmitted by work tools. In Mexico there are no official reports of its presence. However, a study carried out in cultivations in Veracruz based on the reproduction of the symptomatology and molecular analyses, concludes on the presence of BSV (Nabor-Romero, 2014).

Symptoms. The initial symptoms of BSV are presented as a mosaic-type interveinal chlorosis, separate lines and diamond-shaped patterns along the veins. With age the affected foliar tissue becomes progressively darker, and eventually turns black or dark brown. The death of the tips and the internal necrosis of the pseudostem in banana trees have been related with the BSV infection. The disease also reduces plant vigor and growth, reduces the weight of bunches, and causes distortion in fruits. Symptoms may disappear or appear in certain seasons, and not all leaves may display symptoms

VIRUS DEL ESTRIADO DEL PLÁTANO (BSV)

Introducción. El BSV fue descrito por primera vez en Costa de Marfil en 1958. Posteriormente, se ha detectado en Asia y Australia. Sin embargo, en algunos países de América Latina y el Caribe (Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Puerto Rico, Venezuela y en Florida, E.U.A.) se ha confirmado su presencia. Su daño no está bien definido, ya que en algunas áreas aparenta ser un problema leve mientras que en otras como en Costa de Marfil puede causar hasta el 90 % de pérdidas (Frison y Sharrock, 1998). El BSV es diferente de otros virus de plantas pues su ADN se integra en el genoma de las plantas de *Musa* y *Ensete*. El BSV es transmitido por la cochinilla de los cítricos, *Planococcus citri* y *Pseudococcus* sp., los cuales colonizan la parte inferior de las hojas, racimos y flores, pero el principal medio de diseminación ha sido el material de siembra, ya que el BSV no es transmitido mecánicamente. Hay fuertes evidencias de ser transmitido por semilla y por material vegetativo infectado. Existe un serio obstáculo en el movimiento de germoplasma de *Musa*, así como los híbridos resistentes generados en los programas de mejoramiento, pues nuevos no se han incorporado a la producción comercial porque frecuentemente están infectados por BSV. Este virus no es transmitido por el suelo, y es improbable que se transmita con las herramientas de trabajo. En México no existen reportes oficiales de su presencia. Sin embargo, en un estudio realizado en plantaciones de Veracruz con base en la reproducción de la sintomatología y análisis moleculares se concluye la presencia del BSV (Nabor-Romero, 2014).

Síntomas. Los síntomas iniciales del BSV se presentan como una clorosis intervenal tipo mosaico, líneas separadas y patrones en forma de diamante a lo largo de las venas. Con la edad, el tejido foliar

of streaking (Frison y Sharrock, 1998).

Causal agent. BSV belongs to the genus Bandavirus, family Caulimoviridae (Comstock and Lockhart, 1990). It contains a 7.5 kb double chain DNA genome, covered in bacilliform particles sized 30 x 130 nm (Lockhart and Olszewski, 1996). A high degree of heterogeneity of the genome has been observed between different BSV isolates, serologically, genomically, and biologically, which makes the indexation of virus-free plant material troublesome (Lockhart and Olszewski, 1996). All the progeny that arises from the mother plant develops symptoms. The BSV hosts are restricted to the genus *Musa* (Frison and Sharrock, 1998).

Control. Eradicating infected plants can control the Banana Streak Virus, destroying them with insecticides to kill the mealybug. The virus can be transmitted in plants from tissue cultures, therefore they must be certified plants (Frison and Sharrock, 1998). Due to its heterogeneous nature, BSV is the greatest obstacle for a reliable serological detection.

BANANA MOSAIC VIRUS (CMV OR BMV)

Introduction. The banana mosaic virus is a disease with global distribution, and is known by several names: infectious chlorosis, heart rot, cucumber mosaic virus, or leaf rot. The virus was observed for the first time in Australia in 1930, and since then, its presence has been confirmed in most areas in which banana is grown (Lockhart and Jones, 2000). This virosis is of little economic importance. Symptoms tend to be mild, appear and disappear periodically, causing no apparent economic damage. There are no reports on the presence of the banana mosaic virus in Mexico. However, the cucumber mosaic is a virus that has been found in several vegetable species (cucurbits and Solanaceae) and weeds. Studies are required to confirm its presence and evaluate its economic importance.

afectado se torna progresivamente de color oscuro, y eventualmente llega a ser negro o café oscuro. La muerte de las puntas y la necrosis interna del pseudotallo en plantas de plátano han sido asociadas con la infección del BSV. La enfermedad también reduce el vigor y crecimiento de las plantas, disminuye el peso del racimo y ocasiona distorsión de los frutos. Los síntomas pueden desaparecer o aparecer en ciertas épocas y no todas las hojas pueden mostrar los síntomas del estriado (Frison y Sharrock, 1998).

Agente causal. El BSV pertenece al género *Bandavirus*, familia *Caulimoviridae* (Comstock y Lockhart, 1990). Contiene un genoma de DNA de doble cadena de 7.5 kb, encapsulado en partículas baciliformes de un tamaño de 30 x 130 nm (Lockhart y Olszewski, 1996). Se ha observado un alto grado de heterogeneidad del genoma entre diferentes aislamientos del BSV, serológicamente, genómicamente y biológicamente, lo que hace problemática la indexación de material vegetal libre del virus (Lockhart y Olszewski, 1996). Toda la progenie que surge de las plantas madre afectadas desarrolla síntomas. Los hospederos del BSV se restringen al género *Musa* (Frison y Sharrock, 1998).

Control. El virus del estriado de plátano puede ser controlado mediante la erradicación de plantas infectadas, destruyéndolas con insecticidas para matar al piojo harinoso. El virus puede ser transmitido en plantas procedentes de cultivo de tejidos, por lo que deben ser plantas certificadas (Frison y Sharrock, 1998). Debido a su naturaleza heterogénea el BSV posee el obstáculo más serio para una detección serológica confiable.

VIRUS DEL MOSAICO DEL PLÁTANO (CMV O BMV)

Symptoms. The leaves of affected plants display interveinal chlorosis, and in severe cases, the internal part of the leaf has displayed rotting, along with the central cylinder. Plants become stunted and the quality of the fruit is affected. This occurs in very particular parts. In general, plants with mild symptoms recover, being able to transform them into an endemic diseases of no economic importance.

Causal agent. The banana mosaic virus (BMV) is caused by a cucumovirus and it has spherical particles with 28-30 nm in diameter; it only contains polyhedral-shaped RNA. Some CMV isolates have three genomic RNA and one subgenomic. There are many races differentiated biologically and molecularly. CMV is transmitted in a non-persistent manner by diverse species of aphids: *Aphis gossypii*, *Rhopalosiphum maydis*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum pisi*, and *Rhopalosiphum prunifoliae*. Among the hosts of CMV are plants of the family *curcubitaceae*, *solanaceae*, and other vegetables.

Control. The infection by the banana mosaic virus has no significant impact on worldwide production. The establishment of a management program is required to prevent or reduce the incidence of the disease. Using virus-free plants, avoiding the cultivation of *curcubitaceae* or other crops that could host the virus near banana cultivation, destroying weeds that are vulnerable to CMV, remove infected plants and disinfecting tools with sodium hypochlorite or heat (Frison and Putter, 1989). It is also important to maintain an adequate control over the CMV vector aphids. Rather, BBTV is considered the most harmful viral disease that attacks *musaceae*, and is distributed in Africa, India, Southeast Asia, the Pacific Islands, and in Australia. This pathogen is transmitted by the banana aphid (*Pentalonia nigronervosa* Coq.),

Introducción. El virus del mosaico del plátano es una enfermedad que tiene distribución global y se le conoce con diferentes nombres: clorosis infecciosa, pudrición del corazón, mosaico del pepino o pudrición de las hojas. El virus se constató por primera vez en Australia en 1930 y desde entonces se ha confirmado en la mayoría de las áreas donde se cultiva plátano (Lockhart y Jones, 2000). Esta virosis no tiene mucha importancia económica. Los síntomas tienden a ser leves, aparecer y desaparecer periódicamente sin causar algún daño económico aparente. No existen reportes de la presencia del virus del mosaico del plátano en México. Sin embargo, el mosaico del pepino es un virus que se ha detectado en diversas especies hortícolas (cucurbitáceas y solanáceas) y malezas. Se requieren estudios para confirmar su presencia y evaluar su importancia económica (Lockhart y Jones, 2000).

Síntomas. Las hojas de la planta afectada muestran una clorosis intervenal y en casos severos se observa pudrición de la parte interna de la hoja y el cilindro central. Las plantas quedan achaparradas y se afecta la calidad de la fruta. Esto sucede en partes muy localizadas. Por lo general, las plantas con síntomas leves se recuperan, pudiendo transformarse en una enfermedad endémica sin importancia económica (Lockhart y Jones, 2000; Frison y Putter, 1989).

Agente causal. El virus mosaico del plátano (BMV) es causado por un cucumovirus y tiene partículas esféricas de 28-30 nm de diámetro, sólo contiene RNA de forma poliédrica. Algunos aislados de CMV tienen tres genómicos RNA y un subgenómico. Existen muchas razas diferenciadas biológicamente y molecularmente. El CMV se transmite en forma no persistente por diversas especies de pulgones: *Aphis gossyphii*, *Rhopalosiphum maydis*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum pisi*

by the rhizomes of infected plants and also through vitroplants from infected plants. Its management requires strict programs for the detection of diseased plants, sanitation, and vector control, as well as a certified plantation material program. It can be diagnosed using the PCR multiplex or PCR in real time. On the other hand, BBrMV is found in India and confirmed in some countries in Southeast Asia. Like BBTv, it is transmitted by infected plant material and by the corn aphid (*Rhopalosiphum maidis*) in a non-persistent manner; there are precedents of its transmission in vitroplants multiplied from infected donors. There is a method for its diagnosis using ELISA, IC-PCR, and RT-PCR.

CONCLUSIONS

As shown earlier, most pathogens mentioned above exist in Southeast Asia, and therefore, if they are introduced and disseminated in Latin America and the Caribbean, they could seriously affect the production of the crop. For this reason, one of the recommendations made to travelers that visit this region is: do NOT visit farms in which any of these diseases have been reported, do NOT pick up or transport soil or plants nor parts of plants of any genus or species, do NOT buy *souvenirs* made with banana plant material. The acknowledgement of the importance of combining efforts by federal and state plant health organisms, by research institutions, universities and producers is crucial to prevent the entry of these and other pathogens. Training producers and establishing measures that tend to reduce the risks of establishing and disseminating these pathogens in Mexico is vital.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

y *Rhopalosiphum prunifoliae*. Entre los hospederos del CMV se encuentran plantas de la familia curcubitáceas, solanáceas y otros vegetales (Lockhart y Jones, 2000; Frison y Putter, 1989).

**Control.** La infección por el virus del mosaico del plátano no tiene un gran impacto en la producción en el mundo. Se requiere establecer un programa de manejo para prevenir o reducir la incidencia de la enfermedad. Usar plantas libres de virus, evitar sembrar curcubitáceas u otro cultivo que sean hospedero del virus cerca de plantaciones de plátano, destruir malezas susceptibles al CMV, remover plantas infectadas y desinfectar herramientas con hipoclorito de sodio o calor (Frison y Putter, 1989). También es de importancia tener un control adecuado de los pulgones vectores del CMV. En cambio, el BBTV es considerado la enfermedad viral más nociva que ataca a las musáceas y está distribuido en África, la India, el sudeste asiático, las islas del Pacífico y en Australia. Este patógeno es transmitido por el pulgón negro (*Pentalonia nigronervosa* Coq.), por los rizomas de plantas infectadas y también a través de vitroplantas procedentes de plantas infectadas. Su manejo requiere de programas estrictos de detección de plantas enfermas, saneamiento y control de vectores y de un programa de material de plantación certificado. Se puede diagnosticar mediante la PCR multiplex o PCR en tiempo real. Por otra parte, el BBrMV se encuentra distribuido en la India y confirmado en algunos países del sudeste de Asia. Al igual que el BBTV se transmite por material vegetativo infectado y por el pulgón verde (*Rhopalosiphum maidis*) de forma no persistente; hay antecedentes de su transmisión en vitroplantas multiplicadas a partir de donantes infectados. Existe la metodología para su diagnóstico mediante ELISA, IC-PCR y RT-PCR.

## CONCLUSIONES

Como se describió anteriormente, la mayoría de los patógenos antes mencionados existen en el Sureste Asiático, por lo que si son introducidos y diseminados en América Latina y el Caribe pueden afectar seriamente la producción del cultivo. Es por eso que unas de las recomendaciones a los viajeros que visiten algún país de esa región son: NO visitar fincas donde se hayan reportado alguna de estas enfermedades, NO recoja ni transporte suelo o plantas, ni partes de plantas, de ningún género o especie, NO comprar *souvenir* confeccionado con material vegetal de banano. El reconocimiento de la importancia que tiene integrar esfuerzos de los órganos federales y estatales de sanidad vegetal, de las instituciones de investigación, de las universidades y productores es fundamental para prevenir la entrada de estos y otros patógenos. Capacitar a los productores y establecer medidas para disminuir los riesgos de entrada y diseminación de estos patógenos en México es vital.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez E., Pantoja A, Gañan L. y Ceballos G. 2013. Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina y el Caribe. CIAT / FAO. 40 pp.
- Arzanlou P.M., Groenewald J.Z., Fullerton R.A., Abeln E.C.A., Carlier J., Zapater M.-F., Buddenhagen I.W., Viljoen A., and Crous P.W. 2008. Multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several novel species of *Mycosphaerella* and related anamorphs on banana. *Persoonia* 20: 19–37. [http://doi: 10.3767/003158508X302212](http://doi:10.3767/003158508X302212)
- Blomme, G., Eden-Green, S., Mustaffa, M., Nwauzoma, B., Thangavelu R. Major disease of banana. 85-119. In: Pillay, M., Ude, G., Kole, C. Genetics, Genomics, and Breeding of Bananas. 354 pp. CRC Press
- Carlier, J., Zapater, M.-F., Lapeyre, F., Jones, D.R., and Mourichon, X. 2000. Septoria leaf spot of banana: A newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (anamorph *Septoria eumusae*). *Phytopathology* 90:884-890. [http://doi: 10.1094/PHYTO.2000.90.8.884](http://doi:10.1094/PHYTO.2000.90.8.884).
- Churchill, A. C. L. 2011. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards un-



- derstanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Molecular and Plant Pathology*. 12: 307-328. [http://doi: 10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x](http://doi:10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x).
- Crous, P.W., and Mourichon, X. 2002. *Mycosphaerella eumusae* and its anamorph *Pseudocercospora eumusae* spp. Nov.: causal agent of eumusae leaf spot disease. *Sydovia* 54:35-43. [http:// 254811826\\_Mycosphaerella\\_eumusae\\_and\\_its\\_anamorph\\_Pseudocercospora\\_eumusae\\_sppnov\\_causal\\_agent\\_of\\_Eumusae\\_leaf\\_spot\\_disease\\_of\\_banana](http://254811826_Mycosphaerella_eumusae_and_its_anamorph_Pseudocercospora_eumusae_sppnov_causal_agent_of_Eumusae_leaf_spot_disease_of_banana)
- Frison E.A., and Putter C.A.J. 1989. *FAO/IBPGR/INIBAP Technical Guidelines for the Safe Movement of Musa Germplasm*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Plant Genetic Resources Institute. <https://sites.google.com/a/cgxchange.org/musanet/documentation/technical-guidelines>
- Frison, E.A. and Sharrock, S.L. (Eds.). 1998. Banana streak virus: A unique virus-*Musa* interaction? Proceedings of a workshop of the PROMUSA. Virology working group held in Montpellier, France. January 19-21, 1998. <http://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/banana-streak-virus-a-unique-virus-musa-interaction/>
- Heslop-Harrison, J.S. y Schwarzacher, T. 2007. Domestication, genomics and the future for banana. *Annals of Botany* 100: 1073-1084. <http://doi:10.1093/aob/mcm191>
- Jones, D.R. 2000. Disease of Banana, Abaca and Ensete. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Lockhart, B.E.L., and Jones, D.R. 2000. Disease caused by viruses. Banana streak. En: D.R. Jones (ed.) Diseases of Banana, Abaca and Enset, CABI Publishing, Wallingford.
- Nabor-Romero, O. 2014. Identificación del virus asociado al rayado de plátano en Monte blanco, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 33 pp.
- Ploetz, R.C. 2015. Fusarium wilt of banana. *Phytopathology* 105:1512-15-1521. [http://doi: 10.1094/PHYTO-96-0653](http://doi:10.1094/PHYTO-96-0653).
- Ploetz, R. C., Kema, G.H.J. and Ma, L.-J. 2015. Impact of diseases on export and smallholder production of banana. *Annual Review of Phytopathology* 53:269-88. [http:// 10.1146/annurev-phyto-080614-120305](http://10.1146/annurev-phyto-080614-120305)
- King, A. M., Lefkowitz, E., Adams, M.J., and Carstens, E.B. 2012. *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Burlington: Elsevier Science. 1344 pp.
- SIAP, 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo> (consultado 14 de enero de 2016).
- Stainton, D., Martin, D.P., Muhire, B.M., Lolohea, S., Halafih, M., Lepoint, P., Blomme, G., Crew, K.S., Sharman, M., Kraberger, S., Dayaram, A., Walters, M., Collings, D.A., Mabvakure, B., Lemey, P., Harkins, G.W., Thomas, J.E., Varsani, A. 2015. The global distribution of Banana bunchy top virus reveals little evidence for frequent recent, human-mediated long distance dispersal events. *Virus Evolution* 1:1-16. [http://doi: 10.1093/ve/vev009](http://doi:10.1093/ve/vev009)
- Thomas, J.E., Iskra-Caruana, M.L., Magnate, L.V., and Jones, D.R. 2000. Disease caused by virus. Bract mosaic. En: D.R. Jones (ed.) Diseases of Banana, Abaca and Enset, CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Tripathi L, Mwangi MM, Abele S, Aritua V, Tushemereirwe WK, Bandyopadhyay R. 2009. Xanthomonas wilt. A threat to banana production in East and Central Africa. *Plant Disease* 93:440-51. [http:// dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0440](http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0440)
- Tushemereirwe W., A. Kangire, J. Smith, F. Ssekiwoko, M. Nakyanzi, D. Kataama, C. Musitwa and R. Karyaija. 2003. An outbreak of bacterial wilt on banana in Uganda. *INFOMUSA* 12:6-8. <http://c3project.iita.org/Doc/BXWuganda.pdf>