

FICHA TÉCNICA

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* Raza 4
Tropical (syn. *Fusarium odoratissimum*).



Créditos: Maymon *et al.*, 2020.

Marchitez por *Fusarium* en musáceas

Abril, 2021



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

CONTENIDO

IDENTIDAD DE LA PLAGA	1
Nombre científico.....	1
Sinonimias	1
Clasificación taxonómica	1
Nombre común	1
IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA.....	1
ESTATUS FITOSANITARIO EN MÉXICO	2
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL.....	2
HOSPEDANTES.....	3
SÍNTOMAS.....	3
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS.....	8
Infección	8
Patogénesis.....	8
Sobrevivencia	8
Diseminación	9
MUESTREO Y MONITOREO	11
MEDIDAS DE MANEJO Y CONTROL.....	12
Control cultural	12
Control químico	12
Control biológico	13
Control genético	13
Manejo integrado de la enfermedad	14
MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD.....	15
LITERATURA CITADA.....	16



IDENTIDAD DE LA PLAGA

Nombre científico

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical.

Sinonimias

- *Fusarium odoratissimum* N. Maryani, L. Lombard, Kema & Crous. (Para *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* sin especificar raza).
- *Fusarium cubense* E.F. Sm. (Anamorfo.)
- *Fusarium* var. *cubense* (E.F. Sm.) Wollenw. (Anamorfo) (E. F. Sm.) Wollenw
- *Fusarium cubense* var. *inodoratum* E.W. Brandes (Anamorfo) E.W. Brandes
(EPPO, 2018; Maryani *et al.*, 2019)

Clasificación taxonómica

Phylum: Ascomycota

Subphylum: Pezizomycotina

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical.

(EPPO, 2018)

Nombre común

- Marchitez por *Fusarium* en musáceas.
- Fusariosis de las musáceas.

(EPPO, 2018).

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA

La enfermedad marchitez por *Fusarium* en musáceas, es una enfermedad de marchitez

grave causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) [recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema & Crous, 2019]. Esta enfermedad con origen en el suelo, causa muerte regresiva y marchitamiento de las plantas de plátano (Cook *et al.*, 2015).

En la década de 1950, Foc destruyó cerca de 100.000 hectáreas de plantaciones de plátano "Gros Michel" en América Central y del Sur, con una pérdida estimada de más de \$2.000 millones de dólares (USD) [Ploetz, 2015]. En Indonesia, Taiwán y Malasia, las pérdidas ascienden \$388 millones de USD (Aquino *et al.*, 2013), aunque se proyectan mayores pérdidas en otros países productores importantes de Cavendish, como China y Filipinas (Ploetz, 2015). En Sumatra, se reportaron pérdidas de \$11 millones de dólares (Pérez-Vicente *et al.*, 2014).

Actualmente Foc R4T, es la amenaza más grave para la industria bananera en todo el mundo. Investigaciones recientes predicen que entre el 13.1 y el 17.7% de la superficie mundial dedicada a la producción de plátano se perderá en los próximos 25 años, dependiendo de la tasa de propagación de Foc R4T (Scheerer *et al.*, 2016). En Australia, se construyó un modelo dinámico para estimar las posibles consecuencias financieras para la industria bananera, si la enfermedad se propaga más allá de su

distribución actual, los resultados infieren que la enfermedad causará pérdidas en la industria superiores a \$138 millones / año, a pesar de una tasa lenta de propagación (Cook *et al.*, 2015).

ESTATUS FITOSANITARIO EN MÉXICO

De acuerdo a la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 5, Glosario de términos fitosanitarios, cumple con la definición de plaga cuarentenaria, ya que se encuentra ausente en el país y puede potencialmente causar pérdidas económicas en cultivos hospedantes (IPPC, 2021a).

De acuerdo a la NIMF No. 8, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical, se cataloga como **Ausente: la plaga no se ha registrado en México** (IPPC, 2021b).

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

Los primeros síntomas de marchitez por *Fusarium* fueron observados en Taiwán en 1967, en cultivares Cavendish (Su *et al.*, 1986). En 1972, los resultados de las pruebas de patogenicidad demostraron que los aislamientos pertenecían a la raza 1 (Stover *et al.*, 1972), posteriormente en 1977 fueron designados como raza. La susceptibilidad de los cultivares Cavendish, se reportó a principios de la década de 1990, cuando el marchitamiento por *Fusarium* afectó las plantaciones recién establecidas de plátano Cavendish en Indonesia y Malasia (Buddenhagen, 2009).

Para finales del 2000, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical (*Foc* R4T) había sido detectado en Taiwán, Malasia, Indonesia (Java, Sumatra, Sulawesi, Halmahera, Kalimantan en la isla de Borneo, y Papúa en la isla de Nueva Guinea), China (Guangdong, Hainan, Guangxi, Fujian y Yunnan), las islas Filipinas de Mindanao y Australia (Territorio del Norte) [Davis *et al.*, 2000; Qi, 2001; Walduck, 2002; Molina *et al.*, 2008; Qi *et al.*, 2008; Hermanto *et al.*, 2011]. Desde entonces, el número de reportes ha aumentado exponencialmente, aunque no todos han sido publicados formalmente.

De los reportes publicados, *Foc* R4T se encuentra presente en: Jordania (el primer reporte fuera de la región del sudeste de Asia y el Pacífico), África (Mozambique, Nampula), Australia (Queensland), Líbano, Pakistán, Laos, Vietnam, Myanmar, Israel, India y Colombia (CGIAR, 2013; García-Bastidas *et al.*, 2014; Syed *et al.*, 2015; O'Neill *et al.*, 2016; Ordoñez *et al.*, 2016; Chittarath *et al.*, 2017; Hung, 2017; Damodaran *et al.*, 2018; Maymon *et al.*, 2018; Zheng *et al.*, 2018; García-Bastidas *et al.*, 2020) [Figura 1]. Recientemente, en abril de 2021 se informó de la presencia de la plaga en un predio ubicado en el sector Chocan, distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, departamento de Piura, Perú (SENASA, 2021).



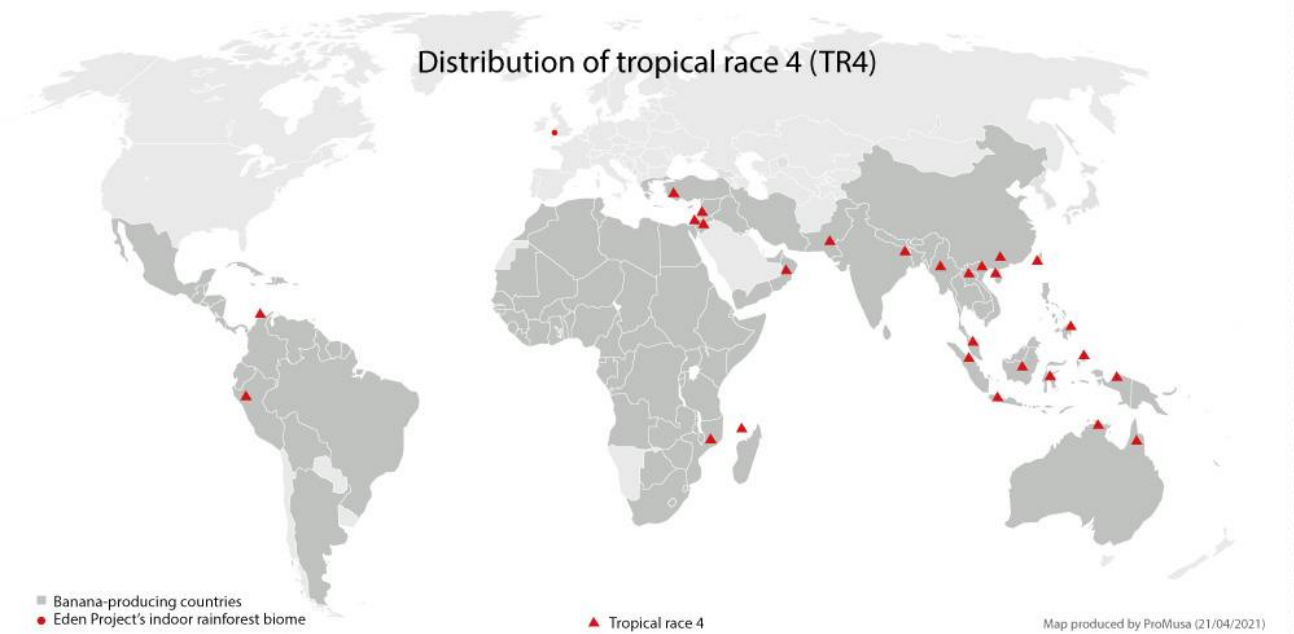


Figura 1. Distribución geográfica de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical. Créditos: Bioversity International, 2021.

HOSPEDANTES

En México, el principal hospedante potencial para este hongo es el cultivo del plátano; sin embargo, se han reportado a otros hospedantes (Cuadro 1). El cultivo del plátano es uno de los agroecosistemas más redituables y de mayor distribución, los principales estados de producción destaca: Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit. Durante 2019, la producción nacional fue de 2,399,490 toneladas (SIAP, 2020).

SÍNTOMAS

Los síntomas externos se caracterizan por un amarillamiento uniforme de las hojas adultas a lo largo del margen foliar (Figura 2A), el cual se extiende hacia la nervadura central de la

hoja, hasta que esta queda completamente seca y de color café (Figura 2B); puede o no manifestarse un agrietamiento en la base del pseudotallo (Figura 2C). Posteriormente, todas las hojas se marchitan, quedan suspendidas de la planta y unidas al pseudotallo (Figura 2D y 2E) [Thurston, 1989; Arroyo *et al.*, 1993; Moore *et al.*, 1995]. En algunos cultivares las hojas permanecen verdes hasta que el peciolo se curva y colapsa (Pérez-Vicente *et al.*, 2014).

Los síntomas internos se caracterizan por un cambio de color de los haces vasculares el cual se observa al cortar las raíces, el cormo o el pseudotallo. Esta decoloración del tejido vascular (amarilla o café-oscuro) avanza hacia los haces vasculares del pseudotallo y algunas veces en el raquis. La primera decoloración

vascular ocurre en las vainas de las hojas externas del pseudotallo, las más internas cambian de color al final (Figura 3A) [Thurston, 1989; Moore *et al.*, 1995].

Al realizar un corte vertical del pseudotallo de una planta infectada, se observan líneas color café, rojo o amarillo; mientras que en un corte transversal se observan en forma de anillos (Figura 3B-E).

En el rizoma se observan manchas y filamentos de color amarillo. Pérez-Vicente *et al.* (2014) mencionaron que no hay diferencia en los síntomas causados entre las diferentes razas de *Foc*.

Cuadro 1. Hospedantes de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical. Créditos: Manzo, 2013; OIRSA, 2008

Familia	Nombre científico	Nombre común
Heliconiaceae	<i>Heliconia</i> sp.	Heliconia
	<i>Helioconia caribea</i>	
	<i>Helioconia psittacorum</i>	
	<i>Helioconia marie</i>	
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	Siempreviva
Poaceae	<i>Chloris inflata</i>	Hierba borrego,
	<i>Panicum purpurascens</i>	Zacate pará
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Mata gusano
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leche de sapo
Musaceae	<i>Musa</i> sp.	Plátano y banano
	<i>Ensete ventricosum</i>	Ensete
	<i>Musa textiles</i>	Abacá
	<i>Musa acuminata</i>	Bananos silvestres
	<i>Musa balbisiana</i>	Plátano macho

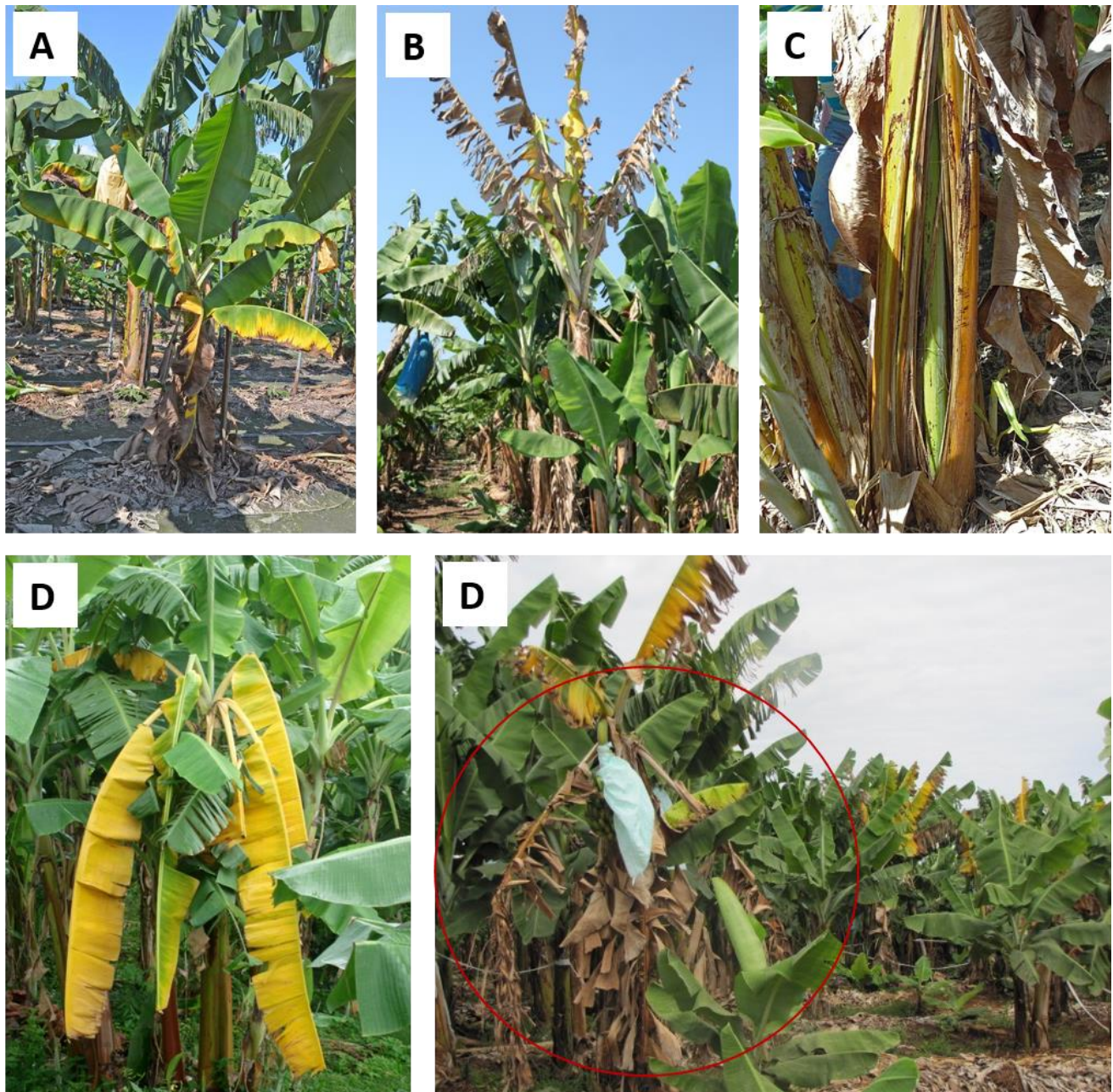


Figura 2. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en plantas de plátano. A) Amarillamiento típico, en el margen de las hojas más viejas. B) Hoja seca y de color café. C) Agrietamiento del pseudotallo. D y E) Colapso de las hojas más viejas, suspendidas del pseudotallo en forma de “falda”. Créditos: Andrew, D., NT DPI&F, 2017; ProMusa, 2019.

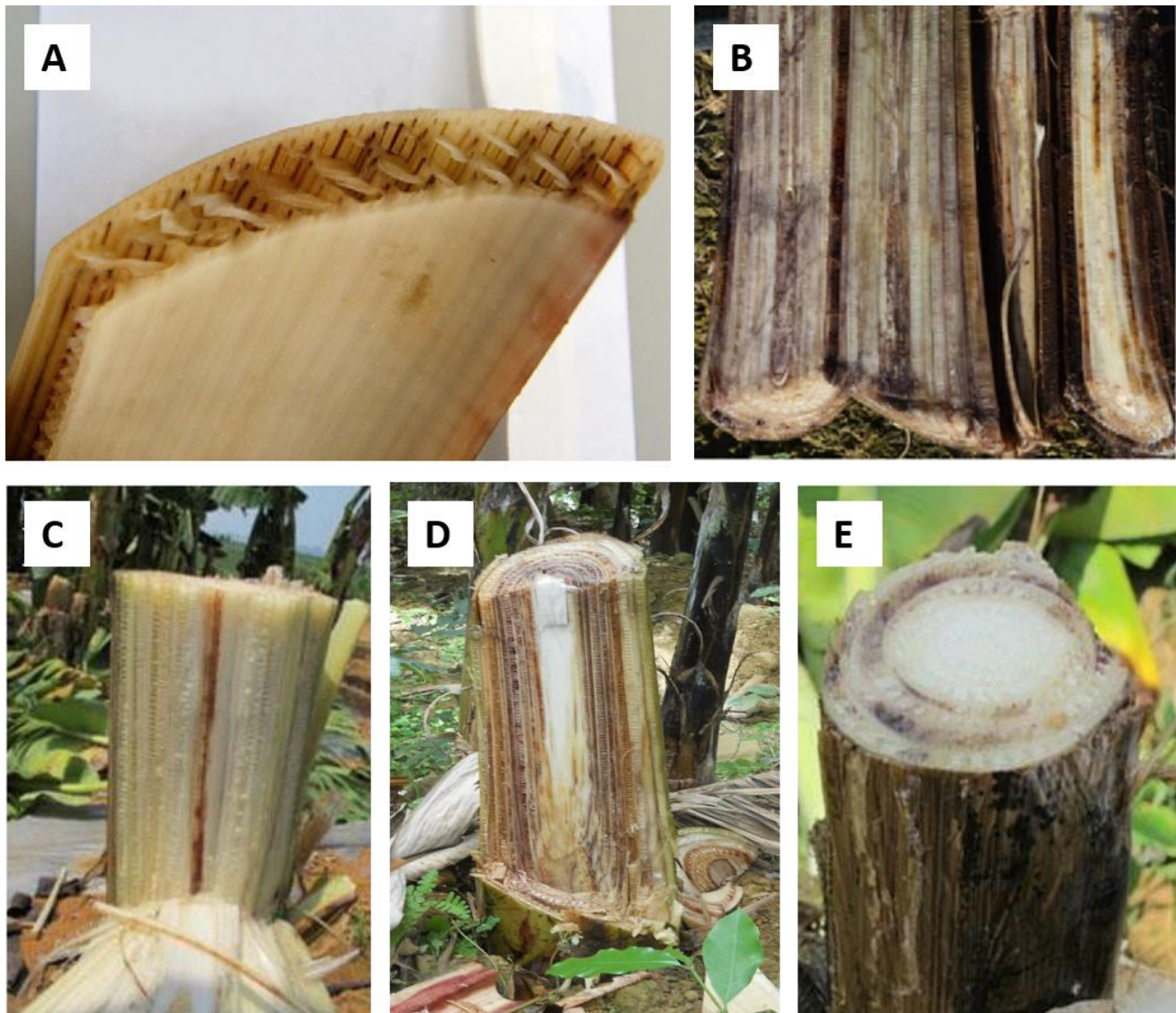


Figura 3. Síntomas internos causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en plantas de plátano. A) Decoloración de los haces vasculares de la base de la hoja en Cavendish (cv. Williams). B, C y D) Corte longitudinal, decoloración café-rojo de los haces vasculares en el pseudotallo. E) Corte transversal, decoloración café-rojo de los haces vasculares en el pseudotallo. Créditos: O'Neill *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2019; Dita *et al.*, 2013a.

La marchitez por *Fusarium* en musáceas puede ser confundida fácilmente con otras enfermedades, debido a los síntomas similares que estas provocan:

La falsa fusariosis de las musáceas, se debe a factores abióticos y comienza en las hojas más bajas o viejas. El amarillamiento de las hojas no es uniforme y se caracteriza por que el margen de cada hoja se torna de color verde claro a amarillo y aparecen líneas necróticas

rodeadas por un margen amarillo (Figura 4A) [De Beer *et al.*, 2001]. Cuando el pseudotallo de una planta se corta transversalmente (a unos 50 cm.) por encima del nivel del suelo, se observan filamentos vasculares de color rojo sin la presencia de bolsillos gomosos (Figura 4B) como en el caso de Foc R4T. En las plantas afectadas por el marchitamiento causado por Foc R4T, la decoloración de los haces vasculares es continua. En el caso de la falsa fusariosis de las musáceas, la decoloración de los filamentos vasculares generalmente no es continua, observándose regiones cortas de unos 10 cm de largo, separados por áreas anchas. Cuando se parte el rizoma de una planta afectada por la falsa fusariosis de las musáceas, se observan manchas de color café y filamentos blancos (Figura 4C) [De Beer *et al.*, 2001].

Moko del plátano. 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 (Manzo-Sánchez *et al.*, 2014). Las hojas más viejas (las más bajas) también se marchitan y colapsan rápidamente. 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 (Figura 5) [Álvarez *et al.*, 2013].



Figura 4. Síntomas de falsa fusariosis. (A) Síntomas de la enfermedad falsa fusariosis. Note los márgenes amarillos en las hojas y las rayas necróticas rodeadas por los márgenes amarillos y (B) Filamentos vasculares rojo vino descolorados en un corte transversal de un pseudotallo afectado por la enfermedad falsa fusariosis (No se ven bolsillos gomosos). Créditos: De Beer *et al.*, 2001.

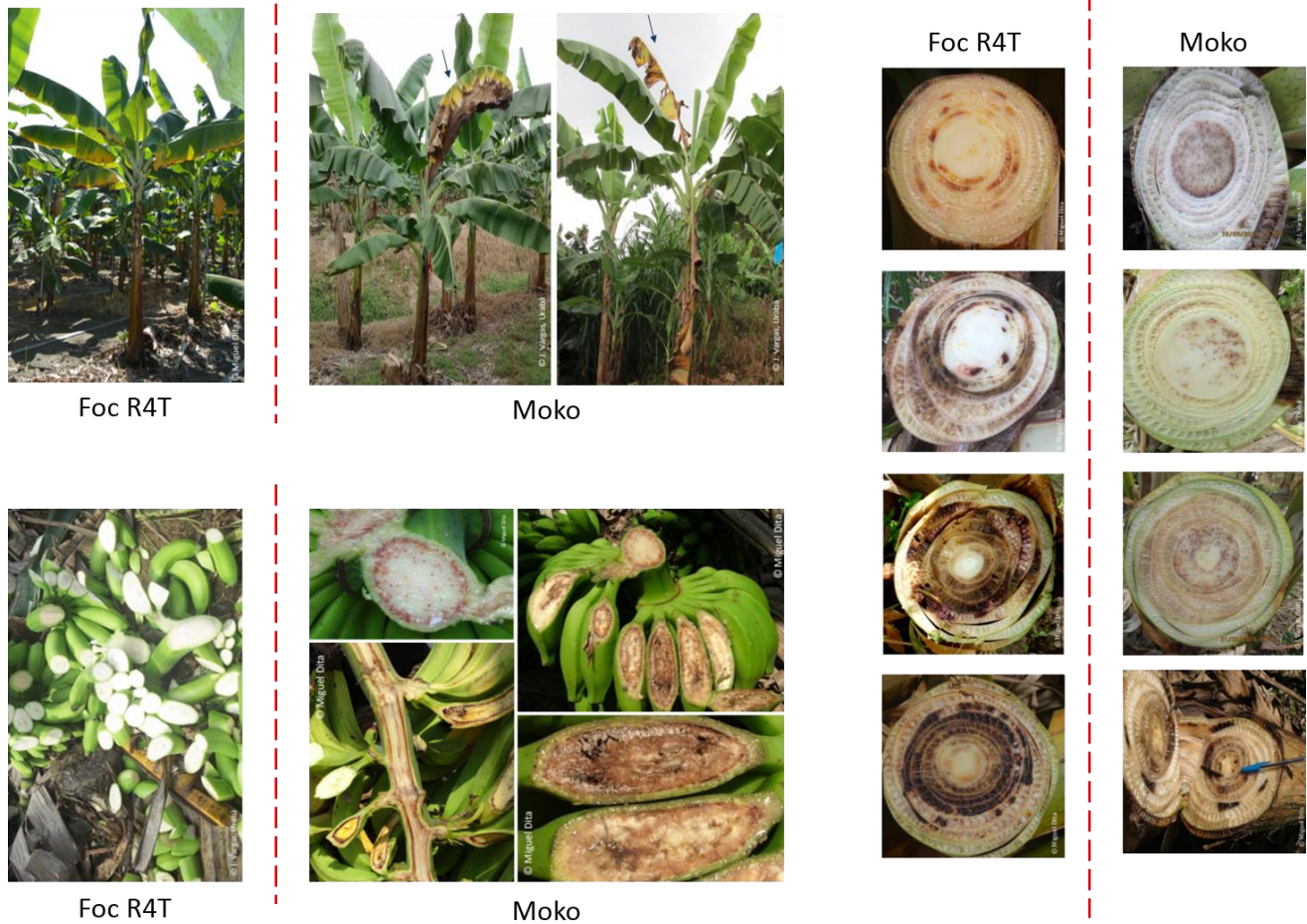


Figura 5. Diferencias sintomáticas entre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical y Moko del plátano (*Ralstonia solanacearum*). Créditos: Dita, 2020.

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Infección

El hongo tiene habilidad para establecerse sistémicamente en los vasos del xilema de las plantas de plátano, causando una decoloración vascular, amarillamiento y marchitez (Kidane y Laing, 2010).

Patogénesis

Cuando esta enfermedad infecta los tejidos de la planta hospedante provoca la secreción de un gel y la formación de tilosas en los haces

vasculares, de esta manera se obstruye el movimiento del agua a la parte superior (follaje) de la planta, lo que ocasiona el amarillamiento, marchitez y eventualmente, la muerte de la planta (Leong, *et al.*, 2009).

Sobrevivencia

El patógeno sobrevive en el suelo y penetra a las raíces (se considera que esta es la principal vía de infección), de donde se desplaza lentamente hacia el cormo de la planta de plátano (Raguchander *et al.*, 1997). Foc R4T

produce clamidosporas, que permite a este patógeno permanecer en el suelo en ausencia de su hospedante principal, incluso, una vez que el suelo es infestado, los cultivos susceptibles no pueden ser replantados de manera exitosa por más de 30 años (Stover, 1990; Dita, *et al.*, 2010).

Diseminación

La dispersión de Foc R4T se produce por movimiento pasivo de propágulos del patógeno (Dita *et al.*, 2018), mediante las posibles vías:

Material vegetal. Foc R4T se disemina principalmente a través del movimiento de material de propagación y residuos infectados (Davis, 2005; OIRSA, 2009; Dita *et al.*, 2010; 2018). Las plantas madres infectadas pueden contaminar a los retoños, los cuales pueden estar en forma asintomática pero representan una fuente de inóculo (Dita *et al.*, 2018). Mientras, que el material de siembra ha sido y sigue siendo uno de los factores más importantes y determinantes para la dispersión de la enfermedad (Dita *et al.*, 2010; 2018; Bubici *et al.*, 2019).

Agua. Las lluvias pueden originar salpicaduras que transportan propágulos del patógeno o suelo infectados, logrando la dispersión a corta distancia (Martínez-Solorzano *et al.*, 2020). Igual comportamiento se genera por las escorrentías, desbordamiento de canales o ríos (Dita *et al.*, 2018).

Suelo. Foc no se mueve a distancias significativas en el suelo sin la presencia de raíces hospedantes, materiales vegetales u otros agentes dispersantes (Martínez-Solorzano *et al.*, 2020). Foc R4T, se puede propagar a través del suelo adherido a los implementos de siembra o a los vehículos, de igual manera, es posible detectar niveles significativos del inóculo en el suelo adherido a los zapatos, neumáticos, herramienta, después de una visita de campo (Dita *et al.*, 2018). Asimismo, sus esporas pueden sobrevivir en el suelo hasta por veinte años (Buddenhagen, 2009).

Aire. Huracanes, ciclones, tifones o vientos intensos, pueden aumentar la diseminación de Foc R4T, al transportar restos vegetales contaminados, agua, suelo, entre otros, pudiéndose convertir en un agente dispersante (Martínez-Solorzano *et al.*, 2020).

Animales. En algunas zonas productoras de Australia, se han implementado campañas para reducir las poblaciones de cerdos, ya que son reconocidos como vectores de enfermedades fúngicas transmitidas por el suelo (Martínez-Solorzano *et al.*, 2020). De igual manera, no se puede obviar el papel potencial de roedores como ratas silvestres o topos, muy frecuentes en campos de América Central (Dita *et al.*, 2018), no menos importante son los nematodos y picudos; al respecto, estudios recientes indicaron que, estos últimos, pueden transportar esporas

viales de *Foc* en sus exoesqueletos (Meldrum *et al.*, 2013).

Insectos como *Metamasius hemipterus*, deben ser tomados en cuenta, al igual que otros como los mosquitos (*Bradysia* spp.) que pueden ser vectores de *Fusarium* spp., en invernaderos y viveros (Dita *et al.*, 2018).

Elementos antropogénicos. Los riesgos de la introducción de *Foc* a través de factores antropogénicos son altos, basados en el movimiento de mercancías de origen vegetal,

plantas, flores, artesanías, entre otros (Figura 6). Todo equipo agrícola, ropa, calzado, herramientas, contenedores, entre otros, utilizados en áreas infestadas con *Foc*, pueden transportar y difundir el patógeno a áreas libres de enfermedad (Dita *et al.*, 2013b; 2018; Bubici *et al.*, 2019). También, el comercio de sustratos, incluidos aquellos con fibras de coco producidos en Asia, es potencialmente peligroso para la dispersión de *Foc* a niveles transcontinentales (Dita *et al.*, 2018).



Figura 6. Artículos elaborados con fibras naturales de musáceas, posibles vías de ingreso de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical. Créditos: AGROCALIDAD, 2017; MAG, 2019.

MUESTREO Y MONITOREO

Las rutas de vigilancia se establecerán en zonas de riesgo, como plantaciones, traspatios, zonas turísticas, centros de acopio, viveros, entre otros. En cada uno de los puntos de vigilancia se revisarán al menos cinco plantas en su totalidad y tendrán un periodo de revisión quincenal.

Se realizará el establecimiento de parcelas centinela en predios definidos de al menos una hectárea que se encuentren en sitios de riesgo, para que mediante la revisión mensual se busquen síntomas sospechosos o daños ocasionados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* u otros patógenos del plátano. Se deben de revisar el 100 % de las plantas.

En cuanto a la exploración en áreas de producción, se debe realizar la inspección visual en busca de síntomas que causa *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* u otros patógenos del plátano; en áreas no mayores a 5 ha. El esquema de muestreo será usando el método “T”, considerando 20 plantas, el cual considera el efecto epidémico en el bordo y al interior de una plantación, seleccionando 10 plantas de la primera fila y en la planta 5 o 6 se seleccionan 5 plantas hacia el interior de la plantación. Las 20 plantas seleccionadas se evaluarán en forma sistemática 2x2 (una planta sí y una planta no) o 3x3 (una planta sí y dos plantas no), según el tamaño del predio.

La toma de muestras, se llevará a cabo toda vez que, en las inspecciones visuales y las revisiones realizadas en cada una de las estrategias operativas descritas, se encuentren hospedantes que presenten la sintomatología que causa el hongo, por lo que una vez identificado, se procederá a la toma y envío de muestra, referentes en el siguiente enlace:

<http://sinavef.senasica.gob.mx/CNRF/AreaDiagnostico/DocumentosReferencia/Documentos/ManualesGuías/Manuales/Manual%20de%20Toma.%20Manejo%20y%20Env%C3%ADo%20de%20Muestras.pdf>

Las muestras colectadas se conservarán y transportarán en hieleras con geles refrigerantes y se enviarán de manera inmediata a la Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal para su diagnóstico, referido en el siguiente enlace: <http://sinavef.senasica.gob.mx/CNRF/AreaDiagnostico/DocumentosReferencia/ProtocoloFichas>.

Nota: Las Estrategias operativas para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria activa de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, son referentes en el siguiente enlace:

<https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Accion%20operativa/Manual%20Operativo/Manual%20operativo%20VEF%202019.pdf>

MEDIDAS DE MANEJO Y CONTROL

Control cultural

Uso de Vitroplantas. Puesto que el patógeno se disemina mediante el uso de cormos enfermos, la producción de plátano debe sustentarse en el uso de plántulas provenientes de cultivo de tejidos, sobre todo al establecer nuevas áreas de cultivo.

Rotación de cultivos. Es una práctica ampliamente utilizada para controlar patógenos con origen el suelo, en cultivos anuales. Con el objetivo de reducir la cantidad de inóculo, en algunas regiones, el cultivo de plátano Cavendish se rota por 6 años con cultivos de yuca, arroz, piña, papaya o cebollín (Buddenhagen, 2009; Huang *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2015). Bubici *et al.* (2019) demostraron que la rotación con arroz reduce la marchitez por *Foc* entre 8.1 a 17.6% después de un año y de 0.8 a 6.3% después de 2.5 a 3 años, comparado con un nivel inicial de 30 a 50 %.

Manejo de suelos. Suelos drenados y aireados reducen la enfermedad, al mejorar el desarrollo radicular y la actividad microbiana, realizar drenes profundos facilitan el drenaje de los suelos, mitigando las condiciones que favorezcan el desarrollo de *Foc* R4T (Dita *et al.*, 2018; Bubici *et al.*, 2019).

Control químico

A nivel *in vitro* los fungicidas procloraz y propiconazol inhiben el crecimiento micelial de *Foc*, con dosis de 1 y 5 µg/mL, respectivamente; mientras que al realizar aplicaciones de benomil a las raíces y fungicidas del grupo DMI's, como imidazoles (procloraz) y los triazoles (propiconazol y cyproconazol), reducen de manera significativa la severidad de la enfermedad (Nel *et al.*, 2007). Los fungicidas eficientes, como el propiconazol, pueden utilizarse bajo un sistema de protección temprana, puesto que, el mayor número de casos de la enfermedad ocurren durante los primeros seis meses. De igual forma, la inmersión de las raíces en fungicidas adecuados debe realizarse durante la etapa de vivero de las plántulas (Buddenhagen, 2009).

El control químico puede ser combinado con productos de control biológico, en este sentido, los fungicidas pueden ser aplicados a las plantas de plátano mediante humedecimientos dirigidos al suelo o inyecciones al sistema radicular.

Respecto a la desinfección de superficies, con el objetivo de evitar la dispersión de la enfermedad, se han realizado diferentes estudios para evaluar la efectividad biológica de las sales cuaternarias de amonio, que indican que son efectivas a bajas concentraciones y de rápida acción contra

conidios de *Foc* R4T, las cuales además pueden ser utilizadas para la desinfección de equipos, maquinaria, herramientas, y en tapetes fitosanitarios (Nel *et al.*, 2007). Cabe destacar, que las sales cuaternarias de amonio son relativamente baratas, no tóxicas, no corrosivas y ambientalmente amigables.

En la fumigación con amoníaco o similares, posterior a la aplicación de biofertilizantes, se ha observado reducción significativa en las diversidades bacterianas y fúngicas, consecuentemente la incidencia de la enfermedad en aproximadamente el 55 %, e incremento de la biomasa, en comparación con la aplicación de estiércol de vaca en suelos no fumigados (Shen *et al.*, 2019).

Control biológico

Lian *et al.* (2008) reportaron el potencial de bacterias endofíticas en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. En este sentido, el análisis de diversidad de bacterias, demostró un incremento en la diversidad bacteriana en plantas infectadas por *Foc* en comparación a las plantas control. Las especies bacterianas presentes fueron: *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* sp. Los resultados de este estudio, muestran un uso potencial de bacterias antagónicas endofíticas en el control de *Foc* R4T.

Se ha identificado que la cepa NJN-6 de *Bacillus amyloliquefaciens*, mostró

inhibición significativa de *Foc in vitro*, la cual, al ser combinada con compost, mostró resultados positivos para reducir la marchitez causada por *Foc* TR4, observándose que la aplicación continua cambió la composición de la rizosfera y la comunidad microbiana al aumentar la diversidad bacteriana (Shen *et al.*, 2015; Xue *et al.*, 2015).

Después de la biofertilización, los microbios beneficiosos como *Paenibacillus*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, se enriquecen significativamente con la fumigación con amoníaco y la aplicación de biofertilizantes; además, la fumigación y la biofertilización aumentan significativamente el pH del suelo y los contenidos de nutrientes (Shen *et al.*, 2019).

Control genético

La resistencia natural de las plantas de plátano a enfermedades existe en materiales silvestres, pero estos frutos no son aceptados en el mercado. De Ascensao y Dubery (2000), encontraron en plantas de plátano cv Goldfinger (AAAB) un fortalecimiento de la pared celular debido a la deposición de lignina como un mecanismo de defensa inducido por las raíces de plátano contra *Foc* R4T.

Van Den Berg *et al.* (2007) reportaron una selección de plátano grupo Cavendish (GCTCV-218), la cual presentó una menor

incidencia y severidad de Foc R4T en relación al cultivar susceptible Williams. La tolerancia de GCTCV-218 se relacionó con la inducción al incremento de la pared celular asociado a compuestos fenólicos. El análisis molecular de fragmentos de genes, involucran a genes relacionados con el grosor de la pared celular.

De la Cruz *et al.* (2008) reportaron que derivado de una red de programas de mejoramiento y en colaboración con Bioversity International, la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, el Centro de Investigación de Agricultura de Desarrollo Internacional de Francia, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical y el Instituto de Investigación de Banana de Taiwán tienen las siguientes variedades:

- FHIA-01 (variedad utilizada como postre presenta un ligero sabor a manzana, proviene de lugares fríos) es resistente a las razas 1 y 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), agente causal de la marchitez por *Fusarium*.

- Cultivar Rose, resistente a la marchitez por Foc, pero no es comercial.

- GCTCV-119 es altamente resistente a Foc raza 4, pero susceptible a BTB (enfermedad del cogollo racimoso del banano).

- Yangambi Km 5 no es de importancia comercial, sin embargo, es moderadamente

resistente a BBTD y altamente resistente a marchitez por Foc, sigatoka y al nematodo *Radophulus similis*.

Manejo integrado de la enfermedad

La prevención y manejo de la marchitez por Foc R4T implica la aplicación de varias estrategias:

- Detección temprana del patógeno y erradicación de tejidos enfermos mediante incineración.
- Prevención de la diseminación mediante la implementación de cuarentenas y una vez dentro de una región determinada, usar medidas de bioseguridad.
- Implementación de sistemas de cultivos.
- d) Uso de cultivares de plátano resistentes como GCTCV 119 (Molina *et al.*, 2010).

La integración del biocontrol como es el uso de *Trichoderma harzianum* e inoculación de cepas endofíticas no patogénicas de *Fusarium oxysporum*, con prácticas agronómicas, uso de mantillo o cubiertas de residuos de cosecha, puede incrementar la eficiencia de los organismos de biocontrol de Foc R4T y la sanidad de las plantas de plátano. En el caso de los residuos de cosecha, estos incrementan el desarrollo de raíces secundarias, además generan un ambiente propicio para el incremento de la actividad microbial en el suelo (Kidane y

Lainng, 2010). El desarrollo de medidas profilácticas es la base para evitar la diseminación de Foc R4T.

Los procedimientos de exclusión y cuarentena son efectivos para controlar la enfermedad, puesto que restringen el movimiento de cormos, hijuelos y suelo, que podrían transportar la marchitez por *Fusarium* en musáceas de regiones infestadas a áreas libres (Moore *et al.*, 1995).

Nota: Las medidas fitosanitarias referidas anteriormente, son técnicas que se aplican en los países donde hay presencia de la plaga y cuyo resultado provienen de la investigación científica de expertos en el tema.

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD

La bioseguridad juega un papel importante mientras se desarrollan estrategias de control a largo plazo:

- Se recomienda colocar tapetes fitosanitarios con sales cuaternarias de amonio al entrar y salir del área delimitada, además de desinfestar, herramienta, equipo y maquinaria.
- Utilizar botas de hule en su estancia en las plantaciones infestadas.
- Limpieza de las botas de hule antes de salir de las plantaciones visitadas, incluyendo el uso de sales cuaternarias de amonio en pediluvios o tapates fitosanitarios.

- En el caso de visitas por personal (técnico, investigadores, funcionarios, otros) de otras regiones o países, se deberá hacer la limpieza y lavado de la ropa y calzado utilizado en el país con presencia de Foc R4T, si es posible se deberá desechar tanto ropa como el calzado.

- No transportar suelo infestado.
- No transportar ni movilizar material vegetal infectado.
- No transportar artesanías de plátano. Por lo tanto, es necesario prohibir el ingreso al país con cualquier artesanía u objeto hecho con la materia prima extraída del plátano, como lo es hojas, tallos, frutas o cualquier parte de la planta de musáceas originarias de los países en los cuales está reportado *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (AGROCALIDAD, 2017; MAG, 2019).

- Ante el riesgo de presencia en Colombia, se deberán extremar medidas de supervisión en puntos de ingreso, puertos, aeropuertos, fronteras, otros; enfocando la revisión de material vegetal que pueda ser hospedante de este patógeno, presencia de suelo, artesanías y sustratos, para lo cual los inspectores deberán enfocarse en la observación de los síntomas antes descritos.

Nota: La Secretaría de agricultura a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria instrumentará las medidas necesarias para prevenir el ingreso o contener una entrada de la plaga mediante el “Plan de acción para la aplicación

de medidas fitosanitarias contra la marchitez por *Fusarium* en musáceas (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical, syn. *Fusarium odoratissimum*) en México”, en el que se presentan aspectos de información general, técnica y de manejo (delimitación, contención, supresión o erradicación) de esta plaga.

LITERATURA CITADA

AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2017. Medidas fitosanitarias de prevención para plagas emergentes en Ecuador: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 tropical. En línea:

https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/09/5.2.2.a._Foc_R4T._Ecuador.pdf Fecha de consulta: abril de 2021

Álvarez E, Pantoja A, Gañan L, 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.

Aquino AP, Bandoles GG, Lim VA. 2013. R&D and Policy Directions for effective Control of Fusarium Wilt Disease of Cavendish Banana in the Asia-Pacific Region. En línea: <https://ap.fftc.org.tw/article/598>

Fecha de consulta: abril 2021.

Arroyo HA, Cabrera CJ, Galán SV, García PJ, Hernández HJ. 1993. El Mal de Panamá: recomendaciones técnicas para el cultivo de la platanera en Canarias. Publicaciones de la Secretaría General Técnica, S.L. Gobierno de Canarias, Consejería de Agricultura y

Alimentación. Santa Cruz de Tenerife, Canarias. 23 p.

Bioversity International. 2021. Tropical race 4. En línea: <http://www.promusa.org/Tropical+race+4+-+TR4#footnote7>

Fecha de consulta: abril de 2021.

Bubici G, Kaushal M, Prigigallo MI, Gómez-Lama C, Mercado-Blanco J. 2019. Biological control agents against Fusarium wilt of banana. Front. Microbiol. 10:616. doi:10.3389/fmicb.2019.00616

Buddenhagen. 2009. Understanding strain diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and history of introduction of tropical race 4' to better manage banana production. Acta Horticulturae, 828: 193-204.

CGIAR. 2013. New banana disease found in Mozambique. En línea: <http://www.rtb.cgiar.org/blog/2013/12/13/new-banana-disease-to-africa-found-in-mozambique/>

Fecha de consulta: abril de 2021

Chittarath K, Mostert D, Crew KS, Viljoen A, Kong G, Molina AB, Thomas JE. 2017. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 (VCG 01213/16) associated with Cavendish bananas in Laos. Plant Disease.

Cook D, Taylor A, Meldrum R, Drenth A. 2015. Potential Economic Impact of Panama Disease (Tropical Race 4) on the Australian Banana Industry. Journal of Plant Diseases and Protection -New Series-. 122. 229-237. 10.1007/BF03356557.



Damodaran T, Mishra VK Jha SK Gopal R. 2018. First Report of Fusarium wilt in banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 in India. Plant Disease, 103(2): 367. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-07-18-1263-PDN>

Davis R, Moore NY, Bentley S, Gunua TH, Rahamma S. 2000. Further records of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* from New Guinea. Australasian Plant Pathology, 29: 224.

Davis R. 2005. Fusarium wilt (Panama disease) of banana. Pest Advisory Leaflet No 42. Secretariat of the Pacific Community. Oceania.

De Ascensao, AR Dubery IA. 2000. Panama Disease: Cell Wall Reinforcement in Banana Roots in Response to Elicitors from *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race Four. Phytopathology. 2000 Oct; 90 (10):1173-80.

De Beer Z, Hernández JM, Sabadel S. 2001. Enfermedad del falso mal de panamá en banano. En línea: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/False_Panama_disorder_on_banana_720_ES.pdf

Fecha de consulta: abril de 2021.

De la Cruz FS, Gueco LS, Damasco OP, Huelgas VC, De la Cueva FM, Dizon TO, Sison ML, Banasihan IG, Sinihin VO, Molina AB. 2008. Farmers' Handbook on Introduced and Local Banana Cultivar.

Dita M. 2020. Taller de capacitación regional sobre la marchitez por Fusarium de las musáceas, raza 4 tropical. Marchitez por

Fusarium de las musáceas, raza 4 tropical. Detección y diagnóstico. En línea: https://www.oirsa.org/contenido/2020/III_jornada/Detecci%C3%B3n%20y%20Diagnostic%20de%20Foc%20R4T%20-%20Miguel%20Dita%20.pdf

Fecha de consulta: abril de 2021.

Dita M, Barquero M, Heck D, Mizubuti ESG, Staver CP. 2018. Fusarium Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management. Frontiers in Plant Science, 9: 1468. doi:10.3389/fpls.2018.01468.

Dita, M.A., H. Garming, I.V.D. Bergh, C. Staver, and T. Lescot. 2013a. Banana in Latin America and the Caribbean: current state, challenges and perspectives. Acta Hortic. 986:365-380. doi:10.17660/ActaHortic.2013.986.39.

Dita RMA, Echegoyen RPE, Pérez-Vicente LF. 2013b. Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en un país de la región del OIRSA. Sanidad Vegetal. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria - OIRSA. Sanidad Vegetal. 155 p. En línea:

<http://www.oirsa.org/aplicaciones/subido/archivos/BibliotecaVirtual/PlandecontingenciacontraFocR4TOIRSA.pdf>

Fecha de consulta abril de 2021.

Dita MA, Waalwijkb C, Buddenhagenc IW, Souza MT, Kemab GHJ. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana Fusarium wilt pathogen. Plant Pathol. 59:348-357. doi:10.1111/j.1365-3059.2009.02221.x.

EPPO. 2018. EPPO global database. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical race 4 (FUSAC4). En línea:

<https://gd.eppo.int/taxon/FUSAC4>

Fecha de consulta: abril de 2021.

García-Bastidas F, Ordóñez N, Konkol J, Al-Qasim M, Naser Z, Abdelwali M, Salem N, Waalwijk C, Ploetz RC, Kema GHJ. 2014. First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Associated with Panama Disease of Banana outside Southeast Asia. Plant Disease, 98(5): 694.

García-Bastidas FA, Quintero-Vargas JC, Ayala-Vasquez M, Schermer T, Seidl MF, Santos-Paiva M, Kema GHJ. 2020. First report of Fusarium wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. Plant Disease, 104(3): 994-994.

Hermanto C, Sutanto A, HS E, Daniells JW, O'Neill WT, Sinohin VGO, Molina AB, Taylor P. 2011. Incidence and Distribution of Fusarium Wilt Disease of Banana in Indonesia. Proceedings of the International ISHS-ProMusa Symposium on Global Perspectives on Asian Challenges held in Guangzhou, China, 14-18 September 2009. Van den Bergh, I., Smith, M. and Swennen, R. (eds). Acta Horticulturae, 897: 313-322.

Hung TN, Jung NQ, Mostert D, Viljoen A, Chao CP, Molina AB. 2017. First report of Fusarium wilt of Cavendish bananas, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 (VCG 01213/16), in Vietnam. Plant Disease.

Huang YH, Wang RC, Li CH, Zuo CW, Wei YR, Zhang L, Yi GJ. 2012. Control of Fusarium wilt in banana with Chinese leek. European journal of plant pathology, 134(1), 87-95.

IPPC. 2021a. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 5. Glossary of Phytosanitary Terms. International Plant Protection Convention (IPPC). En línea: <https://www.ippc.int/en/publications/622/>

Fecha de consulta: junio de 2021.

IPPC. 2021b. International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) 8 Determination of pest status in an area. International Plant Protection Convention (IPPC). En línea: <https://www.ippc.int/en/publications/612/>

Fecha de consulta: julio de 2021.

Kidane EG Laing MD. 2010. Integrated Control of Fusarium Wilt of banana (*Musa* spp.). Acta Horticultural, 879:315-321.

Leong SK, Ltiffah Z, Baharuddin S. 2009. Molecular characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* of banana. American Journal of Applied sciences 6 (7):1301-1307.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). 2019. El SFE recuerda a la ciudadanía que está prohibido ingresar al país con artesanías fabricadas con materiales de banano. En línea: <http://prensamag.blogspot.com/2019/06/e-l-sfe-recuerda-la-ciudadania-que-esta.html>
Fecha de consulta: abril de 2021.

Manzo SG. 2013. Epidemiología y manejo del mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) Raza 4 Tropical. In: XL Congreso



Nacional y XV Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 36-37 pp. En línea:

https://www.researchgate.net/publication/307855145_Epidemiologia_y_manejo_del_Mal_de_Panama_Fusarium_oxysporum_fsp_cubense_Raza_tropical_4/download

Fecha de consulta: abril de 2021.

Manzo-Sánchez G, Orozco-Santos M, Martínez-Bolaños L, Garrido-Ramírez E, Canto-Canche B. 2014. Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa* sp.) en México. Revista mexicana de fitopatología, 32(2), 89-107. Recuperado en 20 de abril de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200089&lng=es&tIng=es)

33092014000200089&lng=es&tIng=es.

Martínez-Solórzano GE, Rey-Brina JC, Pargas-Pichardo RE, Manzanilla EE. 2020. Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. Agronomía Mesoamericana, 31(1), 259-276.

Maryani N, Lombard L, Poerba YS, Subandiyah S, Crous PW, Kema GHJ. 2019. Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* 93 wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. Studies in Mycology, 92: 155-194. DOI: 10.1016/j.simyco.2018.06.003

Maymon M, Shpatz U, Harel YM, Levy E, Elkind G, Teverovsky E, Gofman R, Haberman A, Zemorski R, Ezra N, Levi Y, Or G, Galpaz N, Israeli Y, Freeman S. 2018. First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp.

cubense Tropical Race 4 causing Fusarium Wilt of Cavendish Bananas in Israel. Plant Disease, 59: 348. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0822-PDN>

Maymon M, Sela N, Shpatz U, Galpaz N, Freeman S. 2020. The origin and current situation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in Israel and the Middle East. Scientific reports, 10(1), 1-11.

Meldrum RA, Daly AM, Tran-Nguyen LTT, Aitken EAB. 2013. Are banana weevil borers a vector in spreading *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in banana plantations? Australas. Plant Pathol. 42:543-549. doi:10.1007/s13313-013-0214-2

Molina AB, Fabregar EG, Sinohin V, Fourie G., Viljoen A, 2008. Tropical race 4 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* causing new Panama wilt epidemics in Cavendish varieties in the Philippines. Phytopathology, 98: 108.

Moore N, Bentley S, Pegg K, Jones D. 1995. Marchitamiento del banano ocasionado por *Fusarium*. Hoja divulgativa 5. Red Internacional para el Mejoramiento del Platano y Banano, FRA.

Nel B, Steinberg C, Labuschagne N, Viljoen A. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. Crop protection 26:697-705.

O'Neill WT, Henderson J, Pattemore JA, O'Dwyer C, Perry S, Beasley DR, Tan YP, Smyth AL, Goosem CH, Thomson KM, Hobbs RL, Grice



RE, Trevorrow P, Vawdrey LL, Pathania N, Shivas RG. 2016. Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 strain in northern Queensland. Australasian Plant Disease Notes, 11(1): 33.

<http://dx.doi.org/10.1007/s13314-016-0218-1>

OIRSA (Organismo Regional Internacional de Sanidad Agropecuaria). 2009. 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. En: L. Pocasangre et al., editores, Documentos de Programa y Resúmenes de la Reunión OIRSA Sede Central, San Salvador, El Salvador. OIRSA, BIOVERSITY, y MUSALAC, San Salvador, SLV.

OIRSA (Organismo Regional Internacional de Sanidad Agropecuaria). 2008. Raza 4 del mal de Panamá: Una seria amenaza para la producción de banano y plátano en América Latina y el Caribe. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). 3p.

Ordoñez N, García-Bastidas F, Laghari HB, Akkary MY, Harfouche EN, al Awar BN, Kema GHJ. 2016. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 causing Panama disease in Cavendish bananas in Pakistan and Lebanon. Plant Disease, 100(1): 209.

Pérez-Vicente L, Dita MA, Martínez-De La Parte E. 2014. Technical Manual: Prevention and diagnostic of *Fusarium* wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical race 4 (TR4). Food Agriculture Organization of the United Nations. En línea:

http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/caribbean/4/13ManualFusarium.pdf

Fecha de consulta: abril de 2021.

Ploetz RC. 2015. *Fusarium* wilt of banana. Phytopathology, 105(12), 1512-1521.

ProMusa. 2019. *Fusarium* wilt of banana. En línea:

<http://www.promusa.org/Fusarium+wilt#Symptoms>.

Fecha de consulta: abril de 2021.

Qi YX, Zhang X, Pua JJ, Xie YX, Zhang HQ, Huang SL. 2008. Race 4 identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* from Cavendish cultivars in Hainan province, China. Australasian Plant Disease Notes 3: 46-47.

Qi, P. 2001. Status report of banana *Fusarium* wilt disease in China. In Molina, A.B., Nik Masdek, N.H.; Liew, KW. (eds.) Banana *Fusarium* wilt management: towards sustainable cultivation. Laguna, PH. INIBAP. p. 119-120. 71.

Raguchander T, Jayashree K, Samiyappan R. 1997. Management of *Fusarium* wilt of banana using antagonistic microorganisms. J. Biol. Control, 11:101-105.

SENASA. 2021. SENASA confirma brote de *Fusarium* Raza 4 Tropical en Piura. En línea: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/429832-senasa-confirma-brote-de-fusarium-raza-4-tropical-en-piura>

Fecha de consulta: 26 de abril de 2021.

Scheerer L, Pemsil D, Dita M, Perez Vicente L, Staver C. 2016. A quantified approach to



projecting losses caused by *Fusarium* wilt Tropical race 4. *Acta Hort.* 1196, 211-218.

Shen Z, Xue C, Penton CR, Thomashow LS, Zhang N, Wang B, Ruan Y, Li R, Shen Q. 2019. Suppression of banana Panama disease induced by soil microbiome reconstruction through an integrated agricultural strategy. *Soil Biol. Biochem.* 128:164-174. doi:10.1016/j.soilbio.2018.10.016

Shen Z, Ruan Y, Chao X, Zhang J, Li R, Shen Q. 2015. Rhizosphere microbial community manipulated by 2 years of consecutive biofertilizer application associated with banana *Fusarium* wilt disease suppression. *Biol. Fertil. Soils* 51:553-562. doi: 10.1007/s00374-015-1002-7

SIAP. 2020. Panorama Agroalimentario 2020. En Línea: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>

Fecha de consulta: abril de 2021.

Stover R, Hand Malo SE. 1972. The occurrence of *Fusarium* wilt in normally resistance dwarf Cavendish banana. *Plant disease reporter*, 56: 1000-1003.

Stover RH. 1990. *Fusarium* wilt of banana: some history and current status of the disease. In: Ploetz RC, ed. *Fusarium wilt of bananas*. St Paul, MN, USA: APS Press, 1-7.

Su HJ, Hwang SC, Ko WH. 1986. *Fusarium* wilt of Cavendish bananas in Taiwan. *Plant Disease*, 70: 814-818.

Sun J, Zhang J, Fang H, Peng L, Wei S, Li C, Zheng S, Lu J. 2019. Comparative transcriptome analysis reveals resistance-

related genes and pathways in *Musa acuminata* banana 'Guijiao 9' in response to *Fusarium* wilt. *Plant Physiology and Biochemistry*, 141: 83-94.

Syed RN, Lodhi AM, Jiskani MM, Rajput KI, Khaskheli MA, Khanzada MA, Rajput NA, Maitlo SA, Rajput AQ. 2015. First report of panama wilt disease of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 1(1): 213.

Thurston HD. 1989. Enfermedades de cultivos en el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Pág. 118-124.

Van Den Berg N, Berger DV, Hein I, Birch Wingfield PRJ, Viljoen A. 2007. Tolerance in banana to *Fusarium* wilt is associated with early upregulation of cell wallstrengthening genes in the roots. *Molecular plant pathology* 8(3): 333-341.

Walduck, G. 2002. Tropical race 4 Panama disease: new varieties and quarantine help solve Panama riddle. *Australian Bananas*, 15: 16-17.

Wang B, Li R, Ruan Y, Ou Y, Zhao Y, Shen Q. 2015. Pineapple-banana rotation reduced the amount of *Fusarium oxysporum* more than maize-banana rotation mainly through modulating fungal communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 86, 77-86.

Xue C, Penton CR, Shen Z, Zhang R, Huang Q, Li R, Ruan Y, Shen Q. 2015. Manipulating the banana rhizosphere microbiome for biological control of Panama disease. *Sci. Rep.* 5:11124. doi:10.1038/srep11124.



Zhang L, Yuan T, Wang Y, Zhang D, Bai T, Xu S, Wang Y, Tang W, Zheng S. 2018. Identification and evaluation of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in *Musa acuminata* Pahang. Euphytica, 214: 1-12.

Zhang H, Mallik A, Zeng RS. 2013. Control of Panama disease of banana by rotating and intercropping with Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottler): role of plant volatiles. J. Chem. Ecol. 39:243-252. doi:10.1007/s10886-013-0243-x

Zheng SJ, García-Bastidas FA, Li X, Zeng L, Bai T, Xu S, Yin K, Li H, Fu G, Yu Y, Yang L, Nguyen HC, Douangbouphe B, Khaing AA, Drenth A, Seidl MF, Meijer HJG, Kema GHJ. 2018. New Geographical Insights of the Latest Expansion of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Into the Greater Mekong Subregion. Frontiers in Plant Science, 9: 457.

Forma recomendada de citar:

DGSV-DCNRF. 2021. Marchitez por *Fusarium* en musáceas. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical, Foc R4T (syn. *Fusarium odoratissimum*). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal- Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica. Tecámac, Estado de México. 22 p.

Nota: Las imágenes contenidas son utilizadas únicamente con fines ilustrativos e informativos, las cuáles han sido tomadas de diferentes fuentes otorgando los créditos correspondientes.



DIRECTORIO

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Director en Jefe del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y
Calidad Agroalimentaria

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga

Director General de Sanidad Vegetal

Ing. Francisco Ramírez y Ramírez

Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

M.C. Guillermo Santiago Martínez