





Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano

En el marco de la resolución 11912 de 2019 y 72820 de 2020

AGROSAVIA
EDITORIAL

El campo es de todos
Minagricultura

ICA
Instituto Colombiano Agropecuario

Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano

En el marco de la emergencia sanitaria por *Foc* R4T en Colombia

Autores

Mónica Betancourt Vásquez
Jaime Cárdenas López
Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

Subgerencia de Protección Fronteriza
Subgerencia de Protección Vegetal
Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal

AGROSAVIA EDITORIAL

El campo es de todos Minagricultura

ICA Instituto Colombiano Agropecuario

Betancourt Vásquez, Mónica

Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano en el marco de la emergencia sanitaria por Foc R4T en Colombia. / Mónica Betancourt Vásquez, Jaime Cárdenas López y Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

64 páginas

Incluye fotos, gráficos, mapas y tablas

ISBN obra impresa: 978-958-740-474-6

ISBN E-book: 978-958-740-475-3

1. Musaceae 2. Medidas fitosanitarias 3. Cuarentena 4. Materiales de propagación 5. Manejo del cultivo. I. Cárdenas López, Jaime II. Rodríguez Yzquierdo, Gustavo Adolfo.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Tibaitatá
Departamento de Semillas, sede central
Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera
Código postal 250047, Colombia

Autores

Mónica Betancourt Vásquez
Jaime Cárdenas López
Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo
Subgerencia de Protección Fronteriza
Subgerencia de Protección Vegetal
Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal

Reconocimientos

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
Walther Turizo Álvarez
Óscar Javier Dix Luna
Jorge Hernán Palacino Córdoba
Juliette Catalina Quintero Vargas

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
Mauricio Soto Suárez
Rommel León Igor Pacheco
Gloria Patricia Castillo Urquiza
Laura Isabel Daza Andrade

Esta publicación es el resultado del Convenio Marco ICA – AGROSAVIA, No. 021 del 2018: Articular líneas de cooperación entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), para el fortalecimiento técnico nacional en materia de salud pecuaria, sanidad agrícola, forestal e inocuidad en los sistemas productivos primarios de importancia económica en el país determinado por las partes, dentro de las competencias técnico-científicas e idoneidad de cada institución".

Primera edición, Mosquera, Colombia, junio de 2021

Preparación editorial:

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co

Dirección editorial
Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Diego Pérez Medina

Corrección de estilo: Nathalie De la Cuadra N.

Realización gráfica: Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Fotografías: Mónica Betancourt Vásquez y Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

Citación sugerida: Betancourt Vásquez, M., Cárdenas López, J., & Rodríguez Yzquierdo, G. A. (2021). *Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404753

DOI: https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404753.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA y el ICA no son responsables de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Agradecimientos

Se agradece al equipo del ICA de la Subgerencia de Protección Fronteriza, en especial a Diego Ricardo Rojas Morea e Iván René Zamora Rodríguez, por su coordinación y apoyo en todo el proceso de gestión de los protocolos que acompañan la guía y en especial al fitopatólogo Walther Turizo Álvarez por su apoyo técnico y elaboración del protocolo cuarentenario.

A la Subgerencia de Análisis y Diagnóstico del ICA con el diseño de la plataforma de diagnóstico que se aplicará en el proceso cuarentenario, en especial a Uriel Esteban Sierra Zuleta, Óscar Javier Dix Luna y Manuel Rodelo Urrego.

A las asociaciones de productores de banano: Asbama y Augura, que han promovido y gestionado con diferentes instituciones la consecución del material que será introducido a Colombia, en especial a Javier Pomares, Jose Zuñiga, Andrea Vásquez y Antonio González Ulloa de Asbama y Emerson Aguire Medina, Gabriel Elejalde y Sebastián Zapata Henao de Augura.

Se agradece a las investigadoras: Rocío Margarita Gámez Carillo y Linda Yhiset Gómez Arias por la contribución fotográfica.



Contenido

Presentación 7

Introducción 9

Situación fitosanitaria de las musáceas en Colombia 13

Estado actual del *Fusarium* R4T en Colombia 17

Riesgos fitosanitarios identificados en la importación de germoplasma de musáceas a Colombia 21

Riesgo de entrada de nuevos virus de musáceas a Colombia a través de material vegetal 27

- Riesgo de entrada de virus desde los países de origen del material por importar 27
- Riesgo por el tipo de material para importar y las características de los virus 28

Instructivo de cuarentena cerrada de germoplasma o material de propagación *in vitro* de *Musa* spp., con tolerancia/resistencia a *Foc*-r4t (prf-spf-i-029) - ICA 33

- Objetivo 33
- Generalidades 33
  - Perfil de la cuarentena 33
  - Material por ingresar a cuarentena 35
  - Puntos de entrada 35
  - Origen/procedencia 35
  - Tipos de cuarentena autorizados 35



Inscripción y habilitación de la estación cuarentenaria 36

Vigencia 37

Agronomía de las plantas en cuarentena 37

Traslado y desempaque del germoplasma o material de propagación 38

Visitas técnicas de los funcionarios del Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario 39

Actividades del profesional del Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario 39

Detección de signos plagas o síntomas de enfermedades en las plantas 41

Manejo de las plantas 41

Tipo de germoplasma o material de propagación 43

Origen/procedencia 43

Cantidad de germoplasma o material de propagación 43

Muestreo de material de propagación de *Musa* spp. 44

A manera de ejemplo 44

Duración de la cuarentena 51

Aplicación 53

Liberación de la cuarentena 55

Referencias 56

Glosario 61



Presentación

El sector de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca mantiene en Colombia una dinámica de crecimiento anual del 2 % aproximadamente, que se explica en buena medida por los cultivos agrícolas transitorios, los cultivos permanentes, la propagación de plantas y las actividades de viveros.

El más reciente censo agropecuario realizado en Colombia permitió identificar la distribución y el principal uso de 111,5 millones de ha, de las cuales el 38,6 % está dedicado al uso agropecuario, en sistemas de producción como plátano y banano, que hacen parte de la economía de más de 730 municipios y que generan un importante renglón de exportaciones de Colombia.

En Colombia, el banano representa el 12 % de las exportaciones agropecuarias y ocupa el 3 % de la superficie sembrada en cultivos permanentes, lo que genera cerca de 120.000 empleos directos e indirectos. De acuerdo con las cifras de la Asociación de Bananeros de Colombia (Augura), en el 2020 el sector bananero produjo 109 millones de cajas por un valor de 916,2 millones de dólares (Agronet, s. f.; Asociación de Bananeros de Colombia [Augura], 2020).

Asimismo, el país supera las 50.000 ha sembradas de banano para exportación, las cuales se distribuyen en los departamentos de Antioquia, Magdalena y La Guajira. Los principales destinos para esta fruta son la Unión Europea (65 %), el Reino Unido (17 %) y Estados Unidos (17 %). La variedad Cavendish es la que mayor demanda tiene del mercado y está adaptada a las condiciones agroclimáticas de estas zonas de Colombia, de altitudes entre 0 y 300 m s. n. m. (Augura, 2020).

Lo anterior permite dimensionar la importancia que tiene para Colombia mantener y mejorar la condición sanitaria y fitosanitaria de cara al mejor aprovechamiento comercial, por lo que la gestión del Instituto Colombiano

Agropecuario (ICA) y de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) es estratégica para lograr este objetivo.

Nos complace presentar esta guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano, en atención a la situación actual que enfrenta Colombia debido a que tiene el primer registro en el hemisferio occidental de *Fusarium* R4T. Con el ingreso de nuevos materiales se podrá avanzar en el proceso de investigación y adaptación de nuevas variedades para ofrecer alternativas, en un futuro próximo, al sector. Asimismo, estamos dando cumplimiento a las directrices del Puesto de Mando Unificado (PMU), el cual fue constituido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para apoyar la atención de la situación de emergencia por el registro de *Fusarium* R4T en el departamento de La Guajira, Colombia.

Deyanira Barrero León
Gerente General del ICA

Jorge Mario Díaz Luengas
Director Ejecutivo de Agrosavia.

Introducción

Bananos y plátanos se producen en cerca de 35 países y juegan un papel protagónico en el comercio mundial. América Latina y el Caribe (ALC) es la región con mayor exportación de banano en el mundo; se estima que responde por el 25 % de la producción, con un volumen anual de aproximadamente 54 millones de toneladas entre 2016 y 2018.

Asimismo, ALC es una de las principales consumidoras de frutas, con un consumo anual per cápita de 55 kg de bananos o frutas tropicales (Altendorf, 2019a). En 2018, las exportaciones de banano totalizaron 13.193 millones de dólares (24.346.023 t) y registraron un crecimiento del 18,6 % frente a 2017, cuando totalizaron 11.121 millones de dólares (22.833.416 t). Los principales países exportadores de banano en 2018 fueron, en orden de importancia: Ecuador (23,6 %), Filipinas (11,4 %), Guatemala (10,3 %), Costa Rica (7,8 %), Colombia (6,1 %), República Dominicana (2,8 %) y Honduras (2,4 %) (Trademap, 2018).

En Colombia, el cultivo del banano ocupa el 3 % de la superficie sembrada en cultivos permanentes, genera 120.000 empleos y representa el 12 % de las exportaciones agropecuarias. El sector bananero produjo 109 millones de cajas por un valor de 916,2 millones de dólares en el 2020 (Augura, 2020). En 2019, se registraron 95.129 ha de banano (exportación y tradicional), distribuidas en 20 departamentos de Colombia, de los que se destacan: Antioquia (40.000 ha, 42 %), Magdalena (13.261 ha, 14 %), Nariño (8.465 ha, 8,9 %), Valle del Cauca (6.533 ha, 7 %) y La Guajira (2.866 ha, 3 %) (Agronet, 2019).

Por su parte, el plátano es una fuente alimenticia importante, así como de empleo e ingresos significativos para más de 500.000 familias campesinas; además, se considera fundamental en la seguridad alimentaria, con excedentes que permiten a los productores participar en el mercado nacional

e internacional (Baquero-Melo, 2017). Se estima que del área cultivada de plátano en Colombia, un 87 % se encuentra como cultivo asociado al café, al cacao, a la yuca y a frutales, y el 13 % restante como monocultivo altamente tecnificado. El 85 % de la producción de plátano en Colombia corresponde a minifundios, representados por pequeños productores (que tienen entre 1 y 5 ha), el 10 % por medianos (que cuentan con 6 y 15 ha) y tan solo un 5 % por grandes agricultores (que tienen áreas con más de 16 ha) (Agronet, 2019). Adicionalmente, Colombia exporta plátano; en 2019 se sembraron 15.264 ha de plátano de exportación, en especial, en la zona de influencia de Urabá, con una producción total de 231.748 t. Ese mismo año se sembraron 450.239 ha de este cultivo en los departamentos de Antioquia (51.228 ha, 11,3 %), Arauca (37.111 ha, 8,2 %), Valle del Cauca (28.968 ha, 6,43 %), Córdoba (28.968 ha, 6,2 %) y Meta (24.266 ha, 5,3 %), y se cosecharon 4.376.922 t.

Una de las principales enfermedades que afecta a las musáceas es la marchitez por *Fusarium* causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*). Esta enfermedad se registró por primera vez en 1876 en plantaciones de banano de Australia, y en 1890 se reportó el primer brote a gran escala en las plantaciones de banano de exportación en Panamá (Ploetz, 1992). Para 1960, aproximadamente 40.000 ha del clon Gros Michael habían sido destruidas por la marchitez por *Fusarium* y muchas plantaciones fueron abandonadas en África y América (Stover, 1962; Ploetz 1994). Si se compilan cifras hasta 1960 y se consideran los costos sustanciales asociados con el establecimiento de nuevas plantaciones por el desplazamiento de zonas productoras, se estima que las pérdidas por *Fusarium* Raza 1 ascendieron aproximadamente a USD 400.000.000, y usando una tasa de conversión conservadora esto sería de al menos USD 2,3 mil millones en las cifras del año 2000 (Ploetz, 1994). La cifra anterior sería aún mayor si se incluyeran los costos por desempleo, las zonas abandonadas, los ingresos no realizados y los gastos para mantener la estabilidad social en las regiones afectadas (Ploetz, 2005). Ante la falta de opciones eficientes de control químico o cultural, la industria bananera se vio obligada a sustituir la variedad Gros Michel (susceptible) por clones del subgrupo Cavendish resistentes a *Fusarium* Raza 1 (Ploetz, 2006).

A finales de los años sesenta, sin embargo, una nueva raza del patógeno que afecta severamente a los bananos del subgrupo Cavendish emergió en Taiwán, y solo fue identificada como Raza 4 Tropical (*Fusarium* R4T) hasta 1994 (Buddenhagen, 2009). Unos años después *Fusarium* R4T se dispersó a las regiones productoras de Cavendish de Indonesia y Malasia en 1992 y 1993, respectivamente; a principios de la década de 2000 se había propagado

en Australia, Papua Nueva Guinea, China y Filipinas. En 2013, se descubrió en las fincas del norte de Mozambique y en Jordania, y en 2015 se registró en Líbano, Omán, India y Pakistán. Entre 2017 y 2020 *Fusarium* R4T se encontró en la República Democrática Popular Lao, Vietnam, Myanmar, Tailandia y la Isla de Mayotte en el océano Índico, lo cual evidencia su potencial de dispersión y los altos riesgos sobre la industria bananera mundial (Altendorf, 2019b; Aguayo et al., 2020).

La Raza 4 Tropical no solo afecta a las variedades del subgrupo Cavendish, sino también a un grupo considerable de variedades de musáceas importantes para la seguridad alimentaria y para la generación de ingresos de los pequeños productores. Entre esas musáceas se encuentran los plátanos (AAB), bananos de cocción tipo Bluggoe (AAB), Pisang awak (AAB), Prata (AAB), Manzano (AAB), Mysore (AAB) e Ibota (Yangambi km 5), algunos de los cuales constituyen clones muy populares cultivados a diferentes escalas y por sistemas de producción de pequeños productores (Pérez-Vicente, 2015). Hasta la fecha no se tiene información acerca del comportamiento de variedades de plátano presentes en Colombia frente a *Fusarium* R4T.

En agosto de 2019, después de cumplir todos los protocolos de diagnóstico e identificación, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) notificó oficialmente la primera detección de *Fusarium* R4T en plantaciones de banano del subgrupo Cavendish, en dos lugares de producción localizados en los municipios de Dibulla y Riohacha (La Guajira). La declaratoria incluyó nuevas medidas de bioseguridad en las plantaciones bananeras y en los puntos de intercambio comercial, con el fin de evitar la propagación de dicha enfermedad, y modificó el estatus fitosanitario sobre *Fusarium* R4T para Colombia y la región.

En 2019, se sembraron 15.264 ha de plátano de exportación, en especial, en la zona de Urabá

En la actualidad, diferentes equipos de científicos en el mundo trabajan para encontrar un control efectivo contra *Fusarium* R4T. En las áreas donde se registra el patógeno, después de ejecutarse los procesos estrictos de erradicación, contención y cuarentena, el productor se ve en la necesidad de repensar su sistema de producción (Dita et al., 2013, 2018).

Por el tipo de patógeno, su rápida dispersión y sus niveles de persistencia en el suelo, la opción con mayor probabilidad de éxito es la introducción y el

uso de materiales mejorados. En el mundo, no existen cultivares comerciales resistentes a *Fusarium* R4T, con niveles similares de resistencia de los que presenta Cavendish a *Fusarium* R1 (Hwang & Ko, 2004; Dita et al., 2018); sin embargo, hay reportes de la existencia de cultivares promisorios por su resistencia a *Fusarium*, entre los que se destacan: Formosana 218 (Hwang, 2002; Dita et al., 2018), Gal y C4 (Rahan Meristem , comunicación personal), los materiales Ruby, 938, 931, 924, X17 del Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), materiales transgénicos de los programas de investigación australianos y los materiales mejorados de Embrapa: BRS Platina, BRS Princesa y algunos diploides mejorados resistentes a R4T identificados con marcadores SNP (Polimorfismos de Nucleótido Único) en Australia; además, Embrapa ha descrito recientemente una variante somaclonal de Grande Naine con resistencia a un aislado altamente agresivo y virulento de la Raza 1 de *Fusarium* en Cavendish.

En el mundo, no existen cultivares comerciales resistentes a *Fusarium* R4T, con niveles similares de resistencia de los que presenta Cavendish a *Fusarium* R1

Dado que el movimiento de germoplasma y de material dedicado a la producción comercial, según identifican los expertos en análisis de riesgo, es una de las vías más probables de ingreso a una región de *Fusarium* R4T y de otras plagas de alta importancia cuarentenaria que no pueden ser detectables a menudo por inspección física, es primordial que Colombia adopte un procedimiento para asegurar que el germoplasma importado se encuentre libre de plagas de importancia cuarentenaria.

El ICA y AGROSAVIA trabajan en coordinación con el sector privado desde 2019 para generar alternativas a los productores en el escenario de nuevas detecciones del patógeno en Colombia; así, la presente guía es la manera como los expertos mencionan que se puede garantizar a nuestros investigadores y al sector privado el acceso a materiales promisorios por su comportamiento frente a *Fusarium* R4T.

Situación fitosanitaria de las musáceas en Colombia

El cultivo de musáceas (plátano y banano) se ve afectado por diferentes patógenos como hongos, bacterias, nematodos y virus; pero, en general, las enfermedades más limitantes en Colombia son la sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensie*s, y el moko del plátano, que lo produce la bacteria *Ralstonia solanacearu*m Raza 2 (Alarcón & Jiménez, 2012; Mansfield et al., 2012).

La enfermedad conocida como moko o maduraviche, que la genera la bacteria *Ralstonia solanacearum* Filotipo II secuevares 3, 4 y 6 (antiguamente *R. solanacearum* Raza 2 (Smith, 1986) (Yabuuchi et al., 1995), es uno de problemas más limitantes para los sistemas de producción de plátano y el banano en el mundo.

Las pérdidas pueden llegar a ser totales, debido a que los frutos se afectan y los mayores costos de manejo se relacionan con la aplicación de medidas de contención, erradicación y cuarentena (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica], 2019; Álvarez et al., 2015).

En 2019, la vigilancia, el control y la erradicación de brotes de moko por parte del ICA registraron los siguientes indicadores:

- 7.277 visitas en predios con cultivos de plátano y banano; se realizó el control de brotes de infestación en los 31 departamentos que reportaron la enfermedad (figura 1).
- 4.203 brotes identificados, 3.700 brotes controlados.
- 21.797 ha inspeccionadas a nivel nacional y 81,84 ha de área afectadas por moko.
- Los departamentos que presentaron el mayor número de registros de brotes de moko fueron Risaralda, Meta, Sucre, Nariño, Quindío y Putumayo (figura 2).

Inspección en plátano y banano en Colombia 2019

Ausencia y presencia de moko

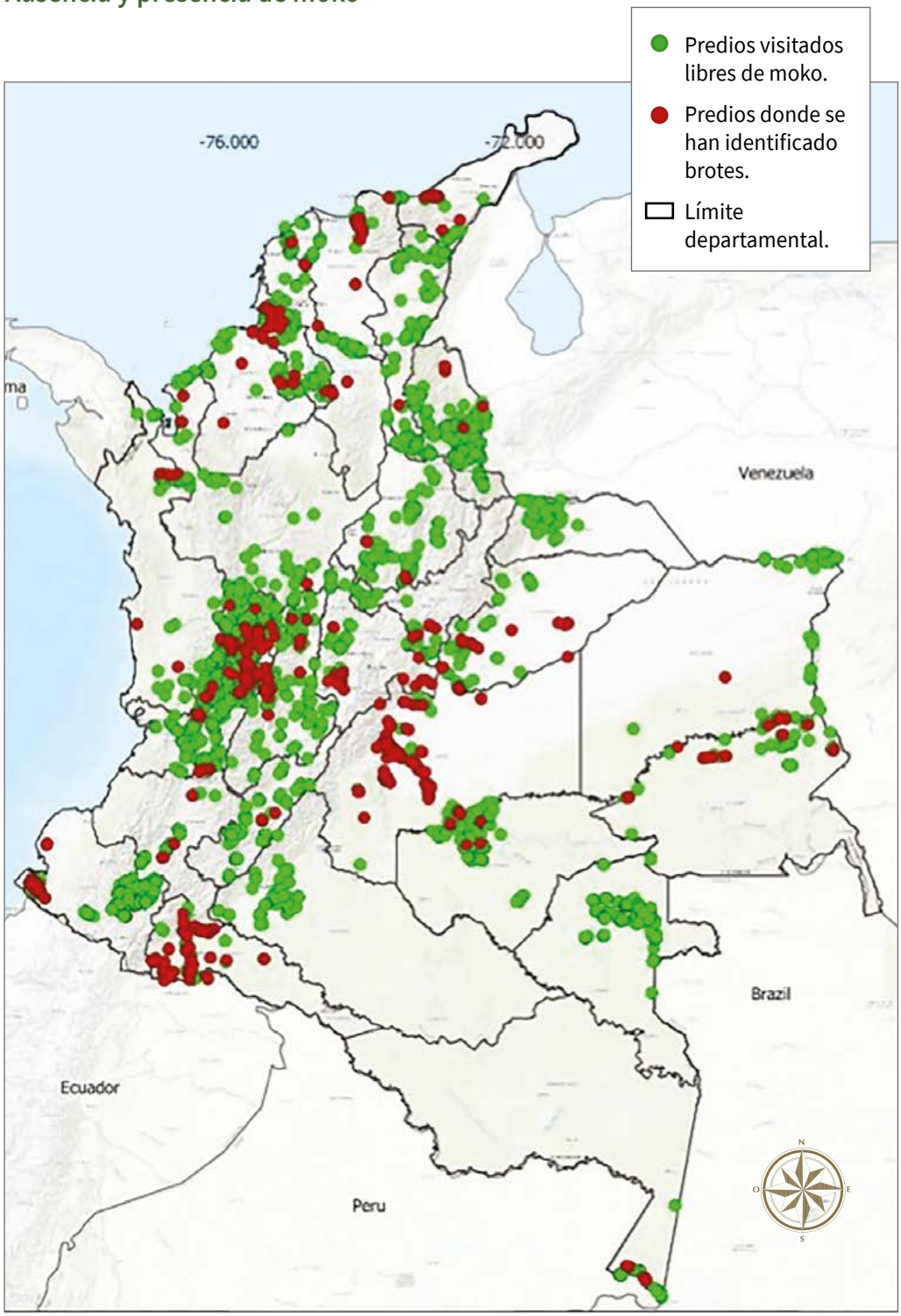


Figura 1. Visitas de inspección fitosanitaria realizadas en el país en 2019.

Fuente: ICA (2020)

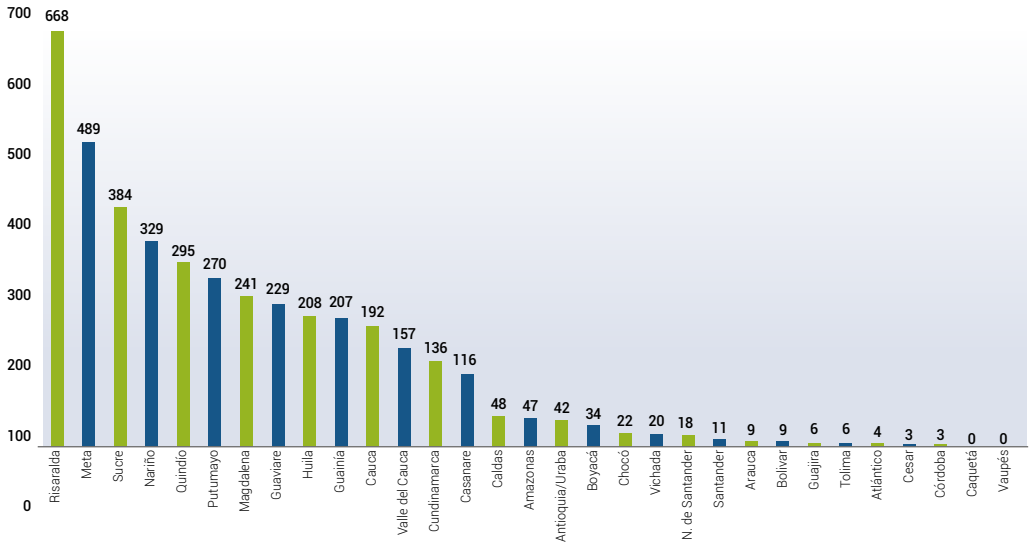


Figura 2. Número total de brotes de moko del plátano y banano identificados en 2019 por departamento.

Fuente: ICA (2020)

En cuanto a virus, en Colombia se han descrito cuatro enfermedades presentes en musáceas (plátano y banano): virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus* [CMV]) (Castaño et al., 1995; Martínez, 2002; Betancourt Vásquez & Alarcón, 2002; López-Cardona et al., 2014), virus del rayado del banano (*Banana streak virus* [BSV]) (Reichel et al., 1997; Betancourt Vásquez & Alarcón, 2002), específicamente la variante *Banana streak Obino l'Ewai badnavirus* [BSOLV] (Cañas et al., 2011; López-Cardona et al., 2014), virus del mosaico suave del banano (*Banana mild mosaic virus* [BanMMV]; (Reichel, 2002) y el virus del mosaico de las brácteas del banano (*Banana bract mosaic virus* [BBrMV] (Belalcázar et al., 1998; Betancourt Vásquez & Alarcón, 2002). Otros virus reportados en musáceas en diferentes partes del mundo, como el virus del cogollo racimoso del banano o Bunchy top (*Banana bunchy top virus* [BBTV]), no se han detectado en Colombia, pero sí se ha descrito la presencia de su vector principal, el pulgón *Pentalonia nigronervosa* Coquerel, el cual tiene una amplia distribución a nivel nacional.

Se calcula que en Colombia las enfermedades producidas por virus pueden generar pérdidas de sitios de siembra cercanas al 20 % durante el primer año de desarrollo del cultivo y se tienen registros de niveles de incidencia entre el 24 y el 100 % para los virus CMV y BSV en infecciones simples y mixtas en zona cafetera con condiciones de monocultivo (Belalcázar et al., 1998, Martínez, 2002; Becerra et al., 2011); por lo tanto, las enfermedades virales son limitantes para la competitividad del sector y su presencia restringe la producción de semilla en el país.


Platano
10
1-1-5
10219
R

Estado actual del *Fusarium* R4T en Colombia

El 7 de junio de 2019, el laboratorio del ICA en Antioquia recibió muestras de tejido vegetal para análisis de laboratorio por parte de un sensor externo, que solicitó análisis específico por síntomas sospechosos en campo para *Fusarium* R4T. El 11 de junio, el sistema de diagnóstico del ICA reportó una alerta y se activó de manera inmediata el Plan de Contingencia elaborado con base en protocolos internacionales para la atención de este tipo de situaciones fitosanitarias.

Actualmente, Colombia adelanta, entre otras, las siguientes acciones que tienen el direccionamiento del Puesto de Mando Unificado Nacional (PMU):

1. Implementación de una nueva técnica de diagnóstico, que ofrece mayor sensibilidad en la detección de la plaga (genes SIX).
2. Formación de 1.007 líderes productores de 25 departamentos de Colombia, en cuanto a medidas de bioseguridad en fincas productoras de plátano y banano, a través de una alianza entre el ICA y la Fundación Manuel Mejía.
3. Suscripción de convenios con gremios productores de banano para desarrollar acciones que prevengan la dispersión de la enfermedad *Fusarium* R4T.
4. Establecimiento de un programa de investigación sobre *Fusarium* R4T en Colombia, enfocado en el estudio de la epidemiología, la prevención y el manejo de la enfermedad, y las opciones de resistencia en materiales de *Musa* spp., coordinado por el ICA y AGROSAVIA.

Se formaron
1.007 líderes productores en bioseguridad
de 25 departamentos de Colombia.

5. Expedición de la Resolución ICA 11912 de 2019, "Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Marchitez de las musáceas por *Foc* R4T"; Resolución ICA 17334 de 2019, "Por medio de la cual se establece el plan de bioseguridad y vigilancia fitosanitaria para la Marchitez por *Fusarium* en predios de producción de plátano y banano registrados ante el ICA para la exportación en fresco", y Resolución ICA 68180 de 2020, "Por medio de la cual se establecen medidas fitosanitarias complementarias para contener la dispersión del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 tropical - *Foc* R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum*, Maryani, Lombard, Kema, & Crous, 2019) desde zonas afectadas hacia otras zonas productoras de banano y plátano del territorio nacional".

Se han erradicado

198,3 hectáreas afectadas

de banano de predios en cuarentena del ICA.

6. Intensificación de la vigilancia fitosanitaria de *Fusarium* R4T con un recorrido de inspección del 100 % de las áreas de banano del subgrupo Cavendish de exportación y entre 13 %-16 % del área sembrada en musáceas a nivel nacional.

7. Fortalecimiento de las medidas de bioseguridad en diferentes nodos de control, como terminales portuarias, fincas (plantas empacadoras o centros de consolidación de fruta), patios de contenedores y puestos de control terrestres (en vías principales y comunitarias entre fincas).

8. Mantenimiento de la contención de *Fusarium* R4T en diez lugares de producción del departamento de La Guajira con presencia de este patógeno,



los cuales suman un área en cuarentena de 2.213,48 ha y de las cuales a la fecha se han erradicado cerca de 198,3 ha (entre 2019 y mayo de 2021).

9. Entrega de mas de 87.000 unidades de elementos de bioseguridad a productores de banano y plátano del país para implementación de las medidas de bioseguridad para la prevención de *Fusarium* R4T. Lo anterior con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Asociación de Bananeros de Colombia (Augura) y la Asociación de Bananeros de Magdalena y La Guajira (Asbama).

10. Campañas de comunicación del riesgo para la prevención de la enfermedad a través de medios impresos, radiales, televisivos, artículos en revistas, pantallas en aeropuertos, vallas en carreteras e internet, con el apoyo de los gremios.

11. Sensibilización acerca de la enfermedad para 284.946 vehículos en los puestos de control y centros comunitarios de lavado y desinfección que transitan con contenedores, fruta fresca y material de propagación vegetal (dato a mayo de 2021).

El principal logro ha sido, hasta la fecha, la contención de la enfermedad en La Guajira y su exclusión en los demás departamentos del país, toda vez que los cultivos de plátano y banano son de importancia socioeconómica por su aporte a las exportaciones agrícolas, y por ser una fuente de seguridad alimentaria y de empleo.

Las acciones adelantadas han garantizado el mantenimiento del estatus de la plaga como **cuarentenaria presente con distribución restringida y bajo control oficial**. El trabajo realizado por el ICA ha servido como referente para los países de ALC.





Riesgos fitosanitarios identificados en la importación de germoplasma de musáceas a Colombia

El movimiento del germoplasma en cualquiera de sus presentaciones siempre implica algún riesgo de introducir plagas o enfermedades con la planta hospedera, en especial para aquellos patógenos asintomáticos y de bajas concentraciones en la planta, por ejemplo, enfermedades sistémicas tipo virus, viroides y fitoplasmas (Thomas, 2015). Para minimizar estos riesgos, es necesario contar con medidas preventivas y procedimientos efectivos que garanticen que el material por intercambiar o mover esté libre de plagas y enfermedades. Además, considerando que en la mayoría de los casos el movimiento de materiales genético está asociado a programas de mejoramiento o producción de semilla, es importante tener esquemas de indexación eficientes que garanticen la sanidad no solo de los patógenos de importancia económica de una especie, sino también de todos aquellos patógenos potenciales del hospedero.

La erradicación de agentes patógenos de una región o de un país es extremadamente difícil. Características de la biología del patógeno, como mecanismos de sobrevivencia, dispersión y rango de hospederos, determinan las posibilidades de éxito. Por lo tanto, es fundamental evitar su entrada y fortalecer los procesos de producción, certificación y comercialización de semillas que eviten su dispersión, una vez se identifican en una región o país.

El movimiento de germoplasma de plantas para investigación, conservación y fines básicos de fitomejoramiento necesita información completa y actualizada sobre el estado fitosanitario del germoplasma por importar, su origen y tratamientos específicos utilizados para la obtención de material, así como las reglamentaciones o los requerimientos que rigen la exportación e importación del germoplasma entre los países.

Para el caso de musáceas, existen protocolos y normas aceptadas de manera general que se recogen en el documento *Technical guidelines for the safe movement of Musa germplasm de Bioversity International* (Thomas, 2015). Sin embargo, en el contexto de la importación de materiales de banano a Colombia en el marco de la presencia de *Fusarium* R4T y la necesidad de importar materiales de zonas donde están presentes diferentes patógenos foráneos al país, fue necesario analizar todas las posibles vías de entrada y los riesgos, y frente a ello tomar las decisiones para implementar el protocolo más adecuado y viable en Colombia.

En los cultivos que se propagan vegetativamente, como el caso de las musáceas, el riesgo de contaminación con patógenos es muy alto y, por esta razón, el movimiento de germoplasma de bananos o plátanos está restringido solamente al uso de cultivo de tejidos meristemáticos (material *in vitro*) proveniente de laboratorios certificados y con esquemas de indexación conocidos. Sin embargo, los métodos usados en la micropropagación *in vitro* pueden presentar escapes a patógenos sistémicos como los virus. Esto dependerá del virus y de su concentración en los tejidos de xilema y floema, así como de las



técnicas de aislamiento del meristemo (tamaño) y tratamientos previos a la planta madre antes de la extracción del meristemo (Faccioli & Marani, 1998; Lambardi et al., 2013).

En el cultivo de musáceas (banano y plátano), existen reportes de al menos **20 especies de virus**

En el cultivo de musáceas (banano y plátano) existen reportes de al menos 20 especies de virus, pero los que se consideran económicamente importantes son: cogollo racimoso del banano o *bunchy top* (*Banana bunchy top virus* [BBTV]), virus del rayado del banano (*Banana streak virus* [BSV]), virus del mosaico de las brácteas del banano (*Banana bract mosaic virus* [BBrMV]) y el virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus* [CMV]). Otros virus reconocidos, pero de menor importancia son: virus del *bunchy top* del abacá (*Abaca bunchy top virus* [ABTV]), virus del mosaico del abacá causado por una cepa del virus del mosaico de la caña de azúcar (*Sugarcane mosaic virus* [SCMV-Ab]), virus del mosaico suave del banano (*Banana mild mosaic virus* [BanMMV]) y el virus X del banano (*Banano virus* X [BVX]) (Tripathi et al., 2016; Thomas, 2015; Kumar et al., 2015).

Para la determinación de los riesgos de entrada de enfermedades virales a Colombia a través del germoplasma de musáceas, se consideraron tres escenarios: 1) la preexistencia y descripción de virus en musáceas presentes en el país; 2) la presencia de patógenos virales en los países de origen del material, y 3) los riesgos de contaminación del material *in vitro*, dependiendo del virus y de las condiciones de diagnóstico (figura 3).









Escenario 1

Riesgos de patógenos nuevos para Colombia

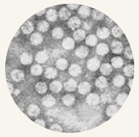
En Colombia hay reportes de:
BSV, BBrMV, CMV, SCMV, BanMMV.

Riesgos de entradas nuevas:
BBTV, ABTV, BVX.









Escenario 2

Riesgos de patógenos presentes en países de origen: Israel, Francia, Brasil, Honduras

Los países de origen no tienen BBTV, solo se correría el riesgo de variantes nuevas de BSV, dado que en Colombia no se tienen estudios de las variantes presentes.

Escenario 3

Riesgos del hospedero en condiciones de semilla *in vitro* vs. virus

No hay riesgo:
hongos, bacterias y nematodos

Riesgo de los virus: BBTV, BSV, BBrMV, CMV, ABTV, SCMV, BanMMV, BVX

Debido a la falta de combinación de técnicas *in vitro* para erradicación de los virus.



Problemas de detección en plántulas *in vitro* por la carga viral.



Necesidad de aclimatación, trasplante y crecimiento vegetativo en condiciones de cuarentena para favorecer el desarrollo de patógenos y con ello facilitar el diagnóstico.

Figura 3. Escenarios de riesgos asociados a la importación de material de musáceas en Colombia.

Fuente: Elaboración propia



Riesgo de entrada de nuevos virus de musáceas a Colombia a través de material vegetal

En Colombia, existen reportes de los virus: CMV (Castaño et al., 1995; Martínez, 2002; Betancourt Vásquez & Alarcón, 2002); BSV (Reichel et al., 1997); BBrMV (Belálcazar et al., 1998; Betancourt Vásquez & Alarcón, 2002) y BanBMMV (Reichel, 2002). No se cuenta con estudios para los demás virus reportados, específicamente en cultivos de banano o plátano; no obstante, SCMV ha sido reportado recientemente en achira (Betancourth et al., 2020) y además es un patógeno común en cultivos de caña en Colombia (Guzmán Romero & Victoria Kafure, 2001), los cuales, en muchas ocasiones, coinciden geográficamente, e incluso se siembran en asocio con musáceas en diferentes regiones de Colombia. BVX solamente se ha descrito en la isla Guadalupe; sin embargo, es un virus muy común y asintomático en colecciones de germoplasma de *Musa* (Teycheney et al., 2005). Por lo tanto, es probable que esté ampliamente distribuido en el mundo (Thomas, 2015). Para el caso de los virus ABTV y BBTV, se tienen registros que hay reacción cruzada en las pruebas diagnósticas por ELISA e incluso PCR entre ambos virus; así, al contar con seguimiento de BBTV dentro de los planes de vigilancia en enfermedades foráneas que desarrolla el ICA en Colombia, podría afirmarse que el patógeno no se ha registrado en el país.

De esta manera, el riesgo de entrada de virus nuevos a Colombia a través de material de propagación de musáceas se limitaría a los virus: BBTV, ABTV y BVX.

Riesgo de entrada de virus desde los países de origen en el material por importar

Otro de los factores para considerar en un análisis de riesgo, además de la existencia de los patógenos en el país de recepción, es el rango de patógenos en

el país de origen de los materiales para importar. En este caso, se toman como ejemplo Israel, Brasil, Francia y Honduras. BBTV no está presente en ninguno de los países de origen y los demás patógenos virales presentes en Colombia son comunes en algunas de estas regiones. En el caso de BSV, aunque se desconocen con exactitud las variantes que hay en Colombia, existe una gran variabilidad de este patógeno y, por lo tanto, hay riesgos de entrada de nuevas variantes de BSV (tabla 1).

Tabla 1. Presencia/ausencia de patógenos de musáceas en los países de origen del material de propagación para importar vs. la situación en Colombia

Patógenos del cultivo de musáceas (plátano, banano)	País/presencia				
	Israel	Brasil	Francia	Honduras	Colombia
Banana bunchy top – (BBTV)					NR
Banana streak virus – (BSV)		X		X	X
Cucumber mosaic virus – (CMV)	X	X	X	X	X
Banana bract mosaic virus – (BBrMV)					X
Abacá mosaic virus - (SCMV-Ab)					NR
Abaca bunchy top virus – (ABTV)					NR
Banana mild mosaic virus – (BanMMV*)					X
Banano virus x – (BVX)*					NR
Fusarium odoratissimum (Maryani et al., 2018) (Syn: *Fusarium* R4T)	X				X
Ralstonia solanacearum Raza 2		X		X	X

X= Presencia, vacío: no descrito o no hay información disponible*
NR = No reportado.

Fuente: Elaboración propia

Riesgo por el tipo de material para importar y las características de los virus

El análisis de riesgo también consideró el tipo de material para importar y la eficacia de los métodos de diagnóstico en relación con cada virus.

Para el caso de BBTV, se considera que el tejido óptimo para la indexación es el nervio central de las hojas más jóvenes, aunque el virus también se puede detectar en la lámina de la hoja, el pseudotallo, los meristemos latentes, el tallo del racimo,

las brácteas y la cáscara de las frutas de las plantas infectadas. El virus a veces se puede detectar en la hoja inmediatamente anterior a la hoja sintomática más joven. Para garantizar la obtención de plantas libres de BBTV, se recomienda combinar el cultivo de meristemos o puntas de brotes (<1 a 2 mm), con terapia de calor (Chauhan et al., 2019; Lassois et al. 2013; Helliot et al. 2001; Thomas et al., 1995; Ramos & Zamora, 1990). Además, las pruebas de indexación deben hacerse después del tratamiento, ojalá en un periodo de 8 a 12 meses después del trasplante o de la aclimatación en el invernadero; esto para descartar que el virus se reduzca a niveles indetectables en el material de propagación, pero que no se elimine completamente durante el cultivo de tejidos (Thomas, 2015).

Por lo tanto, considerando que las plantas deben ser importadas como material de propagación (plántulas *in vitro* en fase final, con desarrollo radicular y listas para aclimatación), es muy posible que este tipo de tejido para BBTV no permita el diagnóstico seguro del patógeno por la baja concentración del virus, lo que hace necesario el proceso de cuarentena cerrada o posentrada, que permita monitorear el crecimiento de las plantas y así garantizar condiciones óptimas para la multiplicación del virus y la eficacia de los métodos de diagnóstico.

Para el caso de ABTV, el virus está limitado a los tejidos del floema; por lo tanto, el tejido óptimo para la indexación es el nervio central de las hojas más jóvenes, lo cual requiere tener plantas como mínimo con dos a tres meses después de trasplante en condiciones de vivero. No existen estudios que indiquen los tratamientos recomendados para eliminar ABTV del germoplasma infectado, pero es probable que el cultivo de ápices meristemáticos sea efectivo, como lo es para BBTV (Ramos & Zamora, 1990; Thomas et al., 1995; Wu & Su, 1991).

Para BBrMV, los síntomas en las hojas suelen ser erráticos y los síntomas en las brácteas son evidentes solo durante floración. En tal sentido, las vainas de las hojas muertas se deben quitar para observar mosaicos y rayas en el seudotallo. El virus se puede detectar en extractos de láminas foliares, nervios centrales y brácteas de flores, lo cual indica la importancia de contar con tejido adecuado para la identificación del virus. Respecto a este virus, hay estudios que indican la necesidad de usar tratamiento térmico combinado con cultivos de tejidos para lograr la completa eliminación del virus (Ramos & Zamora 1999).

Por su parte, CMV es un virus fácilmente detectable en hojas y en diferentes tejidos de la planta, y además existen numerosas técnicas de diagnóstico. Sin embargo, su erradicación de las plantas infectadas no es tan sencilla, pues depende de 1) las características de la cepa del virus; 2) el tipo de tejido tratado, y 3) el genotipo del banano. En ocasiones, algunos genotipos acumulan grandes

cantidades de virus, lo que dificulta la obtención de tejidos libres y exige la extracción de meristemos muy pequeños casi sin ninguna diferenciación. Por esto, se recomienda que siempre el cultivo de meristemos *in vitro* esté acompañado por otras técnicas como termoterapia, quimioterapia y crioterapia (Lassois et al., 2013; Gupta 1986; Helliot et al., 2002, 2004).

En el caso de BSV, desde finales de los años noventa se han descrito numerosos brotes espontáneos de la enfermedad en líneas mejoradas de banano micropropagados, a partir de plantas madre libres de la enfermedad, lo que se ha correlacionado con la presencia de secuencias endógenas del virus del rayado del banano (eBSV), integradas al genoma de los cultivares de *Musa balbisiana*. Los estudios de este fenómeno indican que los estreses abióticos, como la micropropagación por procesos de cultivo *in vitro* (Côte et al., 2010; Dallot et al., 2001), las diferencias de temperatura o el estrés hídrico y los cruces genéticos (Lheureux et al., 2003), contribuyen a desencadenar la activación de eBSV para formar BSV episomal infeccioso. El eBSV infeccioso contiene el genoma viral funcional completo inserto en el genoma de la planta y se han descrito tres especies de BSV que surgen del genoma de *M. balbisiana*: el virus OL de *Banana streak* (BSOLV), el virus *Banana streak IM* (BSIMV) y el virus *Banana streak GF* (BSGFV) (Chabannes et al., 2013; Gayral et al., 2008; Gayral, et al., 2010, Iskra-Caruana et al., 2010).

La criopreservación seguida de cultivos de meristemo apical tiene una alta tasa de éxito en la eliminación de infecciones episomales por BSV (Helliot et al., 2002).



También se han descrito dos moléculas antirretrovirales y antihepadnavirus, por su eficacia para erradicar la forma episomal de BSV en plantas de banano (Helliot et al., 2003).

La presencia de especies infecciosas eBSV en la mayoría de los genomas B plantea un problema relevante para la distribución de germoplasma, dado que no existen métodos disponibles para desactivar estos eBSV. Por lo tanto, deben afinarse las técnicas de diagnóstico y seguimiento de las plantas introducidas, de tal forma que se garantice la limpieza del material. La principal dificultad para diagnosticar BSV está en distinguir las infecciones activas (episomales) de las secuencias virales integradas. Aunque los eBSV infecciosos solo están presentes en el genoma de *M. balbisiana*, todos los materiales de *Musa* spp. también llevan secuencias de BSV integrales parciales o "inactivas" en sus genomas; esto genera falsos positivos en las pruebas de PCR. Por lo tanto, la PCR debe modificarse y estar acompañada de procesos previos, como la detección serológica o inmunocaptura (IC-PCR), previa a la amplificación del ADN (Geering et al., 2000; Thomas, 2015). También se han descrito métodos basados en el uso de la amplificación de ADN circulares por la metodología del círculo rodante, usando la DNA polimerasa del bacteriófago Phi29 (James et al., 2011).

Todos los materiales de *Musa* spp. llevan secuencias de BSV integrales parciales o "inactivas" en sus genomas, lo cual genera falsos positivos en las pruebas de PCR.

Además de la necesidad de contar con métodos de diagnóstico eficientes, se recomienda que las plantas derivadas de cultivo de tejidos se analicen al menos tres meses después de trasplante y aclimatación, de tal forma que se obtenga un buen desarrollo de los tejidos y se pueda garantizar la detección del BSV.

Finalmente, para el caso de los virus BanMMV, BVX y SCMV-Ab, se considera que la aplicación de cultivo de tejidos acompañados de termoterapia es suficiente para garantizar la erradicación y la limpieza de materiales de musáceas; también se cuenta con pruebas estándar de diagnóstico por RT-PCR.

La revisión de los tres escenarios indica que el principal riesgo para Colombia frente a la entrada de patógenos a través de la importación de musáceas corresponde a la introducción del virus BBTV, el cual se incrementa debido a las dificultades de detección temprana de este virus en material de propagación tipo *in vitro*; esto obliga a desarrollar un proceso de cuarentena posentrada-cerrada que permita garantizar el tiempo suficiente para que, en caso de que los materiales estén contaminados, expresen los síntomas de la enfermedad o se generen títulos virales detectables de acuerdo con las técnicas de diagnóstico disponibles.



Instructivo de cuarentena cerrada de germoplasma o material de propagación *in vitro* de *Musa* spp., con tolerancia/resistencia a *Foc*-R4T (prf-spf-i-029) - ICA*

A continuación, se presenta un resumen del procedimiento diseñado por el ICA para responder a las necesidades de importación de material de musáceas con énfasis en banano, de acuerdo con los análisis planteados en los apartados anteriores.

Objetivo

Establecer el procedimiento de cuarentena para la importación de germoplasma o material de propagación *in vitro* de *Musa* spp., con características de tolerancia/resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (*Fusarium* R4T) (Syn: *Fusarium odoratissimum*), origen/procedencia: Israel, Brasil, Honduras y Francia.

Generalidades

Perfil de la cuarentena

El análisis de riesgo de plagas permite identificar los riesgos asociados y, de esta manera, determinar las medidas fitosanitarias que requieren los materiales importados de los distintos orígenes/procedencias. Sin embargo, para este caso,

* Véase: https://www.ica.gov.co/areas/proteccion-fronteriza/grupo-nacional-de-cuarentena-vegetal)

el ICA sobrevalora el riesgo y exige la condición libre de todas las posibles y principales plagas que pueden venir asociadas al germoplasma o material de propagación de *Musa* spp., de acuerdo con su presentación (*in vitro*) e independiente del origen:

- *Banana bunchy top virus* (BBTV) (familia: Nanoviridae, género: *Babuvirus*).
- *Abaca bunchy top virus* (ABTV) (familia: Nanoviridae, género: *Babuvirus*).
- *Banana streak GF virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak IM virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak MY virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak OL virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak UA virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak UI virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak UL virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak UM virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana streak VN virus* (familia: Caulimoviridae, género: *Badnavirus*).
- *Banana bract mosaic virus* (BBrMV) (Familia: Potyviridae, género: *Potyvirus*).
- *Cucumber mosaic virus* (CMV) (familia: Bromoviridae, género: *Cucumovirus*).
- *Abaca mosaic virus* (SCMV-Ab) (familia: Potyviridae, género: *Potyvirus*).
- *Banana mild mosaic virus* (BanMMV) (familia: Betaflexiviridae, subfamilia: Quinvirinae).
- *Banana virus X* (BVX) (familia: Betaflexiviridae, subfamilia: Quinvirinae).
- *Fusarium odoratissimum* (Maryani et al., 2018) (Syn: *Fusarium* R4T).
- *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith, 1896; Yabuuchi et al., 1995).

De acuerdo con las características de acumulación de los virus y para garantizar la eficacia del diagnóstico, es necesario que el material de propagación pase por las siguientes etapas:

1. Aclimatación-endurecimiento: corresponde a la siembra del material *in vitro* en bandejas para facilitar la adaptación a las condiciones de invernadero de cuarentena por un tiempo aproximado de 1,5 meses.
2. Fase de vivero: corresponde al trasplante en bolsas con sustrato estéril para permitir el desarrollo vegetativo y con ello facilitar las posibles acumulaciones y la detección de enfermedades; además, esto las prepara para el trasplante a campo. Tiempo aproximado: cinco meses aproximadamente, periodo durante el cual se espera el desarrollo de al menos diez hojas verdaderas.

Los tiempos de crecimiento requeridos hacen que el material entre al país con la modalidad de cuarentena posentrada cerrada, con fines de investigación y con seguimiento riguroso del proceso a través de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF). Esto se describe a continuación.

Material por ingresar a cuarentena

Se prioriza el material requerido por la cadena productiva, definido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social como parte de la política de interés nacional, la agenda de investigación del país y aquellos materiales que estén bajo convenios de cooperación técnica con el ICA.

Se ingresan dos tipos de material para cada caso:

- **Material de propagación:** plantas *in vitro* en medio de cultivo Murashige y Skoog, en frascos de vidrio o plástico estériles y con desarrollo radicular, correspondientes a la fase final de la micropropagación y listas para trasplante y aclimatación (es conocido como material en fase III para algunos laboratorios comerciales de micropropagación).
- **Germoplasma:** material tipo meristemático, en proceso intermedio de desarrollo (callo meristemático y hojas activas, con primordios radiculares), en medio de cultivo Murashige y Skoog, en frascos de vidrio o plástico estériles (es conocido como etapa IV para algunos laboratorios comerciales de micropropagación).

Puntos de entrada

El germoplasma o material de propagación para cuarentena únicamente puede ser ingresado a través de los puestos de inspección fitosanitaria (PIF) ubicados en puertos, aeropuertos y pasos fronterizos (PAPF) autorizados mediante la Resolución ICA 003761 del 24 de noviembre de 2014; para este caso en particular, los materiales de *Musa* spp.

Origen/procedencia

Israel, Brasil, Honduras, Francia y otros que se definan en conjunto por el ICA, AGROSAVIA y el sector privado.

Tipos de cuarentena autorizados

Recinto privado: cuarentena realizada en la infraestructura de cuarentena cerrada (estación cuarentenaria), la cual es propiedad de AGROSAVIA y está ubicada

en el Centro de Investigación Tibaitatá km 14, vía Bogotá-Mosquera (Cundinamarca). El ICA podrá evaluar y autorizar otras instalaciones privadas, en función de la necesidad del país, previa autorización del PMU.

Esta cuarentena es aplicable a la totalidad del material de propagación, excluyendo el germoplasma (tipo meristemos), que se mantiene en cuarentena en los laboratorios de cultivo de tejidos de empresas privadas con aprobación del ICA. También se habilitará el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de AGROSAVIA (Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera).

Aprobado el paso de la habilitación, se utilizará la plataforma SISPAP para emisión de los permisos de importación.

Lo anterior tiene por objeto verificar la condición fitosanitaria del germoplasma o material de propagación de *Musa* spp. mediante pruebas de laboratorio, en los estados fenológicos óptimos de las plantas.

Inscripción y habilitación de la estación cuarentenaria

Una vez inscrita en el Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal (GNCV) del ICA la estación cuarentenaria y después de que sean verificadas las condiciones físicas y operativas de dicha infraestructura, mediante oficio se habilita la estación cuarentenaria para llevar a cabo el proceso de cuarentena cerrada.



Todo el material que proviene de Israel, Brasil, Honduras, Francia y otros orígenes, con sus respectivas variedades y códigos, estará bloqueado en la plataforma del Sistema de Información Sanitaria para Importación y Exportación de Productos Agrícolas y Pecuarios (Sispap), para emisión de los respectivos permisos de importación (Documento de Requisitos Fitosanitarios para la Importación [DRFI]), mientras no se cumpla la habilitación.

Una vez aprobado el paso de la habilitación, se utiliza la plataforma Sispap para emisión de los correspondientes permisos de importación, de acuerdo con el instructivo para inscripción y habilitación de recinto de cuarentena cerrada.

Vigencia

La aprobación de la estación cuarentenaria de AGROSAVIA está vigente por tiempo indefinido y se realiza mediante un comunicado de habilitación emitido por la Subgerencia de Protección Fronteriza (SPF); además, está sujeta a supervisión por parte de los funcionarios del GNCV, o quien haga sus veces, los cuales se encargan de la cuarentena cerrada, con el fin de constatar el mantenimiento de la bioseguridad del recinto de cuarentena.

En caso de que el ICA observe que la estación cuarentenaria no cumple con las características físicas, operativas o de bioseguridad requeridas para la contención del riesgo de plagas, se deshabilita la estación cuarentenaria y el proceso adelantado por el tiempo que se realicen las correcciones del caso.

Agronomía de las plantas en cuarentena

El operador de la cuarentena debe asegurar un manejo agronómico y seguimiento fitosanitario cuidadoso de las plantas, con acompañamiento de funcionarios del GNCV y del ICA. En todo momento, la instalación tiene que contar con un ingeniero agrónomo con matrícula vigente en el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería de Colombia (Copnia), que es el responsable de la cuarentena.

Este profesional tiene, entre otras, las siguientes funciones:

- Coordinar con el GNCV el traslado de las plantas en condiciones de bioseguridad y cadena de custodia, desde el punto de entrada al país (Aeropuerto Internacional el Dorado, Bogotá) hasta la estación cuarentenaria

de AGROSAVIA y los laboratorios de la empresa privada autorizada o el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de AGROSAVIA (Centro de Investigación Tibaitatá).

- Prestar el apoyo requerido por el funcionario del GNCV encargado, para efectuar las visitas programadas a las instalaciones de la empresa y llevar a cabo el seguimiento fitosanitario a las plantas sometidas a cuarentena cerrada.
- Informar al GNCV, de manera inmediata, la detección de cualquier plaga, para coordinar y tomar las acciones o medidas fitosanitarias correspondientes.
- Diligenciar los formatos y dar cumplimiento a los procedimientos y protocolos consignados en el instructivo denominado *Confinamiento en cuarentena y verificación del estado fitosanitario del envío*.
- Realizar las labores culturales, de mantenimiento y seguimiento del desarrollo del material vegetal bajo las condiciones de la infraestructura de cuarentena.

Traslado y desempaque del germoplasma o material de propagación

La integridad del envío es responsabilidad del importador, quien debe asegurar que las plantas se transporten en condiciones de bioseguridad y en cadena de custodia hasta la estación cuarentenaria habilitada y a los laboratorios correspondientes para su instalación. Una vez el material de propagación se encuentre en la estación cuarentenaria y en los laboratorios, se desempacan las plantas en presencia de un profesional del GNCV, el cual autoriza al asistente técnico proceder con dicha actividad dentro del ambiente habilitado para este fin; asimismo, debe dejar registro de las condiciones del envío.

Después de terminar el desempaque del germoplasma o material de propagación (*in vitro*), se trasladan los embalajes en condiciones adecuadas de bioseguridad (herméticamente sellados) al área destinada para efectuar la destrucción o desnaturalización mediante autoclavado, procedimiento que supervisa el asistente técnico. Durante el desempaque, todo el germoplasma o material de propagación que resulte dañado o descartado, además de residuos, se destruye (autoclavado), y debe quedar constancia escrita de la cantidad de material descartado. En caso de requerirse, se enviarán muestras a laboratorios del ICA.



Visitas técnicas de los funcionarios del Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario

Visitas obligatorias: teniendo en cuenta las características fenológicas de la especie vegetal, las plagas identificadas objeto de seguimiento fitosanitario y la importancia de los materiales en cuestión, los profesionales del GNCV deben realizar una visita técnica-fitosanitaria a la estación cuarentenaria cada 15 o 20 días (o dos visitas técnicas de seguimiento fitosanitario en el mes). También se pueden llevar a cabo inspecciones fitosanitarias de rutina; el asistente técnico es la persona que atiende esta visita o, ante su ausencia, puede nombrar a otra persona del equipo técnico que atienda la visita del funcionario del ICA.

Actividades del profesional del Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario

Las siguientes son las actividades que lleva a cabo el profesional del GNCV:

- Seguimiento fitosanitario e inspección de las plantas que se encuentran sembradas en la estación cuarentenaria y vegetación del área circundante.

- Seguimiento de las plantas que se encuentran en cuarentena en los laboratorios de la empresa privada autorizada y en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de AGROSAVIA.
- Solicitar al asistente técnico el control de vectores patógenos lo más pronto posible, en caso de que se detecten.
- Verificar si las condiciones de bioseguridad y protocolos a partir de las cuales se aprobó la estación cuarentenaria se mantienen.
- Verificar el cumplimiento de las condiciones físicas y operativas de la estación cuarentenaria; de lo contrario, el profesional del GNCV notificará el incumplimiento a la SPF para que, en última instancia, se anule la aprobación de la estación cuarentenaria y se tomen las medidas correspondientes.
- Verificar la documentación y el cumplimiento de responsabilidades por parte del asistente técnico respecto al seguimiento fitosanitario, ingreso y establecimiento del material a cuarentena cerrada.
- Verificar la cantidad de plantas objeto de cuarentena cerrada, con el fin de llevar un adecuado control en el reporte de ingreso, instalación y durante el seguimiento.
- Diligenciar después de cada visita técnica las formas que correspondan según el caso.



- Tomar, empacar y enviar muestras al laboratorio correspondiente del ICA o a otro laboratorio reconocido y autorizado por la Dirección Técnica de Análisis y Diagnóstico Agrícola; esto, de acuerdo con el programa de muestreo establecido para verificación de la condición fitosanitaria de los materiales, o cuando se estime conveniente, se detecte o sospeche la presencia de plagas utilizando el instructivo del ICA para toma de muestras de material vegetal para pruebas de laboratorio.
- Ordenar la destrucción de las plantas que presenten problemas fitosanitarios o presencia de plagas.
- Liberar cuando corresponda las plantas sometidas a cuarentena cerrada.

Detección de signos plagas o síntomas de enfermedades en las plantas

Durante el proceso de cuarentena cerrada el funcionario del GNCV realiza el seguimiento fitosanitario de las plagas consignadas en el presente documento, con el fin de detectar la posible presencia de síntomas de enfermedades o signos de dichas plagas asociadas a las plantas ingresadas a cuarentena cerrada.

Manejo de las plantas

- Durante el transcurso de la cuarentena cerrada y ante la sospecha de plagas, el profesional del GNCV puede proceder con la toma y el envío de muestras al laboratorio correspondiente del ICA. Los reportes de resultados de análisis y diagnóstico fitosanitario se envían al GNCV.

- En caso de que durante el tiempo estimado de cuarentena cerrada se detecte alguna de las plagas consignadas en el presente documento, una plaga reglamentada o una plaga ausente de importancia socioeconómica, se destruye total o parcialmente el material. Si se detecta una plaga no cuarentenaria, se aplica un tratamiento o limpieza de las plantas; de no ser posible esta opción, se debe destruir todo el material infestado.

- Todo el material vegetal producto de la cuarentena cerrada que sea descartado por causas diferentes a las fitosanitarias se tiene que destruir, teniendo en cuenta los lineamientos de los protocolos de cuarentena cerrada del ICA.



Tipo de germoplasma o material de propagación

Origen/procedencia

Se cuenta con la ficha técnica que indique las variedades o la identificación, y una descripción del material y las evaluaciones o estudios sobre el comportamiento frente a enfermedades y adaptación en general, haciendo énfasis en los resultados promisorios para *Fusarium* R1 o *Fusarium* R4T.

Cantidad de germoplasma o material de propagación

Para cada caso, el ICA y los interesados definen el número total de plántulas *in vitro* de cada material por confinar en la estación cuarentenaria de AGROSAVIA.

El material tipo germoplasma se remite a los laboratorios privados o públicos autorizados para la multiplicación o el mantenimiento en confinamiento bioseguro, mientras se lleva a cabo el rastreo fitosanitario en cuarentena posentrada del material de propagación y se realizan las pruebas de laboratorio para los patógenos identificados o perfilados entre el ICA y AGROSAVIA.

El germoplasma (etapa IV) y el material de propagación (fase III) *in vitro* proceden de plantas madre correspondientes (únicamente) a los códigos origen/procedencia preestablecidos y aprobados. El resto de material son clones de dichas plantas madre, de las cuales el ICA debe tener toda la trazabilidad e información genética y fitosanitaria.

Los análisis diagnósticos se desarrollan en dos momentos:

1. En el ingreso, se evalúa el material de propagación para los virus BBTV y BSV, para los materiales provenientes de zonas con riesgo de presencia del virus, en este caso Israel (figura 4a).

2. Durante el periodo de cuarentena se evalúan todos los patógenos considerados en el perfil de la cuarentena (figura 4b), de acuerdo con los protocolos diseñados por el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) del ICA.

Los análisis se desarrollan solamente en los laboratorios seleccionados por la Dirección Técnica de Análisis y Diagnóstico Agrícola del ICA, y los resultados se informan por escrito a AGROSAVIA para tomar decisiones al respecto.

Muestreo de material de propagación de *Musa* spp.

El muestreo del material de propagación de *Musa* spp., origen/procedencia aprobado, sometido a cuarentena cerrada se realiza por <<lotes>> (ver definición en la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias [NIMF] n.° 5), correspondiente a los envíos ingresados al país y de acuerdo con lo consignado en las tablas de distribución hipergeométrica (muestreo para pequeños envíos-muestreo fundamentado en el riesgo; véanse las indicaciones en la página web de la North American Plant Protection Organization [NAPPO]).

La unidad de muestra son las plantas y la selección de estas se hace con un muestreo aleatorio simple, bajo la premisa de "caso a caso".

A manera de ejemplo

a) Origen/procedencia Israel: para XXX plántulas de las variedades A y B (tamaño del lote [N]), se utiliza un nivel aceptable del riesgo (r) del 0,0300 % con un 0,95 % de nivel de confianza (p), con un resultado de tamaño de muestra de XX plantas. Es decir, del universo total de plantas confinadas en la estación cuarentenaria, se toman XX muestras compuestas (de cada variedad), cada una de X plantas, para un total de XX plantas analizadas.



Es importante resaltar que la cantidad (gramos) y el tipo de tejido vegetal que se remite al laboratorio dependen de la biología y del número de patógenos consignados en el procedimiento.

b) Para xx plántulas *in vitro* de cada variedad (tamaño del lote [N]), se utiliza un nivel aceptable del riesgo (r) del 0,1000 % con un 0,95 % de nivel de confianza (p), con un resultado de tamaño de muestra de xx plantas. Es decir, del universo total de plantas confinadas en la estación cuarentenaria, se toman x muestras compuestas (de cada variedad), cada una de x plantas para un total de xx plantas analizadas por variedad.

A manera de ejemplo

Material

Origen (Israel)

En el marco de la resolución de emergencia



A **Material tipo germosplasma: fase meristemática en desarrollo.** **Objetivo:** escalamiento y mantenimiento del material

B **Copias idénticas de material de propagación:** entregadas a AGROSAVIA-ICA para el proceso de cuarentena cerrada posentrada



2% de indexación

Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) - ICA





1 mes en bandeja



6 meses en bolsa



5% de indexación entre el 5to y 6to mes

Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) - ICA

Ingreso del material

Indexación preliminar (virus de mayor riesgo)

Cuarentena pos-entrada cerrada

Indexación completa (todos los patógenos)

Figura 4a. Descripción del proceso de importación: a) materiales importados de zonas con mayor riesgo.

Fuente: Elaboración propia

A manera de ejemplo

Material de investigación

Orígenes: libres de *Foc* R4T, Brasil, Francia, Honduras



Material de propagación: enraizados en medio de cultivo MS dentro de recipientes plásticos





1 mes en bandeja



6 meses en bolsa



5% de indexación entre el 5to y 6to mes

Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) - ICA

Ingreso del material

Cuarentena pos-entrada cerrada

Indexación completa (todos los patógenos)

Figura 4b Descripción del proceso de importación: b) materiales importados de zonas con menor riesgo.

Fuente: Elaboración propia


Platano
10
1-2-1
11024
R
Platano
10
1-2-3
11024
R

Duración de la cuarentena

Se estima que la duración de la cuarentena es de cinco a ocho meses contados a partir del ingreso de los materiales a la estación cuarentenaria, en función principalmente del tipo y de la naturaleza de las plagas potencialmente detectables (biología, mecanismos de dispersión, concentración y distribución en los tejidos vegetales, sintomatología ocasionada, etcétera), y de la fenología de la especie vegetal.

Una vez cumplida y verificada la cuarentena por el ICA (ingreso, seguimiento fitosanitario y verificación de la condición fitosanitaria de los materiales mediante pruebas de laboratorio [métodos de análisis y diagnóstico]), esta se levanta, teniendo como soporte principal los reportes de resultados de laboratorio oficiales.

Nota: los organismos que requieren pruebas son: virus, viroides, fitoplasmas, hongos, oomycetes, bacterias y nematodos. Las técnicas diagnósticas deben ser en todos los casos previamente aprobadas por la Subgerencia de Análisis y Diagnóstico del ICA.


AGROSAVIA

Aplicación

El procedimiento de cuarentena para la importación de germoplasma o material de propagación *in vitro* de *Musa* spp., con características de tolerancia/resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (*Fusarium* R4T) (Syn: *Fusarium odoratissimum*), origen/procedencia: países aprobados por la ONPF, es el que realiza el ICA para facilitar de manera biosegura el movimiento transfronterizo de estos materiales.

Este procedimiento aplica para todas las personas naturales y jurídicas, para instituciones, organismos, centros de investigación, empresas privadas y autoridades civiles, militares, religiosas y cualquier otro usuario del instituto, cuya actividad sea la importación de material de propagación vegetal sometido a cuarentena. Todos los instructivos y procedimientos del ICA se encuentran armonizados con las NIMF de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF/FAO).

- Instructivo 1. Características físicas, operativas y objetivos de la estación cuarentenaria
- Instructivo 2. Inscripción y habilitación de la estación cuarentenaria.
- Instructivo GR-I-DMPV-002. Importación en el sistema de inspección y cuarentena vegetal.
- Instructivo 3. Inspección y aseguramiento en los PIF de la contención de las especies importadas.
- Instructivo 4. Confinamiento, verificación y seguimiento de la condición fitosanitaria.
- Instructivo 5. Toma de muestras de material vegetal para pruebas de laboratorio.
- Instructivo 6. Monitoreo del manejo agronómico en cuarentena cerrada.
- Instructivo 7. Esterilización de sustratos para siembras en cuarentena cerrada.
- Instructivo 8. Limpieza y desinfección de estaciones cuarentenarias.
- Instructivo 9. Disposición de residuos biológicos en cuarentena cerrada.



Liberación de la cuarentena

Después de cumplir con los instructivos consignados en el procedimiento de cuarentena cerrada para el ingreso de germoplasma o material de propagación *in vitro* de *Musa* spp., con tolerancia/resistencia a *Fusarium* R4T, el ICA aprueba el levantamiento de la medida fitosanitaria. Esta decisión se informa al interesado mediante comunicación oficial emitida por la SPF.

Las plantas solo pueden salir de la estación cuarentenaria (Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca), de los laboratorios privados autorizados y del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de AGROSAVIA una vez haya sido emitido el informe de cierre de la cuarentena y la SPF comunique oficialmente su liberación.

Las plantas liberadas pueden pasar a evaluación y selección de los materiales promisorios en condiciones controladas en campo. Esta etapa es supervisada por el ICA, Subgerencia de Protección Vegetal.

AGROSAVIA y la empresa privada, en coordinación con el ICA, acuerdan la metodología de investigación para la evaluación y selección del germoplasma promisorio en campo (áreas con presencia de la enfermedad), y se aseguran del cumplimiento de los protocolos de bioseguridad establecidos en Colombia.

Para casos detectados de movilización de material que no cuente con permisos y documentos, se notifica al interesado por el incumplimiento, y se procede en última instancia a anular la aprobación de la estación cuarentenaria y a tomar las medidas correspondientes.

Referencias

Agronet. (s. f.). *Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo*. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1

Agronet. (2019). *Red de información y comunicación del sector agropecuario colombiano.* https://www.agronet.gov.co/Paginas/inicio.aspx

Aguayo, J., Cerf, I., Folscher, A. B., Fourrier-Jeandel, C., Ioos, R., Matthews, M. C., Mostert, D., Renault, C., Wilson, V., & Viljoen, A. (2020). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 (TR4) causing banana wilt in the Island of Mayotte. *Plant Disease.* 10.1094/PDIS-06-20-1196-PDN.

Alarcón, J., & Jiménez, Y. (2012). *Manejo de las principales y enfermedades del cultivo de plátano (Musa spp.).* Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Altendorf, S. (2019a). Bananas and major tropical fruits in Latin America and the Caribbean: The significance of the region to world supply. En Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Ed.), *Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets* (pp. 73-76). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Altendorf, S. (2019b). La marchitez del banano por *Fusarium* Raza 4 Tropical: ¿una creciente amenaza al mercado mundial del banano? La reciente difusión y el posible impacto futuro de esta calamidad en el comercio mundial del banano. En Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Ed.), *Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets* (pp. 13-21). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Álvarez, E., Pantoja A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2015). *Current Status of Moko Disease and the Caribbean, and Options for managing Them.* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Asociación de Bananeros de Colombia (Augura). (2020). *Coyuntura Bananera 202*0. https://augura.com.co/wp-content/uploads/2021/06/Coyuntura-Bananera-2020.pdf

Baquero-Melo, J. (2017). Vulnerabilidad socioecológica y socioeconómica en cadenas de valor agrícola. El caso de la producción del plátano en Colombia. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales, 2*(3), 96-128.

Becerra, J. P., Garnet, J. P., Zuleta, C., & Betancourt, M. (2011, 17-19 de agosto). *Análisis epidemiológico y caracterización genética del virus del mosaico del pepino y el virus del rayado del banano en plátano* [Ponencia]. XXX Congreso Colombiano y XVI Latinoamericano de Fitopatología, Bogotá, Colombia

Belalcázar, S., Reichel, H., Pérez, R., Múnera, G., & Arévalo, E. (1998, 4-6 de mayo). Enfermedades virales afectando cultivos de plátano y banano (Musa sp.) en Colombia. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) (Ed.), *Memorias Seminario Internacional sobre Producción de Plátano, Armenia, Colombia* (pp. 160-167). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Betancourt Vásquez, M., & Alarcón, J. (2002). Reconocimiento de enfermedades virales en los municipios de Chinchiná y Palestina. *Boletín de Investigaciones de Unisarc, 1*(1), 2-5.

Betancourth, C., Salomón, C., Montaño, S., Salazar, C., Uribe, P., Martínez, A., Muñoz, L., Cuervo, M. (2020). First report of Sugarcane mosaic virus in achira (Canna edulis Ker.) in Nariño, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidades & Divulgación Científica, 23*(1), e1461. http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1461.

Buddenhagen, I. (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.

Cañas, G. P., Villegas, B., & Arango, R. (2011, 17-19 de agosto). *Estandarización de un método de diagnóstico de los virus que afectan musáceas en el Eje Cafetero colombiano* [Ponencia]. XXX Congreso Colombiano y XVI Latinoamericano de Fitopatología. Bogotá, Colombia.

Castaño, M., Gálvez, G., Arroyave, J., Velasco, A. C., & Morales, F. (1995). Aislamiento de una cepa colombiana del virus del mosaico del banano. *Ascolfi, 18*(2), 130-134.

Chabannes, M., Baurens, F.-C., Duroy, P.-O., Bocs, S., Vernerey, M.-S., Rodier-Goud, M., Barbe, V., Gayral, P., & Iskra-Caruana, M.-L. (2013). Three infectious viral species lying in wait in the banana genome. *Journal of Virology, 87*(15), 8624-8637.

Chauhan, P., Singla, K., Rajbhar, M., Das, N., Kumar, K., (2019). A systematic review of conventional and advanced approaches for the control of plant viruses. *Journal of Applied Biology & Biotechnology, 7*(4), 89-98. 10.7324/JABB.2019.70414.

Côte, F. X., Galzi, S., Folliot, M., Lamagnere, Y., Teycheney, P. Y., & Iskra-Caruana, M. L. (2010). Micropropagation by tissue culture triggers differential expression of infectious endogenous Banana streak virus sequences (eBSV) present in the B genome of natural and synthetic interspecific banana plantains. *Molecular Plant Pathology, 11*(1), 137-144.

Dallot, S., Acuña, P., Rivera, C., Ramírez, P., Côte, F. X., Lockhart, B. E. L., & Caruana, M. L. (2001). Evidence that the proliferation stage of micropropagation procedure is determinant in the expression of Banana streak virus integrated into the genome of the FHIA 21 hybrid (Musa AAAB). *Archives of Virology, 146*, 2179-2190.

Datos Abiertos. (2015). *Evaluaciones agropecuarias municipales EVA*. https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2p-nw-mmge

Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E. S. G., & Staver, C. P. (2018). *Fusarium* Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management. *Frontiers in Plant Science*, 9, artículo 1468, 1-15. 10.3389/fpls.2018.01468

Dita, M., Garming, H., Van Den Bergh, I., Staver, C., & Lescot, T. (2013). Banana in Latin American and the Caribbean: Current state challenges and perspectives. *Acta Horticulturae, 986*(986), 365-380. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.986.39.

Faccioli, G., & Marani, F. (1998). Virus elimination by meristem tip culture and tip micrografting. En A. Hadidi, R. F. Khetarpal, & H. Koganezawa (Eds.), *Plant virus diseases control* (pp. 346-380). APS Press.

Gayral, P., Blondin, L., Guidolin, O., Carreel, F., Hippolyte, I., Perrier, X., & Iskra-Caruana, M.-L. (2010). Evolution of endogenous sequences of Banana streak virus: What can we learn from banana (Musa sp.) evolution? *Journal of Virology, 84*(14), 7346-7359.

Gayral, P., Noa-Carrazana, J.-C., Lescot, M., Lheureux, F., Lockhart, B. E. L., Matsumoto, T., Piffanelli, P., & Iskra-Caruana, M.-L. (2008). A single banana streak virus integration event in the banana genome as the origin of infectious endogenous pararetrovirus. *Journal of Virology, 82*(13), 6697-6710.

Geering, A. D. W., McMichael, L. A., Dietzgen, R. G., & Thomas, J. E. (2000). Genetic diversity among Banana streak virus isolates from Australia. *Phytopathology, 90*(8), 921-927.

Gupta, P. P. (1986). Eradication of mosaic disease and rapid clonal multiplication of bananas and plantains through meristem tip culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 6*, 33-39.

Guzmán Romero, M. L. & Victoria Kafure, J. I. (2001), Evaluación de cinco enfermedades de la caña de azúcar mediante las técnicas Dot-Blot y Tissue-Blot a partir de la misma nuestra de tejido. *Fitopatología Colombiana, 25*(2), 103-110.

Helliot, B., Panis, B., Locicero, A., Reyniers, K., Muylle, H., Vandewalle, M., Michel, C., Swennen, R., & Lepoivre, P. (2001). Development of in vitro techniques for elimination of virus diseases from Musa. *Acta Horticulturae, 560*(560), 535-538.

Helliot, B., Panis, B., Poumay, Y., Swennen, R., Lepoivre, P., & Frison, E. (2002). Cryopreservation for the elimination of cucumber mosaic and banana streak viruses from banana (Musa spp.). *Plant Cell Reports, 20*, 1117-1122.

Helliot, B., Panis, B., Frison, E., De Clercq, E., Swennen, R., Lepoivre, P., & Neyts, J. (2003). The acyclic nucleoside phosphonate analogues, adefovir, tenofovir and PMEDAP, efficiently eliminate banana streak virus from banana (Musa spp.). *Antiviral Research, 59*, 121-126.

Helliot, B., Panis, B., Hernández, R., Swennen, R., Lepoivre, P., & Frison, E. (2004). Development of in vitro techniques for the elimination of cucumber mosaic virus from banana (Musa spp.). En J. S. Mohan, & R. Swennen (Eds.), *Banana Improvement: Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations* (pp. 183-191). Science Publishers Inc.

Hwang, S. C. (2002). *'Formosana': a new 'Cavendish' variety with super high yield and Fusarium wilt resistance selected by somaclonal variation.* https://www.musalit.org/seeMore.php?id=7443

Hwang, S.-C., & Ko, W.-H. (2004). Cavendish banana cultivars resistant to *Fusarium* wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. *Plant Disease, 88*(6), 580-588. 10.1094/PDIS.2004.88.6.580

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2019). Resolución 11912 de 2019. "Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Marchitez de más musáceas por *Foc* R4T". https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales.

Iskra-Caruana, M.-L., Baurens, F.-C., Gayral, P., & Chabannes, M. (2010). A four-partner plant-virus interaction: enemies can also come from within. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, *23*(11), 1394-1402.

James, A. P., Geijskes, R. J., Dale, J. L., & Harding, R. M. (2011). Development of a novel rolling-circle amplification technique to detect Banana streak virus that also discriminates between integrated and episomal virus sequences. *Plant Disease*, *95,* 57-62.

Kumar, P. L, Selvarajan, R., Iskra-Caruana, M. L., Chabannes, M., & Hanna, R. (2015). Biology, etiology, and control of virus diseases of banana and plantain. *Advances in Virus Research*, 91, 229-269. 10.1016/bs.aivir.2014.10.006.

Lambardi, M., Ozodogru, E. A., & Jain, S. M. (Eds.). (2013). *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants.* Springer.

Lassois, L., Lepoivre, P., Swennen, R., Van den Houwe, I., & Panis, B. (2013). Thermotherapy, chemotherapy, and meristem culture in banana. *Methods in Molecular Biology, 11013*, 419-433. http://www. ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23179717.

Lheureux, F., Carreel, F., Jenny, C., Lockhart, B. E. L., & Iskra-Caruana, M. L. (2003). Identification of genetic markers linked to banana streak disease expression in inter-specific Musa hybrids. *Theoretical and Applied Genetics, 106,* 594-598.

López-Cardona, N., Villegas-Estrada, B., & Arango-Isaza, R. E. (2014). Evaluación de incidencia y pérdidas ocasionadas por virus que afectan cultivos de plátano y banano (*Musa* spp.) en la zona central cafetera. *Revista Agronomía, 22*(1), 22-35.

Maryani, N., Lombard, L., Poerba, Y., Subandiyah, S., Crous, P., & Kema, G. (2018). Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. *Studies in Mycology, 92*, 155-194. 10.1016/j. simyco.2018.06.003.

Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S. V., Machado, M. A, Toth, I., Salmond, G., & Foster, G. D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology, 13*(6), 614-629.

Martínez, G. (2002). Virus emergentes en plátano y banano: un nuevo limitante para la producción en la zona cafetera colombiana. En *Memorias XV Reunión Internacional Acorbat* (pp. 260-265). Asociación de Bananeros de Colombia (Augura).

Niks, R. E., Ellis, P. R., & Parlevliet, J. E. (1993). Resistance to parasites. En M. D. Hayward, N.O. Bosemark, e I. Romagosa (Eds.). *Plant breeding: principles and prospects* (pp. 422-447). Chapman & Hall.

Ospina Hoyos, A., & Calvo Sánchez, M. T. (2018). *Coyuntura bananera 2018*. Asociación de Bananeros de Colombia (Augura).

Pérez-Vicente, L. (2015). Las mejores prácticas para la prevención de la raza 4 tropical de la Marchitez por *Fusarium* y otras enfermedades exóticas en fincas bananeras. *Fitosanidad, 19*(3), 243-250.

Ploetz, R. C. (1992). *Fusarium* wilt of banana (Panama disease). En A. N. Mukhopadhyay, H. S. Chaube, J. Kumar, & U. S. Singh (Eds.), *Plant Diseases of International Importance: Diseases of Fruit Crops* (pp. 270-282). Prentice Hall.

Ploetz, R. C. (1994). Panama disease: Return of the first banana menace. *International Journal of Pest Management, 40*(4), 326-336.

Ploetz, R. C. (2005). Panama disease: an old nemesis rears its ugly head: Part 1, the beginnings of the banana export trades. Online. *Plant Health Progress, 6*(1). 10.1094/PHP-2005-1221-01-RV.

Ploetz, R. C (2006). Panama disease: An old nemesis rears its ugly head. Part 2. The Cavendish era and beyond. *Plant Health Progress, 7*(1).

Ramos, C. S., & Zamora, A. B. (1990). Elimination of banana bunchy top infection from banana (Musa sp. cv. Lakatan) by heat pretreatment and meristem culture. *Philippine Journal of Crop Science, 15*(2), 119-123.

Reichel, H. (2002). *Partial characterization of Banana mild mosaic virus (BanMMV) isolates infecting Musa spp. from Colombia, the Philippines and Africa.* [Tesis de grado]. Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux.

Reichel, H., Belalcázar Carvajal, S. L., Múnera Uribe, G. E., Pérez, R., & Arévalo Peñaranda, E. (1997). Confirmada la presencia de la enfermedad del rayado del banano en cultivos de plátano (Musa AAB Simmonds), caña de azúcar (Saccharum officinarum) y achira (Canna edulis) en Colombia. *INFOMUSA, 6*(1), 9-12.

Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). (2019). *Moko del plátano (Ralstonia solanacearum raza 2)*. Dirección General de Sanidad Vegetal. https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Moko%20del%20platano.pdf

Stover, R. H. (1962). *Fusarial wilt (Panama Disease) of bananas and other Musa Species.* Commonwealth Mycological Institute (CMI).

Teycheney, P.-Y., Marais, A., Svanella-Dumas, L., Dulucq, M.-J., & Candresse, T. (2005). Molecular characterization of banana virus X (BVX), a novel member of the Flexiviridae family. *Archives of Virology, 150*(9), 1715-1727.

Thomas, J. E. (Ed.). (2015). *MusaNet Technical Guidelines for the Safe Movement of Musa Germplasm* (3.a ed.). Bioversity International Rome.

Thomas, J. E., Smith. M. K., Kessling, A. F., & Hamill, S. D. (1995). Inconsistent transmission of banana bunchy top virus in micropropagated bananas and its implication for germplasm screening. *Australian Journal of Agricultural Research, 46*(3), 663-671.

Trademap. (2018). *Exportadores de banana.* https://www.trademap.org/Index.aspx

Tripathi, S., Patil, B. L., & Verma, R. (2016). Viral diseases of banana and their management. En R. K. Gaur, N. M. Petrov, & M. I. Stoyanova (Eds.), *Plant Viruses: Evolution and Management* (pp. 289-308). Springer.

Wu, R. Y., & Su, H. J. (1991). Regeneration of healthy banana plantlets from banana bunchy top virus-infected tissues cultured at high temperature. *Plant Pathology, 40*(1), 4-7.

Yabuuchi, E., Kosato, Y., Yano, I., Hotta, H. & Nishiuchi, Y. (1995). Transfer of two Burkholderia and an Alcaligenes species to Ralstonia gen. nov.: Proposal of Ralstonia pickettii (Ralston, Palleroni & Doudoroff. 1973) comb. Nov., Ralstonia solanacearum (Smith, 1986) comb. Nov. and Ralstonia eutropha (Davis, 1969) comb. Nov. *Microbiology and Inmunology, 3*9(11), 897-904.

Glosario de términos

Asbama: Asociación de Bananeros de Magdalena y La Guajira.

Augura: Asociación de Bananeros de Colombia.

Cuarentena cerrada (posentrada): sistema de confinamiento bajo control oficial, por un tiempo determinado, que se aplica a plantas y artículos reglamentados cuando se van a importar. Está justificado a través de un análisis de los componentes de la Evaluación de Riesgos de Plagas (ERP) o determinados mediante conceptos técnicos fitosanitarios. Se considera que este procedimiento es la medida fitosanitaria más efectiva para la gestión del riesgo frente a la posible introducción de plagas de alto impacto social y económico, identificadas como plagas reglamentadas o ausentes. Estas requieren verificación fitosanitaria del material de propagación en cuarentena posentrada, y mediante pruebas de laboratorio se corrobora que dichas plantas o artículos reglamentados se encuentran libres de plagas.

Germoplasma: se emplea para denominar a los "meristemos" o al tejido vegetal inicial del cual se obtienen plántulas *in vitro* en etapas de desarrollo más avanzado. Asimismo, el concepto se utiliza en el contexto de la NIMF 5 (germoplasma: plantas destinadas al uso en programas de mejoramiento o conservación.

GNCV: Grupo Nacional de Cuarentena Vegetal.

Material de propagación: hace alusión a las plántulas *in vitro* enraizadas listas para pasar a una fase de aclimatación o endurecimiento.

PAPF: puertos, aeropuertos y pasos fronterizos.

Plantas: plantas vivas y partes de ellas, incluidas las semillas y el germoplasma (FAO, 1990; revisado CIPF, 1997; aclaración, 2005 [NIMF 5]).

Puesto de mando unificado: es una figura flexible, en la cual, según cada tipo de situación, se privilegia a las personas y entidades de mayor capacidad y experticia para que realicen sus funciones al mando de las operaciones de atención. En el caso de *Fusarium*, el Gobierno unió a las entidades relacionadas para hacer frente a la problemática a nivel nacional.

Resistencia: este concepto se utiliza en el contexto académico y científico de la fitopatología y las interacciones moleculares planta-patógeno. La resistencia es la capacidad de la planta para reducir el crecimiento y desarrollo del patógeno —o parásito— después de haber contacto entre el hospedante y el patógeno o después de que este haya iniciado su desarrollo o se haya establecido (Niks et al., 1993).

Resolución ICA 11912 del 9 de agosto de 2019: "Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como marchitez de las musáceas por *Foc* R4T".

Resolución ICA 17334 del 29 de octubre de 2019: "Por medio de la cual se establece el plan de bioseguridad y vigilancia fitosanitaria para la marchitez por *Fusarium* en predios de producción de plátano y banano registrados ante el ICA para la exportación en fresco".

Resolución ICA 2398 de 31 de mayo de 2011: "Por medio de la cual se prohíbe el ingreso al país de cualquier material de plátano, banano y musáceas ornamentales provenientes de los países que tengan reporte de la presencia del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (*Foc*-RT4)".

Resolución ICA 3593 de 9 de octubre de 2015: "Por medio de la cual se crea el mecanismo para establecer, mantener, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas de Colombia".

Resolución ICA 68180 de 21 de mayo de 2020: "Por medio de la cual se establecen medidas fitosanitarias complementarias para contener la dispersión del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical – *Foc* R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema, & Crous, 2019) desde zonas afectadas hacia otras zonas productoras de banano y plátano del territorio nacional".

Resolución ICA 72820 de 6 de agosto de 2020: "Por medio de la cual se prorroga una emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Marchitez de las Musáceas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical - *Foc* R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema & Crous, 2019)".

Sispap: Sistema de Información Sanitaria para Importación y Exportación de Productos Agrícolas y Pecuarios.

Tolerancia: este concepto se utiliza en el contexto académico y científico de la fitopatología y las interacciones moleculares planta-patógeno. El término es utilizado para definir la capacidad que tiene una especie o variedad para desarrollarse bien y producir más que otra expuesta a la misma intensidad de la enfermedad.

Virus del bunchy top del abacá: *Abaca bunchy top virus* (ABTV).

Virus del cogollo racimoso del banano: *Banana bunchy top virus* (BBTV).

Virus del mosaico de las brácteas del banano: *Banana bract mosaic virus* (BBrMV).

Virus del mosaico del abacá: causada por una cepa del virus del mosaico de la caña de azúcar, *Sugarcane mosaic virus* (SCMV-Ab).

Virus del mosaico del pepino: *Cucumber mosaic virus* (CMV).

Virus del mosaico suave del banano: *Banana mild mosaic virus* (BanMMV).

Virus del rayado del banano: *Banana streak virus* (BSV).

Virus X del banano: *Banano virus X* (BVX).

Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano. En el marco de la emergencia por Foc R4T en Colombia.

Es el resultado del trabajo articulado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA y el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, para dar respuesta al sector bananero frente a la necesidad de importar materiales promisorios por su resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc* R4T) a Colombia, como uno de los pasos estratégicos para preparar al sector a corto y largo plazo y ganar tiempo frente a la presencia de la enfermedad en el país.

Nos complace presentar esta *Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano*, en atención a la situación actual que enfrenta Colombia dada la condición de tener el primer registro en el hemisferio occidental de *Fusarium* R4T; con el ingreso de nuevos materiales se podrá avanzar en el proceso de investigación y adaptación de nuevas variedades para ofrecer alternativas, en un futuro próximo al sector. Así mismo, estamos dando cumplimiento a las directrices del Puesto de Mando Unificado (PMU), el cual, fue constituido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para apoyar la atención de la situación de emergencia por el registro del Fusarium R4T en el Departamento de la Guajira, Colombia.

AGROSAVIA
EDITORIAL

El campo es de todos
Minagricultura

ICA
Instituto Colombiano Agropecuario