



FICHA TÉCNICA

No. 1 /FOCR4T/CNRF

Créditos: Maymon et al., 2020.

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

Marchitez por *Fusarium*

1º Edición

Abril 2023

IMPORTANTE: Este documento deja sin efecto versiones anteriores, que se publicaron o compartieron, como parte de las actividades del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria en apoyo a las Direcciones de Área de la Dirección General de Sanidad Vegetal; asimismo, se reitera que esta ficha técnica refleja información general sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical.



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

MARCHITEZ POR *FUSARIUM*

¿QUÉ ES?

La Marchitez por *Fusarium* es una enfermedad causada por el hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T). Genera síntomas de amarillamiento, marchitez y la muerte de las plantas que infecta, debido a que obstruye los vasos conductores de savia de estas, debido a que restringe el movimiento del agua a la parte superior de la planta (Leong, et al., 2009).

¿CÓMO LA RECONOZCO?

- Amarillamiento uniforme de las hojas más viejas a lo largo del margen foliar (Fig. 2A), y se extiende hacia la nervadura central de la hoja; con el tiempo esta queda completamente seca y de color marrón (Fig. 2B).
- Las hojas marchitas quedan suspendidas de la planta y unidas al pseudotallo (Fig. 2D y 2E). En algunos cultivares las hojas permanecen verdes hasta que el peciolo se curva y colapsa (Pérez et al., 2014).
- Puede o no presentarse un agrietamiento en la base del pseudotallo (Fig. 2C). [Arroyo et al., 1993; Moore et al., 1995].
- Al realizar un corte de las raíces, de la base de las hojas, del corno o pseudotallo, se observa un cambio de color (amarilla, café-oscuro o rojiza) de los haces vasculares de la planta infectada (Fig. 3A-E) [Moore et al., 1995].

¿CÓMO LA BUSCO?

Foc R4T persiste en el suelo en ausencia de un hospedante, donde sobrevive por más de 30 años (Raguchander et al., 1997; Dita, et al., 2010). La dispersión de Foc R4T se produce por movimiento pasivo de propágulos del patógeno (Dita et al.,

2018) mediante material propagativo infectado, agua y suelo contaminado (Fig. 1).



Figura 1. Vías de dispersión de Foc R4T.

Plantas de la familia musáceas como el plátano son hospedantes de Foc R4T, el cual es un cultivo de importancia económica presente en 17 estados del país (Cuadro 1). Asimismo, se puede encontrar en raíces de malezas y pastos. Se ha reportado en *Heliconia* sp., *Commelina diffusa*, *Paspalum fasciculatum*, *Panicum miliaceum*, *P. purpurascens*, *Chloris inflata*, *Ixophorus unisetus*, *Cyanthillium cinereum*, *Cyperus rotundus*, *C. iria*, *Euphorbia heterophylla*, *Fimbristylis purpureum*, *Gnaphalium purpureum*, *Tridax procumbens* y en 27 malezas hospedantes en Australia (Stansbury et al., 2000; Dita-Rodríguez et al., 2013; Hermanto et al., 2011; Hennessy et al., 2005; QDAFHI, 2020).

Cuadro 1. Producción de plátano en México.

Producción	Estados	Valor de la producción
2,405,891.33 ton	Chiapas, Veracruz, Tabasco, Colima, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Nayarit, Quintana Roo, Yucatán, Campeche, México, Hidalgo, Morelos	\$8,937.17 millones de pesos

Fuente: SIAP, 2023 con datos del 2022



Figura 2. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en plantas de plátano. A y B) Amarillamiento típico, en el margen de las hojas más viejas. C) Agrietamiento del pseudotallo. D y E) Colapso de las hojas más maduras, suspendidas del pseudotallo en forma de "falda". Créditos: Acuña *et al.*, 2022; Neill *et al.*, 2016; Lin y Shen, 2017; Dita Biodiversity; G. Blomme, Biodiversity; Scott Nelson/Via Flickr. .

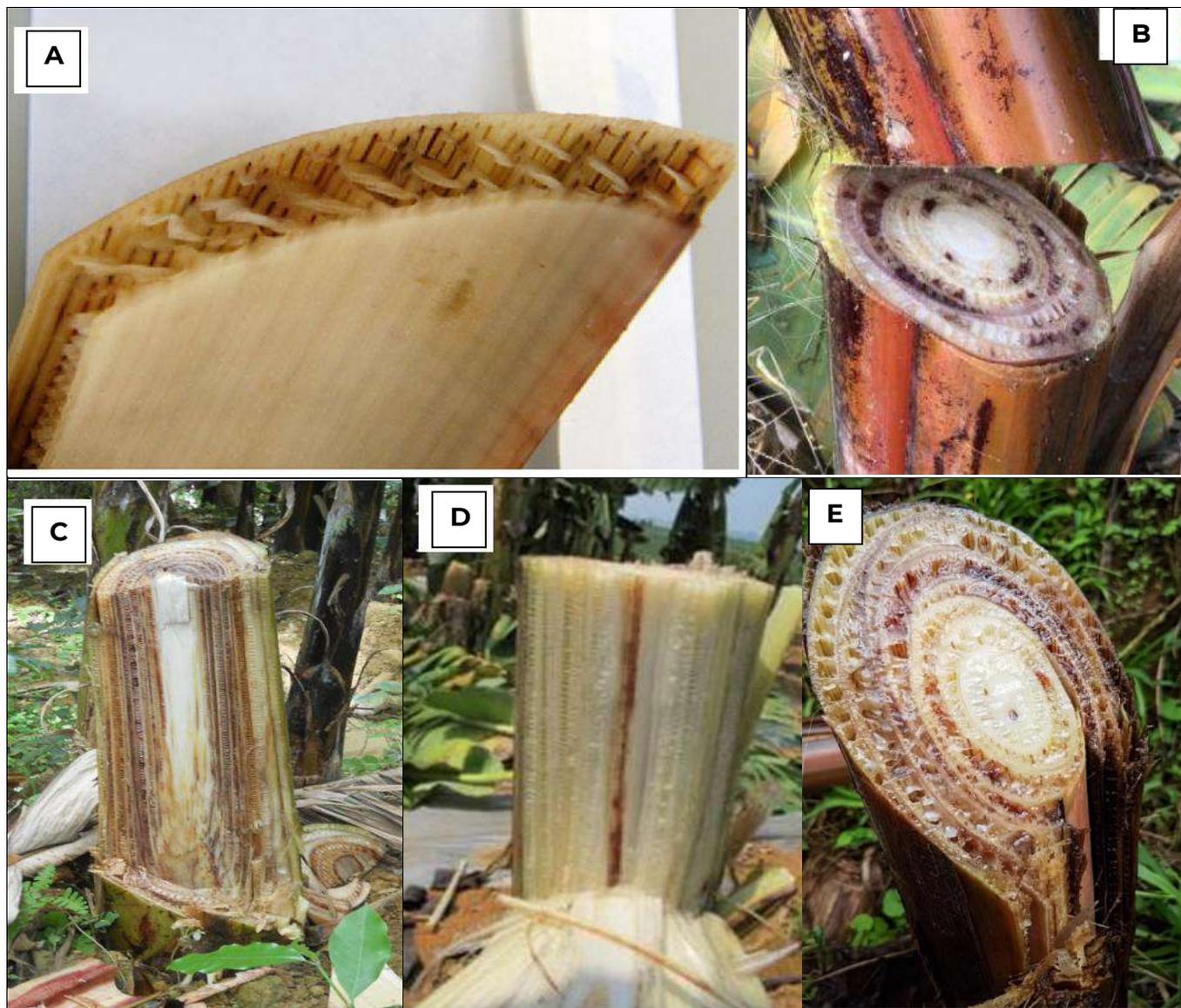


Figura 3. Síntomas internos causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en plantas de plátano. A) Decoloración de los haces vasculares de la base de la hoja en Cavendish (cv. Williams). B) Corte transversal, decoloración café-rojo de los haces vasculares en el pseudotallo. C y D) Corte longitudinal, decoloración café-rojo de los haces vasculares en el pseudotallo. E) Sección transversal-diagonal muestra necrosis vascular en pseudotallo. Créditos: O'Neill et al., 2016; Acuña et al., 2022; Dita s/a; García-Bastidas, s/a.

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

Foc R4T se ha reportado en **Asia:** China, India, Indonesia, Israel, Jordania, Laos, Líbano, Malasia, Birmania, Omán, Pakistán, Filipinas, Taiwán, Tailandia, Vietnam; **África:** Mozambique, Mayotte; **América:** Colombia (Guajira 2019 y Magdalena

2021), Perú (Piura 2021) y recientemente Venezuela, en los estados de Aragua, Carabobo y Cojedes (2023); **Europa:** Turquía y **Oceanía:** Australia (Territorio del Norte y Queensland) [Hermanto et al., 2011; EPPO, 2023; IPPC, 2023].



IMPACTO ECONÓMICO

La Marchitez por *Fusarium* es una enfermedad de importancia económica para la industria bananera en todo el mundo (Cuadro 2), debido al impacto que genera en los mercados de exportación de banano, y en la seguridad alimentaria.

Existen reportes, de las pérdidas ocasionadas por la enfermedad (Cuadro 2); sin embargo, puede ocasionar daños de hasta el 100% de las plantaciones (FAO, 2021). Estas fueron estimadas mediante un modelo de predicción tomado y adaptado del artículo “Banana Fusarium Wilt Tropical Race 4: A mounting threat to global banana markets? Cabe mencionar que en dicho documento no considera los siguientes aspectos para el modelo de predicción:

- Existen medidas de bioseguridad que mitigan el riesgo de introducción de Foc R4T.

- Se cuenta con estrategias de manejo: uso de sales cuaternarias para la desinfestación de herramientas, calzado, vehículos; desarrollo de manejo a través de agentes de control biológico (principalmente bacterias).
- Estrategias de reacción ante la detección oportuna: vigilancia epidemiológica, erradicación de focos, manejo de focos.
- Protocolo de diagnóstico fitosanitario.

Durante la primera detección de Foc R4T en el país africano Mozambique, Viljoen *et al.* (2020), reportaron que la rápida diseminación de la enfermedad de una finca, debido a una serie de desafíos que venía experimentando la finca, como un manejo inadecuado del cultivo, aunado con que las condiciones climáticas fueron propicias para el desarrollo de la enfermedad, afectó aproximadamente 1,500 ha, en tres años, y llevó al cese de operaciones de esta.

Cuadro 2. Impacto económico debido a *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical a nivel mundial

IMPACTO	ACCIÓN REALIZADA POSTERIOR A LAS PÉRDIDAS	FUENTE
Pérdidas económicas de \$121 millones de dólares en Indonesia (Hermanto, 2013; Hermanto <i>et al.</i> , 2009). Su amplia distribución de la enfermedad, debido al movimiento de materiales de plantación y las malas prácticas de manejo.	*Búsqueda de variedades resistentes. *Prácticas culturales, control físico, control biológico y técnicas de erradicación. *Para evitar más pérdidas se promovió un enfoque de control integrado para guiar el redesarrollo de nuevos centros de producción de banano.	Aquino <i>et al.</i> , 2013.
Incidencia hasta el 70 % de marchitez por fusarium 253 millones de dólares en China (Chen <i>et al.</i> , 2013) Gran impacto económico principalmente para pequeños productores de la región rural del China.	Grandes agricultores pueden controlar la enfermedad mediante: *Mejora de las condiciones de riego. *Rotación de cultivos del puerro chino. *Cambio a una nueva área de plantación (si el productor tiene la posibilidad). *Desarrollo de nuevas variedades resistentes a enfermedades y variedades resistentes al frío.	

<p>Pérdidas económicas \$14 millones de dólares al año en Malasia (Tengku <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>El clima tropical cálido y húmedo de Malasia es propicio para la supervivencia y la propagación de Foc.</p>	<p>*Desarrollo de un procedimiento operativo estándar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Buenas Prácticas Agrícolas 2. Uso de materiales de siembra libres de enfermedades. 3. Proporcionar un buen drenaje y un suministro adecuado de agua. 4. Practicar la rotación de cultivos. 5. Desinfectar todas las herramientas agrícolas con jabón después de su uso. 6. Destruir y entierre las plantas infectadas. 7. Restringir el movimiento de materiales de plantación y suelos del campo enfermo. 8. Vigilancia periódica para la detección temprana de la enfermedad. <p>*Desarrollo de variedades resistentes; con enfoques convencionales y moleculares.</p> <p>*Control biológico; empleando rizobacterias promotoras del crecimiento, actinomicetos y hongos (<i>Trichoderma harziannum</i>).</p> <p>*Estrictos procedimientos de cuarentena para la importación de material de siembra.</p>	
--	---	--

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA SU DIAGNÓSTICO O IDENTIFICACIÓN

Diagnóstico tradicional

El hongo se caracteriza mediante caracteres culturales y morfométricos, microconidios no septados formados en cabezas falsas sobre monofialidas cortas y clamidosporas con una pared lisa o rugosa (Damodaran *et al.*, 2019; Senasica, 2022).

Diagnóstico molecular y otros

Foc R4T se puede identificar mediante pruebas moleculares, que se basan en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) con los iniciadores específicos para Foc R4T, como PCR convencional, o cuantitativa (PCR en tiempo real), amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP), Fragmentos de restricción de longitud polimórfica (RFLP), secuenciación y filogenia. Cabe destacar que debido a que Foc R4T es una plaga cuarentenada ausente para México, las primeras detecciones en deben corroborarse por

secuenciación y filogenia molecular de dos genes (TEF-1 α e IGS) [Lin *et al.*, 2013; Damodaran *et al.*, 2019; Ordoñez *et al.*, 2019; Senasica, 2022].

El Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria cuenta en el protocolo de diagnóstico fitosanitario para Foc R4T el cual se puede consultar en el siguiente link:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/765366/Protocolo_Diagnostico0310_A_1.pdf

MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Con el objeto de prevenir el ingreso de Foc R4T, se deben establecer los procedimientos de prevención y cuarentena que restringen el movimiento de cormos, hijuelos y suelo, que podrían transportar inóculo de Foc R4T, por lo que se aplicarán las siguientes medidas:

1. Revisión en puntos de entrada al país (aeropuertos, puertos y fronteras).

- Tapetes sanitarios (Glutaraldehído 15% y Amonio Cuaternario 10%)
 - Incineración de basuras internacionales.
 - Rayos "X"
 - Unidades caninas
2. Campaña de difusión en puntos de ingreso.
 3. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en regiones productoras de plátanos y bananos: se realiza exploración de sitios comerciales de plátanos y bananos, en busca de síntomas típicos provocados por Foc R4T.
 4. Dentro de las acciones de la campaña Contra el Moko de Plátano, en coadyuvancia con Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, se efectúan diagnósticos para descartar la presencia de Foc R4T (Pulso sanitario, 2023).
 5. Establecer instalaciones de lavado para la descontaminación.
 6. Desinfestar herramienta, equipo, maquinaria y vehículos que se movilizan en las plantaciones de plátano con sales cuaternarias de amonio al 10% (Nel *et al.*, 2007).
 7. Monitorear periódicamente el cultivo para detectar plantas enfermas.
 8. No movilizar plantas enfermas, ni desecharlas en canales de riego y drenaje.
 9. Usar herramientas exclusivas en la finca.
 10. Evitar el ingreso de animales domésticos a las plantaciones.
 11. Fortalecer las capacidades de detección de síntomas asociados a Foc R4T y otras enfermedades cuarentenarias en musáceas mediante capacitación.

MEDIDAS DE CONFINAMIENTO EN ÁREAS CON BROTES

Cuando Foc RT4 ya se ha detectado en un área, se realizarán las medidas de contención que deben ser implementadas en condiciones de baja presión de la enfermedad para evitar la

propagación de la plaga a otras áreas (Dita *et al.*, 2018).

1. Realizar exploraciones y muestreos de la plaga a fin de conocer el nivel de incidencia, delimitar la enfermedad y ejecutar el control de focos de infección.
2. Restringir el acceso al área de los brotes (confinamiento).
3. Minimizar el acceso de visitantes a la finca donde se detectó el brote.
4. Aplicación de medidas de bioseguridad recomendadas.
5. Aplicación de medidas de control dirigidas a la eliminación de plantas positivas a la plaga *in situ* mediante incineración.
6. Eliminar plantas con síntomas, además de las plantas que se encuentren alrededor en un radio aproximado de 10 m.
7. Para la eliminación de las plantas mediante la fumigación del suelo se procederá de la siguiente manera.
 - a. En el área donde se realiza la eliminación de plantas se construirá una zanja en el perímetro de la Zona de Eliminación de 30 cm de ancho x 30 cm de profundidad alrededor de las plantas afectadas para anclar un plástico de 2 mm de grosor, para limitar el escurrimiento superficial y arrastre de esporas (González-Ulloa, 2020).
 - b. Romper la superficie del cormo para crear un hueco. Inyectar al cormo un herbicida, además de un insecticida para el control de insectos como picudos; la dosis e ingrediente activo será la que la DGSV indique en su momento, aplicar urea al cormo.
 - c. Se deberán cortar los pseudotallos a 10 cm por encima del punto de



crecimiento sin tener contacto con el suelo, de ser necesario se deberá colocar una lona de plástico o cubierta permeable, que no permita el flujo de exudados al suelo; cortar los pseudotallos y residuos de la planta en trozos pequeños de 30-60 cm; colocar todos los pedazos de la (s) planta (s) de banano infectado en la misma área para su posterior destrucción, evitar mover a otras áreas.

- d. El extremo del plástico se cubre con el suelo extraído para garantizar el sellado de la zanja.
 - e. Se aplicará un fumigante (dazomet) en el área manteniendo todas las medidas de protección y seguridad en su momento de aplicación (FAO, 2020).
 - f. Después del tratamiento de fumigación se levantará el plástico y se removerá el suelo.
 - g. El área deberá acordonarse para evitar la entrada.
8. Realizar monitoreo semanal para detectar nuevos focos de infección.
 9. Aplicación de cuarentena interior, para evitar el movimiento de material vegetal, maquinaria, suelo tránsito de personas y animales que visiten o laboren en la zona delimitada.
 10. Aplicar estrategias de divulgación.
 11. Realizar capacitaciones a productores, técnicos, jornaleros y cualquier persona involucrada en el manejo del cultivo para fortalecer aspectos sobre identificación de síntomas, epidemiología de la enfermedad, manejo integrado de plagas y buenas prácticas agrícolas para establecer la bioseguridad dentro y fuera de las plantaciones.

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD

La bioseguridad juega un papel importante para la contención mientras se desarrollan estrategias de control efectivas:

- Registrar el ingreso y salida de todos los visitantes
- Utilizar barreras de señalización para restringir el movimiento de personas dentro de las plantaciones.
- Uso de material vegetal certificado libre del patógeno. La producción de plátano debe sustentarse en el uso de plántulas provenientes de cultivo de tejidos, sobre todo al establecer nuevas áreas de cultivo.
- Establecer un solo punto de acceso y salida para el ingreso a la finca delimitada.
- Llevar registros de personas que ingresan.
- Prohibido el ingreso a personas ajenas a las plantaciones.
- Contar con una zona específica para el estacionamiento de vehículos de visitantes y empleados, incluidas motos y bicicletas.
- Proporcionar calzado específico y ropa para todo el personal de la finca y otros visitantes.
- Establecer instalaciones de lavado para la desinfección.
- Desinfestar herramienta, equipo y maquinaria con sales cuaternarias de amonio al 10% (Nel *et al.*, 2007).
- Capacitar periódicamente sobre la enfermedad a los trabajadores.
- Manejo de suelos: suelos drenados, aireados y suficiente materia orgánica, además de una buena fertilización del cultivo (Dita *et al.*, 2018; Bubici *et al.*, 2019; Shen *et al.*, 2019).
- En caso de visitas de 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.

- No visita predios donde se haya reportado dicha enfermedad.
- No transportar suelo ni material vegetal infectado.
- No transportar artesanías elaboradas con hojas, tallos, frutas o cualquier parte de la planta de musáceas originarias de los países en los cuales está reportado Foc R4T. Por lo tanto, es necesario prohibir el ingreso al país con cualquier artesanía u objeto hecho con la materia prima extraída del plátano (AGROCALIDAD, 2017; MAG, 2019).
- Establecer pediluvios o áreas con desinfectantes adecuados, disponibles en puntos estratégicos en las plantaciones y empacadoras.
- Se recomienda utilizar el cloro, que tiene efecto sobre clamidosporas (4-8 mg/L) y conidios (10 mg/L). con un tiempo mínimo de exposición de 1 a 5 minutos (Urías *et al.*, 2015).
- Otros desinfectantes que se recomiendan contra este patógeno son alcohol al 70-96 % y amonio cuaternario de cuarta generación cuyo rango de acción se encuentra entre 1000 y 10000 mg/L (Urías *et al.*, 2015; Guzmán, 2020).
- También se han reportado amonios cuaternarios de cuarta generación a una concentración de 4000 a 8000 ppm, con un tiempo de exposición de 5 a 30 minutos. Mientras que con el amonio cuaternario de quinta generación se recomiendan dosis de 8000 a 10,000 ppm, por 5 a 30 minutos, manteniéndose activa la solución hasta por 3 días (Urías *et al.*, 2015; Guzmán, 2020).

La presencia de suelo y la materia orgánica reducen la eficacia o pueden inhibir la acción de los desinfectantes, por lo cual, es importante la limpieza de las herramientas, equipos y

pediluvios de manera constante y antes de cada desinfección.

MEDIDAS DE SUPRESIÓN

1. Realizar monitoreo diario para detectar nuevos focos de infección.
2. Aplicación de herbicidas a malezas con el propósito de eliminar los posibles hospedantes secundarios.
3. Limitar la escorrentía superficial de agua desde éstas a plantas vecinas y al resto de la plantación. Si la pendiente es muy elevada se deben cavar zanjas que retengan la escorrentía en los puntos más bajos de la pendiente.
4. Eliminar plantas con síntomas, además de las plantas que se encuentren alrededor en un radio aproximado de 10 m.
5. Mantener todos los focos en cuarentena durante año y medio y prohibirse cualquier otro cultivo o la instalación de viveros en el área.
6. No arrojar residuos vegetales o plantas enfermas a canales de drenaje o ríos.

CUARENTENA INTERIOR

Se establecerá una cuarentena interior en el área delimitada donde se determine la presencia de Foc R4T, con la finalidad de que de manera legal se evite la diseminación a otras áreas, al aplicar controles fitosanitarios para evitar el paso de productos de musáceas a áreas sin presencia de la plaga.

MEDIDAS DE ERRADICACIÓN

No hay informes hasta el momento sobre erradicación de brotes de Foc R4T. Después de una incursión, el primer paso es evaluar la viabilidad técnica de la erradicación, considerando aspectos como el origen del brote y su historia (que tan pronto se detectó y

diagnostico el patógeno, fecha y periodo de introducción, características del brote), si es un evento aislado en un solo sitio, la probabilidad de éxito de la erradicación/confinamiento es mayor que en caso de múltiples incursiones. Además, se debe considerar aspectos como recursos disponibles, eficacia comprobada de las medidas a aplicar, apoyo esperado de los agricultores, entre otros (Dita *et al.*, 2013). Cabe destacar que debido a las características de Foc, hongo del suelo que produce estructuras de sobrevivencia resistentes, es probable que las medidas de erradicación no sean exitosas y por lo tanto, se tenga que implementar un programa de supresión-contención.

MEDIDAS EN ÁREAS CON PRESENCIA

1. Monitoreo semanal para la detección temprana de nuevos brotes.
2. Manejo de suelos: los suelos bien drenados y aireados presentan menor incidencia de la enfermedad, mejoran el desarrollo radicular y la actividad microbiana
3. Mantener una buena fertilización del cultivo.
4. Uso plántulas de cultivo *in vitro*.
5. Usar material de propagación a partir de plantas madres sanas, libres de enfermedades, de ser posible, provenientes de cultivos de tejidos.
6. Uso de material vegetal resistente.

Usar cultivares resistentes es la herramienta más adecuada cuando esta enfermedad se ha establecido en un área. Actualmente algunos investigadores alrededor del mundo han desarrollado variedades resistentes o moderadamente resistentes a Foc R4T. Tal es el caso de la variedad GAL Rahan Meristem con resistencia a Foc R4T, desarrollada por la compañía israelí Rahan Meristem, la cual no se

encuentra de manera comercial, hasta el 2024. Otras como la variedad GCTCv 218/Formosana, con moderada resistencia a Foc R4T desarrollada en Taiwán, además se han desarrollado otras variedades de banano promisorios resistentes a Foc R4T como CJ19, GCTCV119 (Taiwán-Australia), CIRAD 924, 931 y 938 (Francia) (FAO, 2021; Mintoff *et al.*, 2021; CIRAD, 2022).

Comunicación personal del área de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), que están en coordinación con el área de la Dirección de Regulación fitosanitaria comentan que se está realizando el siguiente acuerdo: Acuerdo de complemento de cuarentena post entrada de plántulas de banano con fines de investigación en mejoramiento genético a través de multiplicación por embriogénesis somática y organogénesis.

LITERATURA CITADA

Acuña R, Rouard M, Leiva AM, Marques C, Olortegui JA, Ureta C, Dita M. 2022. First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 Causing Fusarium Wilt in Cavendish Bananas in Peru. *Plant Disease*, 106(8), 2268.

AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2017. Medidas fitosanitarias de prevención para plagas emergentes en Ecuador: *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* 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

Aquino AP, Bandoles GG, Lim VA, Abeleda CL, Molina AB. 2013. Economic Impact of Fusarium Wilt Disease on Cavendish Banana Farms in Southern Philippines. In Consultation-Workshop on the Socio-economic Impacts of Fusarium Wilt Disease of Cavendish Banana in the Asia-Pacific Region. Waterfront Insular Hotel, Davao City, Philippines (pp. 11-15).

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.

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, 23p.

Bubici G, Kaushal M, Prigigallo MI, Gómez-Lama C, Mercado-Blanco J. 2019. Biological control agents against Fusarium wilt of banana. *Frontiers in Microbiology*, 10: 616.

Chen X, Dong T, Huang Y, Yi G. 2013. Socio-Economic Impact of Fusarium Wilt on Cavendish Banana in China. In Consultation-Workshop on the Socio-economic Impacts of Fusarium Wilt Disease of Cavendish Banana in the Asia-Pacific Region. Waterfront Insular Hotel, Davao City, Philippines (pp. 11-15).

CIRAD. 2022. Genetic improvement of BANANA for the control of FOC TR4 in CIRAD En línea: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11314.48329> Fecha de consulta: febrero de 2023.

Damodaran T, Mishra VK, Jha SK, Gopal R, Rajan S, Ahmed I. 2019. First report of Fusarium wilt in banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 in India. *Plant Disease*, 103(5): 1022-1022.

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.

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.

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

Dita MA, Waalwijkb C, Buddenagenc IW, Souza MT, Kemab GHJ. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana Fusarium wilt pathogen. *Plant Pathology*, 59: 348-357.

EPPO. 2023. EPPO global database. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical race 4 (FUSAC4). En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/FUSAC4> Fecha de consulta: enero de 2023.

FAO. 2021. Jornada de capacitación de la FAO sobre Fusarium R4T Foro Mundial Bananero (FMB) Proyecto de emergencia sobre Fusarium R4T en América Latina y el Caribe Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). En línea: <https://www.fao.org/3/cb8082es/cb8082es.pdf> Fecha de consulta: febrero de 2023.

FAO. 2020. Directrices para la prevención de raza 4 tropical (R4T) En línea: <https://www.fao.org/3/ca8398es/CA8398ES.pdf> Fecha de consulta: febrero de 2023.

Hennessy C, Walduck G, Daly A, Padovan A. 2005. Weed host of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 in northern Australia. *Australasian Plant Pathology*, 34: 115-117.

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.*

Hermanto C, Sutanto A, Edison HS, Daniells JW, O'Neill WT, Sinohin VGO, Taylor P. 2009. Incidence and distribution of Fusarium wilt disease of banana in Indonesia. In V International



Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Global Perspectives on Asian Challenges 897 (pp. 313-322).

IPPC. 2023. Phytosanitary Emergency for presence of Foc R4T. En línea: <https://www.ippc.int/es/countries/venezuela-bolivarian-republic-of/pestreports/2023/01/phytosanitary-emergency-for-presence-of-foc-r4t/> Fecha de consulta: enero 2023.

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

Lin YH, Su CC, Chao CP, Chen CY, Chang CJ, Huang JW, Chang PFL. 2013. A molecular diagnosis method using real-time PCR for quantification and detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4. European Journal of Plant Pathology, 135: 395-405.

Lin B, Shen H. 2017. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*. Biological Invasions and Its Management in China, 225-236. Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology book series (INNA, volume 13). doi:10.1007/978-981-10-3427-5_16

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/el-sfe-recuerda-la-ciudadania-que-esta.html> Fecha de consulta: abril de 2021.

Mintoff SJ, Nguyen TV, Kelly C, Cullen S, Hearnden M, Williams R, Tran-Nguyen LT. 2021. Banana cultivar field screening for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 in the Northern Territory. Journal of Fungi, 7(8): 627.

Moore N, Bentley S, Pegg K, Jones D. 1995. Marchitamiento del banano ocasionado por

Fusarium. Hoja divulgativa 5. Red Internacional para el Mejoramiento del Plátano 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, Shivas RG. 2016. Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 strain in northern Queensland. Australasian Plant Disease Notes, 11(1): 33.

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.

Ordóñez N, Salacinas M, Mendes O, Seidl MF, Meijer HJG, Schoen CD, Kema GHJ. 2019. A loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay based on unique markers derived from genotyping by sequencing data for rapid in planta diagnosis of Panama disease caused by Tropical Race 4 in banana. Plant Pathology, 68(9): 1682-1693.

Pulso sanitario. 2023. Atlas de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria - Fitosanitario Fusariosis de las musáceas. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical Activar el teclado para el contenido multimedia. En línea: https://dj.senasica.gob.mx/ASIA/Fitosanitario/fusariosis_de_las_musaceas?tipoIngreso=public&tipoVista=public

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. *ubense* Tropical race 4 (TR4). Food Agriculture Organization of the United



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.

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

Senasica. 2022. Protocolo de diagnóstico. *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical (Marchitez por Fusarium). Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.

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 Horticulturae*, 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 Biology and Biochemistry*, 128: 164-174.

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. *Biology and Fertility of Soils*, 51: 553-562.

SIAP. 2023. Producción Agrícola. En Línea: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> Fecha de consulta: enero de 2023.

Stansbury C, Mckirdy S, Power G. 2000. Panama disease *Fusarium oxysporum* exotic threat Western Australia. Factsheet 2 p. Agriculture Western Australia.

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.

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. *Scientific Reports*, 5: 11124.

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. *ubense* tropical race 4 in *Musa acuminata* Pahang. *Euphytica*, 214: 1-12.

Forma recomendada de citar:

DGSV-DCNRF. 2023. Marchitez por fusarium. (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Raza 4 Tropical, Foc R4T). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica. Tecámac, Estado de México. 10 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

Ing. Francisco Javier Calderón Elizalde

Director General de Sanidad Vegetal

Ing. Francisco Ramírez y Ramírez

Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

M.C. Guillermo Santiago Martínez

© 2022 Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

<https://www.gob.mx/senasica>

Este documento fue elaborado por la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), no está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la DGSV.