



Panorama Internacional de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Fusariosis de las musáceas)



ESTE PROGRAMA ES PÚBLICO, AJENO A CUALQUIER PARTIDO POLÍTICO. QUEDA PROHIBIDO EL USO PARA FINES DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA



GOBIERNO DE
MÉXICO

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA



| Evento | Tipo de Análisis | Nivel de riesgo |
|-------------------------|--|-----------------|
| Alerta Sanitaria | Panorama Internacional de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cupense</i> Raza 4 Tropical | |

| | | | | |
|-------|-----------------|---|---|---------|
| Alto | 3 | 6 | 9 | Impacto |
| Medio | 2 | 4 | 6 | |
| Bajo | 1 | 2 | 3 | |
| | Bajo Medio Alto | | | |
| | Probabilidad | | | |

Plaga/Hospedantes

Fusarium oxysporum f. sp. *cupense* Raza 4 Tropical (*Foc* R4T) es un patógeno considerado como una amenaza para la producción de banano y plátano a nivel mundial, ya que más del 80% de dicha producción es susceptible a esta plaga (FAO, 2009). Este hongo fitopatógeno fue y es responsable de los brotes que devastaron los cultivares Cavendish en el Sureste Asiático (ProMusa, 2014).

Los principales hospedantes de importancia económica para *Foc* R4T son los Géneros *Musa* y *Heliconia*; el patógeno también ataca algunas malezas silvestres tales como: *Commelina diffusa*, *Chloris inflata*, *Tridax procumbens*, *Euphorbia heterophylla*, además de *Ensete ventricosum* y *Panicum purpurascens* (Manzo, 2013; OIRSA, 2008). En México el principal hospedante en caso de introducirse al país sería el plátano.

Foc R4T se dispersa a través de material vegetal propagativo, suelo infectado movilizado por trabajadores adherido al calzado, herramientas, vehículos, agua de riego, o inundaciones así como factores edáficos, tales como un mal drenaje o condiciones físico-químicas desfavorables que juegan un papel importante en la predisposición de la plaga (Brake et al., 1995).

Las vías como partículas de suelo, agua y partes de la planta infectada o material de plantación, contribuyen significativamente a la dispersión de la plaga (Dita et al., 2018).

La infección de una planta comienza con hifas fúngicas que ingresan a las raíces, la posterior colonización en plantas susceptibles eventualmente causa la oclusión de los vasos conductores (xilema), lo que también se debe a la formación de geles y tiloides por parte de la planta para restringir la expansión del hongo y el colapso celular (Ghang et al. 2015, Pegg et al. 2019). Lo anterior, da como resultado una coloración marrón rojiza de los rizomas y los vasos vasculares presentes en el pseudotallo (Pegg et al. 2019). En la parte externa, las plantas exhiben marchitez progresiva con hojas cloróticas de color amarillo brillante que eventualmente colapsan alrededor del pseudotallo junto con un ocasional agrietamiento del mismo. Las plantas infectadas a menudo mueren antes de producir racimos, por lo tanto, la plaga reduce significativamente los rendimientos (Dita et al. 2010).

El primer reporte de *Foc R4T* fue detectado por primera vez en Taiwán en 1989 y se ha ido dispersando por los continentes de África, Asia, Europa, Oceanía y en 2019 en América (CABI, 2021; EPPO, 2021). En la Figura 1 se observa la cronología de la plaga. Cabe señalar que el patógeno se encuentra predominantemente en el Sur de Asia y Sudoriental.

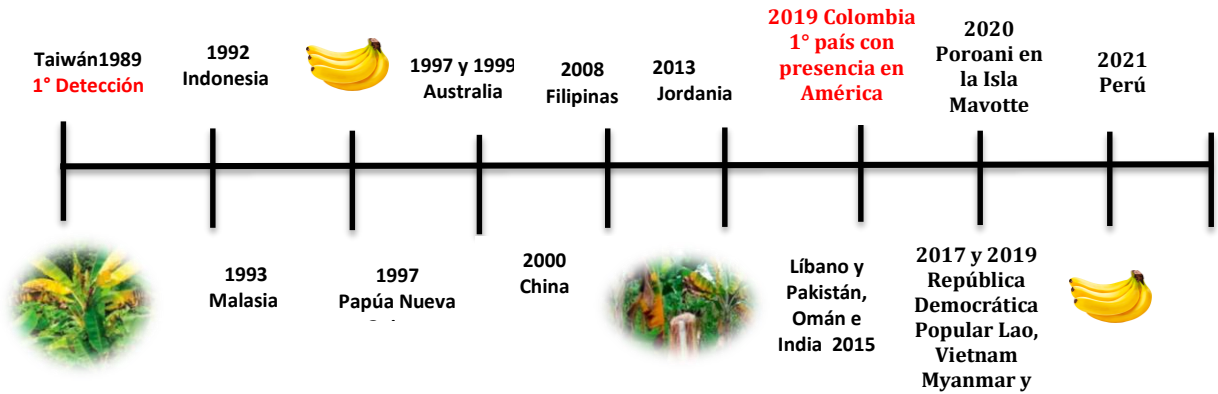


Figura 1. Cronología de detecciones de *Foc R4T* (CABI, 2021; EPPO, 2021; MIDAGRI-SENASA, 2021).

Foc R4T representa riesgo alto a la oferta mundial, ya que puede afectar una amplia variedad de cultivares de bananos y de plátanos que las cepas anteriores como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies de plantas afectadas por las diferentes razas conocidas de *F. oxysporum* f. sp. *cupense*.

| Especies | Cultivar | Genotipo | Raza 1 | Raza 2 | Raza 3 | Raza 4 |
|--|-------------|----------|--------------------|--------|-------------------|--------|
| <i>Musa acuminata</i> | Gros Michel | AAA | +++ | - | -/+a | +++ |
| | Cavendish | AAA | - | - | NT | +++ |
| <i>M. balbisiana</i> | | BB | - | - | -/++ ^a | +++ |
| <i>M. acuminata</i> <i>X. M. balbisiana</i> | Silk | AAB | +++ | - | NT | +++ |
| <i>M. acuminata</i> <i>X. M. balbisiana</i> | Bluggoe | ABB | - | +++ | - | +++ |
| <i>Heliconia</i> sp. | | | -/+++ ^b | - | +++ | NT |

(Rodríguez y Rodríguez, 2002)

+++ = Alta patogenicidad; ++ Moderada patogenicidad; += Baja patogenicidad; -= no Patógena; NT= No testada
^a No patógena o patógena, dependiendo de la especie testada

Distribución mundial de *F. oxysporum* f. sp. *cupense* Raza 4 Tropical

Actualmente, *Foc R4T* se encuentra presente en el continente de **África**: Mozambique, Poroani en la Isla Mayotte; **América**: Colombia, Perú **Asia**: China (Fujian, Guangdong, Guangxi, Hainan Yunnan), India (Bihar, Gujarat, Madhya Pradesh, Uttar Pradesh), Indonesia (Irian Jaya, Java, Isla de Borneo, isla de Célebes y Sumatra), Israel, Jordania, Laos, Líbano, Malasia, Myanmar, Omán, Pakistán, Filipinas, Taiwán, Tailandia, Vietnam; **Europa**: Turquía; **Oceanía**: Papúa Nueva Guinea y Australia (Queensland, Territorio del Norte)(EPPO,2021; CABI,2021) (Figura 2).

Situación internacional:

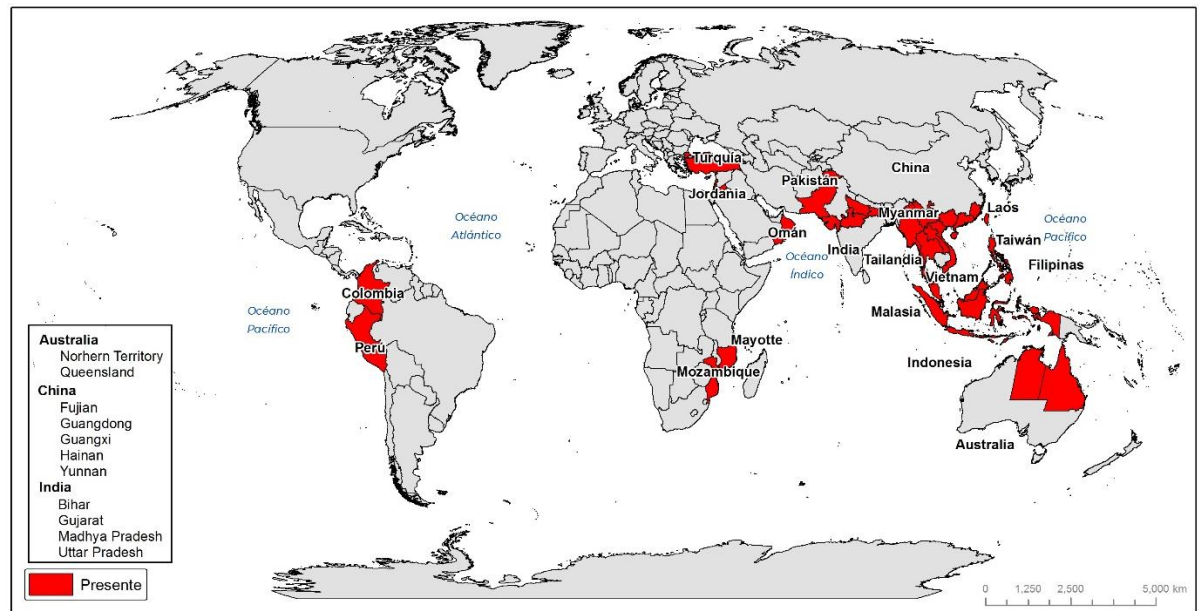


Figura 2. Distribución mundial de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (CABI, 2020; EPPO, 2020).

Situación actual de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en Colombia

Antecedentes

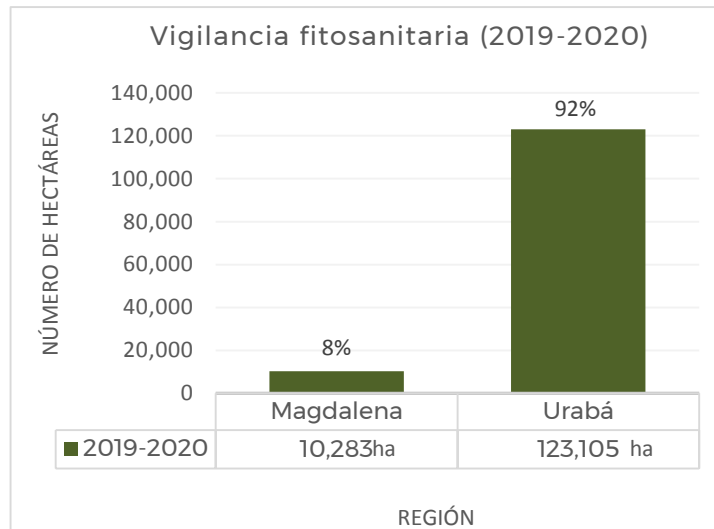
El 9 de agosto de 2019, se confirmó la presencia de *Foc* R4T en cultivos de banano Cavendish en el departamento de la Guajira en Colombia, razón por lo que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), expidió la Resolución 11912 “Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de *Foc* R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema & Crous, 2019).

Posteriormente el 6 de agosto de 2020 mediante la Resolución 072820 se prorroga la emergencia en el territorio nacional por la presencia de la plaga conocida como marchitez de las Musáceas por *Foc* R4T.

Por lo anterior, *Foc* R4T continua siendo una plaga cuarentenaria presente con distribución restringida y bajo control oficial en Colombia, encontrándose presente en 10 fincas de producción de banano Cavendish en la Guajira, en aproximadamente 2,213 hectáreas las cuales se encuentran bajo cuarentena.

Por otro lado, derivado de las acciones de vigilancia implementadas, se ha dado soporte de la ausencia del patógeno en la región de Urabá, por lo que el 8 de abril del presente el ICA mediante la **Resolución 095026** declaró la región como área libre de *Foc* R4T, esto debido a que cumple con los parámetros de la NIMF No. 4 “Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas”.

Cabe señalar que en dicho país, durante 2019 y 2020 mediante el Convenio ICA - AUGURA se han llevado a cabo acciones de vigilancia en la región de la Magdalena y Urabá, en 10,283 y 123,105 hectáreas, respectivamente (Gráfica 1).



Gráfica 1. Vigilancia fitosanitaria en la Región de la Magdalena y Urabá durante (2019-2020)(Convenio ICA- AUGURA, 2020).

Características de la zona de la Guajira con presencia de la plaga en Colombia

Cabe mencionar que, las 2,213 hectáreas bajo cuarentena **se encuentran principalmente en la zona de producción orgánica**. De acuerdo con Vilorio (2008), en Colombia, el banano orgánico se produce exclusivamente en una estrecha franja de litoral en los límites de los departamentos del **Magdalena y La Guajira**, entre las costas del mar Caribe y las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, ahí, los productores encontraron **una zona ubicada en una frontera desértica y marítima**, ya que la espora avanza en forma más lenta que en otras zonas al no **tener problemas** de vendavales, aunque sí **de inundaciones en algunas fincas**.

○ Tipo de suelo en la zona afectada

Los suelos en el departamento de la Guajira están delimitados en base a las formas de relieve:

- Formaciones litorales: Se caracterizan por ser suelos de origen marino, sedimentarios, mal drenados y con cubierta vegetal delgada. El aprovechamiento para fines agropecuarios es nulo. Se originan diversos tipos de relieve: costas, llanuras fluvio-marinas y terrazas.
- Formaciones aluviales y lucastrales: Presentan suelos con buen espesor, ricos en nutrientes, bien drenados y de texturas gruesas a medias. Los suelos de los valles de los ríos Cesar y Ranchería, principalmente, permiten un aprovechamiento continuo en pastos mejorados y cultivos como maíz, yuca y frutales.
- Formaciones de planicie eólica: Son depósitos de arenas eólicas que se localizan en la zona Media y alta de la Guajira. Las texturas de estos suelos son



gruesa, generalmente presentan problemas de salinidad lo cual determina una vegetación muy pobre. En la parte sur del departamento, al tener mayor altura, presenta menos sales por lo que los suelos son más propicios para el cultivo de pastos, maíz, sorgo, plátano, algodón y arroz.

- Formaciones de colinas. Son suelos desarrollados a partir de materiales ígneos y metamórficos, se caracterizan por ser suelos poco evolucionados y de textura gruesa. La vegetación predominante es espinosa rala.
 - Suelos de cordillera: existe gran variedad de estos suelos, el uso predominante es el de pastos naturales y cultivados (cultivos de café y plátano).
- (PGAR, 2009)

○ **Condiciones de precipitación en la zona afectada**

La Guajira presenta una precipitación anual de 548 mm, de los cuales, el 64 % se registra entre los meses de septiembre a noviembre. Sin embargo, las precipitaciones en este departamento difieren entre zonas; en la Alta Guajira la precipitación anual es menor a 200 mm al año, y en la media, menor a 400 mm; por esta razón, en ambos casos, el clima es árido, en casi toda su extensión presentándose un período seco extenso de más de cinco meses (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2012). Sin embargo, por ser una zona árida, se debe utilizar agua de riego durante todo el año, las fuentes superficiales permanentes de agua casi en su totalidad son de corto desplazamiento en la zona plana. En la actualidad se aprovecha para riego el recurso hídrico que ofrecen los ríos Tapias y Jerez (MADR, 2006).

○ **Medidas de contención de Foc R4T en fincas afectadas en la Guajira - Colombia**

A partir de la detección de Foc R4T, se iniciaron todas las medidas de Bioseguridad recomendadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entre las que destacan, establecimiento de áreas de bioseguridad para entrar y salir limpio de la finca (área de cambio de botas y pediluvios en la entrada y salida de la finca), área de lavado y desinfección de vehículos con pediluvios, área de lavado de los vehículos en las empacadoras con una única entrada y salida, lavado de los contenedores en los patios, establecimiento de cercas en las fincas con el objetivo que no ingresen animales pequeños, manejo del agua de drenaje en todas las fincas, establecimiento de unidades mínimas productivas con pediluvios (áreas entre 25 y 33 hectáreas por bloque con una sola entrada y salida); y desarrollo de modelos de pediluvios y rodiluvios para la desinfección eficiente de personas y vehículos, con lo que se ha evitado que el fitopatógeno se disperse a otras áreas de producción.

Situación actual de Foc R4T en Perú

- Antecedentes

El 08 de abril del 2021, el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria del Perú (SENASA Perú) del Ministerio de Desarrollo Agrario, informó sobre la sospecha de la detección de Foc R4T en un campo de 0.5 hectáreas en la Ciudad Sullana, departamento de Piura, Perú, situación que activó el plan de acción de prevención en dicha zona.



Para confirmar la presencia de la plaga el SENASA envió muestras sospechosas a Foc R4T a la unidad de Centros de Diagnóstico de Sanidad Vegetal, laboratorio de referencia del SENASA, con el objetivo de descartar la presencia de la plaga en dicha zona.

Por lo anterior el 10 de abril de 2021, la Dirección de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad Agraria comunicó la presencia de Foc R4T en **el sector Chocan, distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, departamento de Piura**; situación que determinó la necesidad de ejecutar medidas fitosanitarias, con el objeto de evitar la dispersión hacia otras áreas.

El 12 de abril Mediante la Resolución Jefatura N° 0048-2021, en el Artículo 1.- **Declaran emergencia fitosanitaria en todo el territorio nacional ante la presencia de la plaga Foc R4T** y Artículo 2.- Se dispone a nivel nacional se intensifiquen las acciones de vigilancia, cuarentena y control de la plaga, priorizando la zona de detección, con el objetivo de contener y evitar su dispersión, para lo cual se adoptan medidas fitosanitarias, las cuales no excluyen a otras que pueda establecer la Dirección de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad Agraria, en el marco de la ejecución del plan de acción por la presencia de esta plaga.

Por otra parte, el SENASA desde 2012 realiza actividades de vigilancia para la detección oportuna de Foc R4T, en las regiones productoras de banano y plátano en el país, con mayor énfasis en las quince regiones productoras principales como San Martín, Loreto, Cajamarca, Amazonas, Ucayali, Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Huánuco, Pasco, Junín, Madre de Dios, Puno y Cusco. En la región Piura el sistema de vigilancia fitosanitaria se llevan a cabo las acciones de prospección de las áreas bananeras y de plátano, incluyendo la toma de muestras sospechosas para su diagnóstico en laboratorio. Los diagnósticos corresponden a pruebas de PCR convencional, PCR en tiempo real y de secuenciamiento de fragmentos.

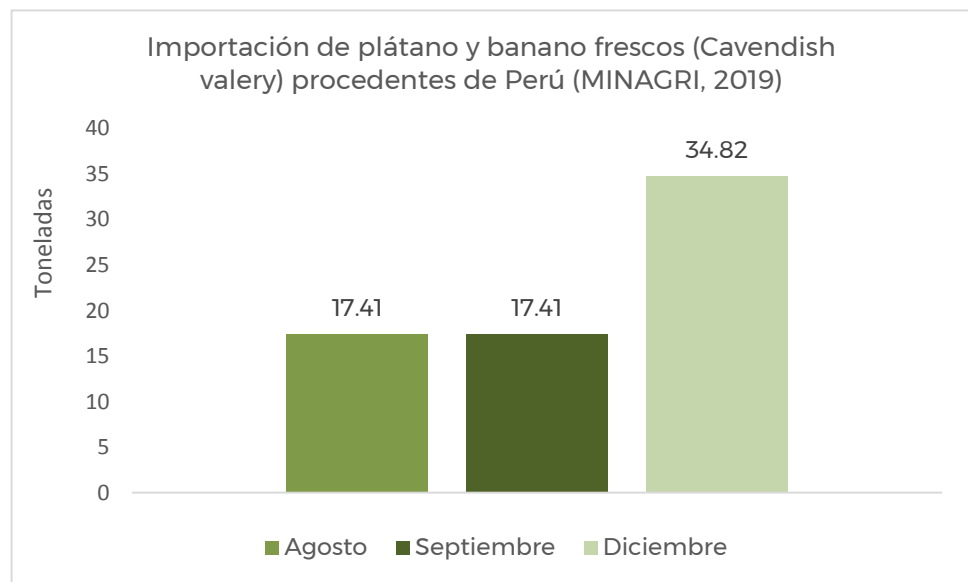
- **Características del distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, departamento de Piura, Perú**

Es de resaltar que el sistema de producción de plátano y banano, principalmente en la zona de **detección en el sector Chocan, Querecotillo, departamento de Piura, Perú**, se realiza bajo el principio de producción orgánica, los cuales se abastecen de aguas del río Chira y del Canal Miguel Checa. Querecotillo tiene una ubicación geográfica de latitud sur 04°50'10" y longitud oeste de 80°39'01" y una altitud aproximada de 65 m.s.n.m, tiene un área de 270.08 km². Presenta una topografía relativamente plana, presenta un clima sub-árido tropical, con temperatura máxima de 37°C y mínima de 19°C y precipitaciones irregulares en los meses de verano.

Análisis de las importaciones de productos de plátano a México.

- **Importaciones de plátano fresco**

Durante 2020 y lo que va de 2021, no se cuentan con registros de importaciones de banano y plátano fresco (VUCEM, 2020; VUCEM, 2021). Sin embargo de acuerdo con MINAGRI (El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú), reportó en 2019 que se exportaron 69.6 toneladas de **Bananas y Plátanos tipo Cavendish frescos** a México procedentes de Perú. En el mes de agosto, septiembre y diciembre se exportaron 17, 17 y 34 ton respectivamente. (Gráfica 2).



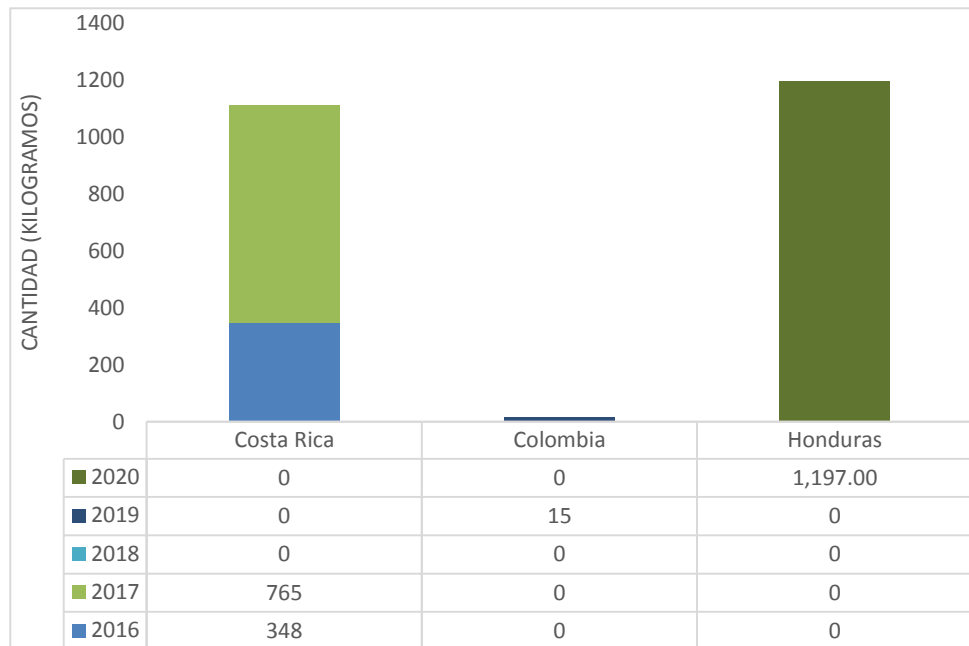
Gráfica 2. Importación de plátano y banano frescos (Cavendish valery) procedentes de Perú en 2019 (MINAGRI, 2019).

- **Importaciones de material propagativo *in vitro* de plátano**

Otra vía de introducción del patógeno es por medio de importación de material propagativo *in vitro* de plátano, por lo que a manera de proyectar el riesgo se tiene el caso cuando Colombia notificó la presencia de la plaga en 2019, donde hasta en ese año se tuvo registros de alrededor de 2.32 toneladas de plántulas *in vitro* procedentes de Costa Rica, Honduras y **Colombia**, éste último con presencia del patógeno; Adicionalmente, señalar que en el año 2020 se importó material *in vitro* procedentes de Honduras (VUCEM,2016-2020) (Gráfica 3).

Derivado de lo anterior y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-010-FITO-1995, por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del plátano. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 noviembre 1996, en el apartado 4.1 de **Productos de cuarentena absoluta** se prohíbe la introducción de frutos frescos de plátano, plantas de plátano y sus partes, así como sus envases y embalajes originarios o procedentes de los países afectados por la presencia de plagas del plátano de importancia cuarentenaria para el país. Asimismo en el apartado 4.2 **Productos de cuarentena parcial** menciona que la importación

de material propagativo *in vitro* de plátano se permite cumpliendo los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-006 FITO-1995.



Gráfica 3. Importaciones de plántulas *in vitro* de plátano procedentes de Costa Rica, Honduras y **Colombia** (VUCEM, 2016-2020).

Es de resaltar que las importaciones procedentes de Costa Rica y Colombia se registraron en la OISA Aduana de Carga del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y de Honduras en la OISA de ciudad de Hidalgo, localizada en el estado de Chiapas.

Análisis de probable ingreso de Foc R4T por turismo vía aérea y marítima.

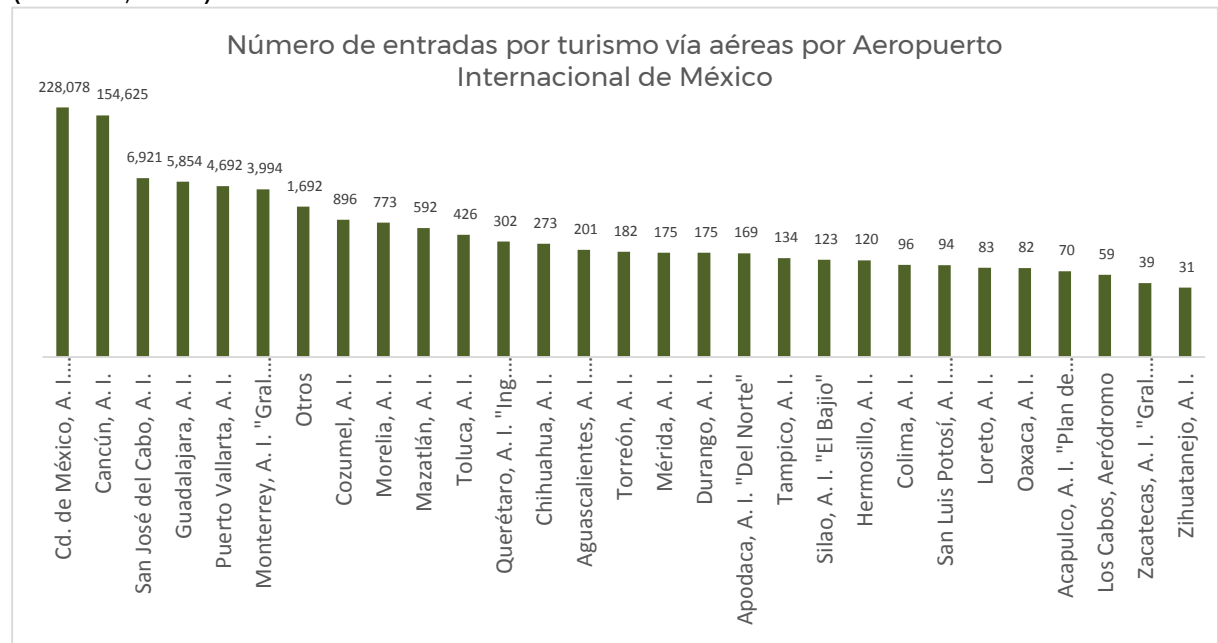
- **Turismo vía aérea**

En cuanto a turismo vía aérea procedentes de países con presencia de la plaga, de enero de 2020 a febrero del 2021, se registraron 410 mil 951 entradas aéreas a México, siendo el **principal origen Colombia con el 50 %**, seguido de Perú con el 21 % y China con el 7.9 % (Tabla 2) (SEGOB, 2021).

| Pais de nacionalidad | Número de entradas | Porcentaje del total de entradas de países con presencia |
|----------------------|--------------------|--|
| Colombia | 205,850 | 50.09 |
| Perú | 87,049 | 21.18 |
| China | 32,652 | 7.95 |
| India | 21,840 | 5.31 |
| Australia | 21,420 | 5.21 |
| Israel | 14,763 | 3.59 |
| Filipinas | 8,361 | 2.03 |
| Turquía | 7,384 | 1.80 |
| Taiwán | 2,593 | 0.63 |
| Malasia | 1,688 | 0.41 |
| Vietnam | 1,618 | 0.39 |
| Pakistán | 1,295 | 0.32 |
| Indonesia | 1,260 | 0.31 |
| Líbano | 1,162 | 0.28 |
| Tailandia | 1,085 | 0.26 |
| Jordania | 639 | 0.16 |
| Mianmar (Birmania) | 130 | 0.03 |
| Omán | 97 | 0.024 |
| Mozambique | 35 | 0.009 |
| Laos | 22 | 0.005 |
| Papúa Nueva Guinea | 8 | 0.002 |
| Total | 410,951 | |

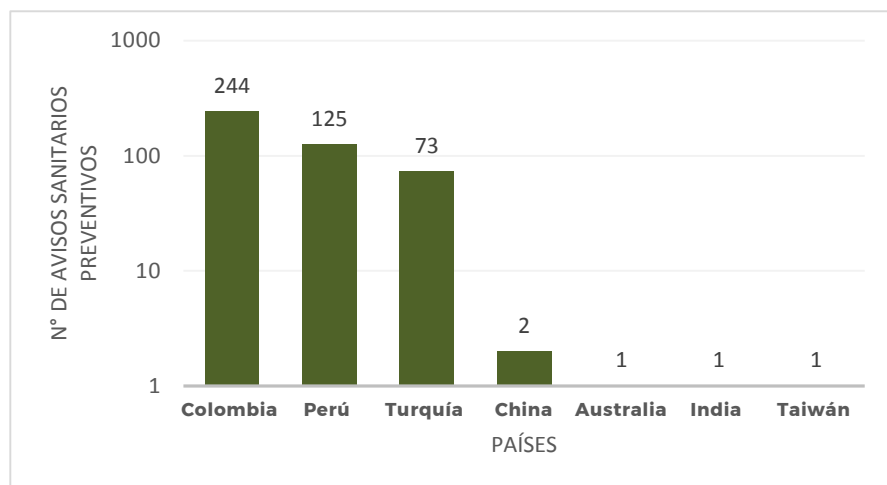
Tabla 2. Turismo vía aérea en México procedentes de países con presencia de Foc R4T

Las principales entradas de turistas se registran en el Aeropuerto Internacional "Benito Juárez" de la Ciudad de México con el 55%, el Aeropuerto Internacional de Cancún con el 37% y el Aeropuerto Internacional San José del Cabo 1.6% (Gráfica 4) (SEGOB, 2021).



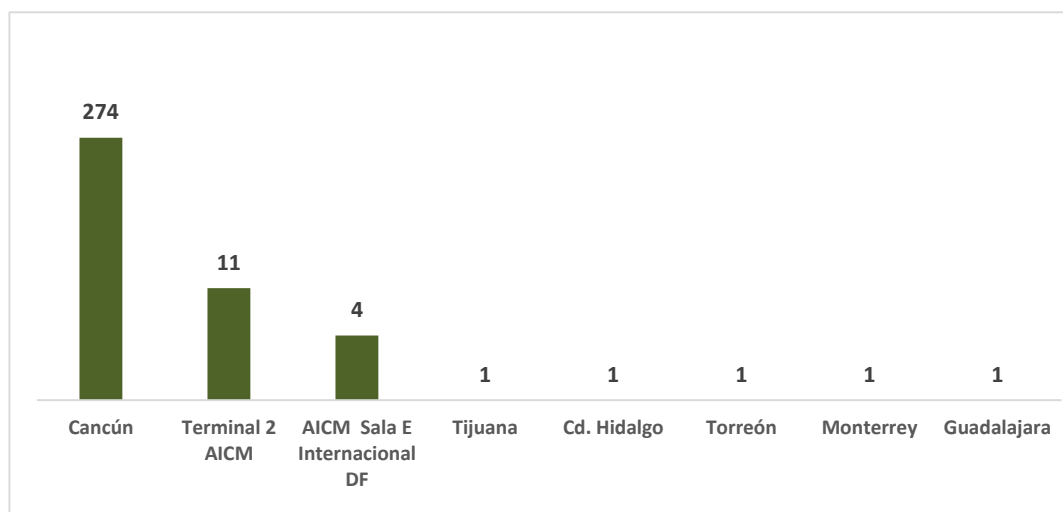
Gráfica 4. Entradas por turismo vía aérea en México proveniente de países con presencia de la plaga.

Asimismo, de enero de 2020 a abril de 2021 se registraron 447 Avisos preventivos Sanitarios (APS) de mercancía de plátano fresco **de países con presencia del hongo** siendo el **principal origen Colombia**, seguido de Perú y Turquía (Gráfica 5) (SENASICA-DGIF, 2021). En el mes de **enero con el 24% y febrero con el 21%** se registró el mayor número de avisos preventivos sanitarios de mercancía de plátano, por lo que se identifica riesgo de introducción por esta vía.



Gráfica 5. Avisos preventivos sanitarios (APS) de plátano proveniente de países con presencia de la plaga.

El 93 % de avisos preventivos sanitarios de mercancía regulada por la SADER (plátano) se registraron en la OISA de Cancún, seguido por la terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México con el 4 % (Gráfica 6).



Gráfica 6. Principales OISA's con avisos preventivos sanitarios por plátano fresco procedentes de países con presencia de la plaga.



- **Turismo vía marítima**

En lo que respecta a turismo vía marítima, en el 2020 se registraron 2 millones 511 mil 341 entradas a México, las principales entradas de turistas se registraron en el punto de ingreso Isla Cozumel, Quintana Roo, con el 51.4% y en el punto de ingreso Majahual, Quintana Roo, con el 23.8 % (Gráfica 7) (SEGOB, 2020). Por lo anterior y aunado a que constantemente se retienen frutos hospedantes del patógeno en los diferentes aeropuertos de México, es muy probable que los turistas vía marítima también traigan consigo frutos; por lo que al tener registros de más de 2 millones de entradas de turistas, el escenario de riesgo se hace representativo por esta vía.



Gráfica 7. Entradas marítimas y principales puntos de ingreso Enero-Diciembre 2020 (SEGOB, 2020)

Por los puntos analizados y ante la situación de emergencia que se enfrenta Colombia y Perú, para México existe un alto riesgo de introducción y bajo un escenario probable de que ocurra el evento se proyecta el siguiente análisis:

Análisis de zonas potenciales de establecimiento y factores de dispersión de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical en México en caso de su introducción.

- **Condiciones climáticas favorables ante una posible incursión en México**

Considerando las condiciones agroclimáticas óptimas de desarrollo reportados por Cook y Baker (1983), Bernaouali *et al.* (2014) y Jiménez *et. al* (2015) para *Foc* R4T, se realizó el siguiente análisis para definir las áreas en las que existen probabilidades de establecimiento del patógeno en caso de su introducción al país.

La temperatura y la humedad relativa son las variables climáticas principales que favorecen el desarrollo de *Foc R4T*. Debido a lo anterior, se consideró una temperatura óptima de 25 a 28 °C, sin embargo, puede seguir desarrollándose en temperaturas más frías o más cálidas (17 a 33 °C), con una humedad relativa óptima de 74 % a 80% (Bernaouali *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2015).

Dados estos parámetros, se identificó que las condiciones climáticas históricas que México ha presentado, son propicias para el establecimiento del patógeno. Derivado de lo anterior, en la figura 3, se observa la distribución de la probabilidad de establecimiento del patógeno en México, donde el nivel **“Muy Bajo”** se concentra en el este de Guerrero; el nivel **“Bajo”** se distribuye principalmente en los municipios del occidente-sur y sureste del país, específicamente en el sur de Colima, costa de Michoacán, sur de Chiapas, centro y sur de Campeche; el nivel **“Medio”** es el que tiene mayor proporción de distribución en los municipios productores de plátano y banano, localizándose en todos los estados que tienen presencia de hospedantes de *Foc R4T*; el nivel **“Alto”** se encuentra en la mayoría de los estados con municipios que tienen cultivos de plátano, exceptuando Colima, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; finalmente, el nivel **“Muy Alto”** se localiza en municipios dispersos del sur y oeste de Oaxaca y centro-oeste de Veracruz.

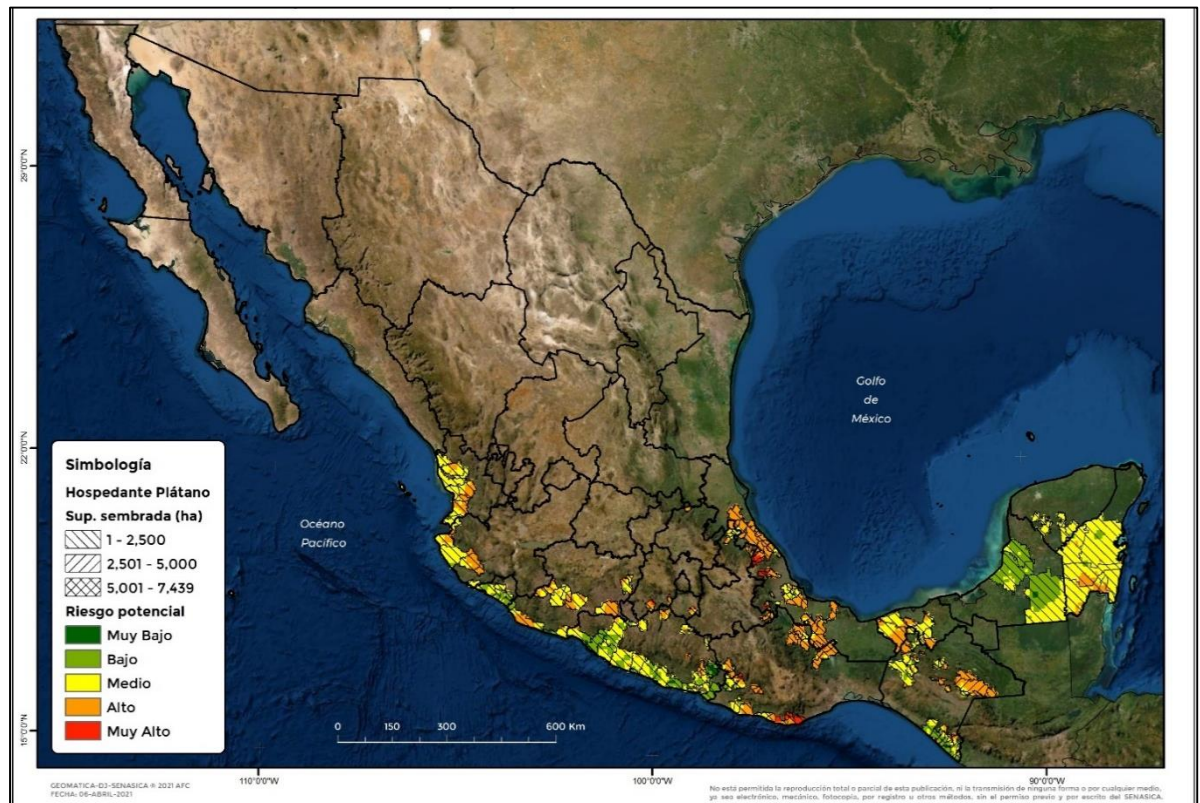


Figura 3. Proyección de condiciones climáticas óptimas para el potencial establecimiento de *Foc R4T*.

Aunado a lo anterior, se realizó un análisis de la superficie sembrada que estarían bajo amenaza por la plaga, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 3).



| Nivel de amenaza | Superficie (ha) |
|------------------|-----------------|
| Muy Bajo | 21 |
| Bajo | 18,853 |
| Medio | 31,455 |
| Alto | 28,936 |
| Muy Alto | 1,254 |

Tabla 3. Superficie sembrada que cuenta con las condiciones agroclimáticas potenciales para el establecimiento de *Foc R4T* en México.

Como se puede observar, el mayor número de superficie sembrada de plátano con probabilidad de ser afectadas se encuentra en los municipios que tienen un nivel de riesgo **“Medio”** (31,455 ha), mientras que el menor número de superficie con probabilidad de ser afectadas se localiza en el Nivel **“Muy bajo”** (21 ha).

- **Cuerpos de agua como factor de dispersión en el escenario de que *Foc R4T* se establezca en territorio nacional ante una probable introducción.**

Considerando y tomando como referencia lo que ha experimentado China, donde se ha demostrado que la rápida **dispersión del patógeno se ha asociado** tanto al material de siembra infectado como al agua de riego proveniente del río Pearl (Xu *et al.*, 210). **En áreas naturalmente predispuestas a inundaciones, el riesgo es aún mayor** (Ploetz, 2015). Una vez establecido *Foc R4T* los fenómenos naturales como los huracanes pueden aumentar la dispersión del patógeno, y contaminar las fuentes de agua de riego. Tan es así, que en las zonas productoras de plátano donde se presentan lluvias excesivas, existe un incremento de enfermedades (Ortiz, 2012). Contextualizando esta situación, las áreas de producción de plátano con registros de inundaciones en el país se han visto vulnerables y como referencia se tiene el caso ocurrido en octubre del 2005 representado por el huracán Stan que causó estragos en Chiapas. En solo un día se registró una precipitación de 267 mm y en un período de 10 días se acumularon 868 mm, lo que corresponde a la mitad del total de lluvia en todo el año en ese Estado (1,500 a 1,800 mm). De acuerdo a información de la Asociación Agrícola de Productores de Plátano del Soconusco, 5,845 ha de plátano fueron afectadas. Stan también a su paso destruyó más del 50% de la superficie sembrada de plátano en Veracruz.

Bajo este mismo contexto, en el 2007 fue un año particularmente difícil para los productores de plátano. En septiembre el huracán Dean arrasó con el cultivo en el estado de Veracruz registrándose una de las peores inundaciones ocurridas en el estado de Tabasco y Chiapas. En ese año en Tabasco se vieron afectadas tres mil hectáreas de bananos y la producción nacional promedio de banano alcanzó su punto más bajo de la década (26 ton/ha).

De la misma manera, en 2011 el huracán Jova impactó la bananicultura del estado de Jalisco y Colima. El huracán entró con categoría 2, con vientos de 160 kilómetros por hora y rachas de hasta 195 kilómetros, acumulando 350 mm de agua en dos días, provocando inundaciones, arrastre por corrientes intensas y sedimentación de tierra en las plantaciones, destruyendo 3,500 ha de bananos y plátanos (Orozco-Santos y

García- Mariscal, 2011). En 2012, los vientos e inundaciones causados por el huracán Ernesto destruyeron 3,000 ha de plátano Dominicano en el estado de Veracruz.

En 2019, el huracán Lorena en el estado de Colima y Jalisco, provocó pérdidas del 100% en unidades de producción de plátano. Por otra parte y de acuerdo a información directa por parte de los productores de los estados de Colima y Jalisco, se siniestraron 3,500 ha de plátano (banano gigante, dominico y macho).

De acuerdo con lo anterior, las inundaciones representan uno de los principales problemas en la producción de plátano y banano en México; debido a que se ven afectadas miles de hectáreas, además de ser un factor de dispersión de plagas.

- **Suelos que favorecen el desarrollo de *Foc R4T***

Se ha observado que los suelos arcillosos con **exceso de humedad y suelos ácidos pobres en calcio** favorecen el desarrollo de *Foc R4T* (Moore *et al.*, 1995). Los suelos arcillosos se encuentran presentes en áreas de producción de plátano en México; por lo que representa un alto riesgo de establecimiento de la plaga en aquellas áreas con características similares a lo señalado y esto claramente se identifica para las unidades de producción orgánica de plátano que se tienen actualmente en México y la estrecha relación de la textura de suelo Figura 4, (INEGI, 2021).

Análisis de vulnerabilidad de las áreas bajo producción orgánica en México

México cuenta con una superficie de 80 mil 573 hectáreas de plátano distribuida en 16 estados del territorio nacional, de las cuales **3 mil 949 hectáreas, es decir el 3.7%**, se encuentran **certificadas bajo el sistema de producción orgánica**, ubicadas en 9 estados del país: Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (SENASICA, 2020) (Figura 4). Cabe mencionar que actualmente, se exporta plátano del estado de Colima, Chiapas y Tabasco.

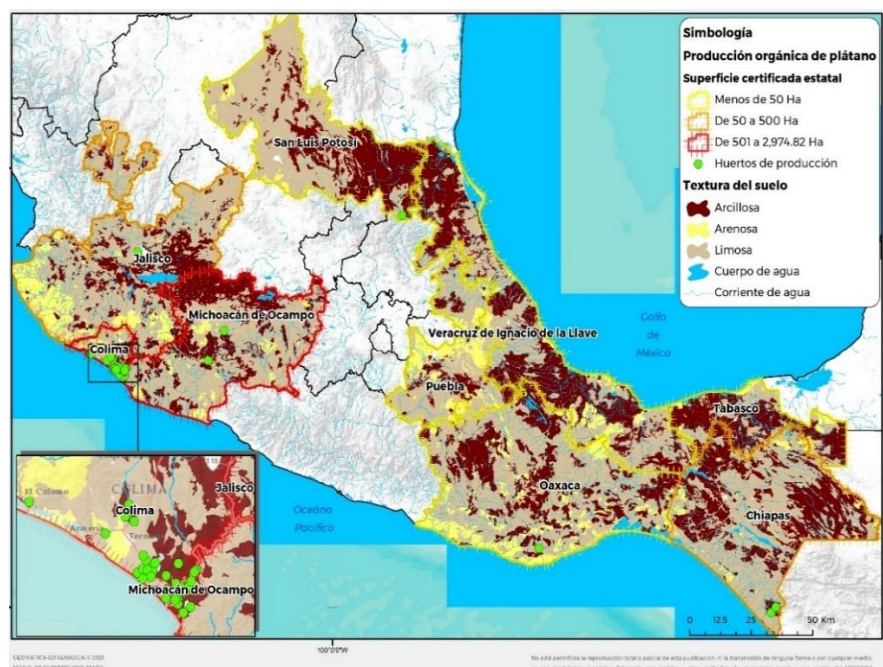


Figura 4. Unidades de producción orgánica de plátano en México y texturas de suelo.



La producción orgánica de plátano en México se encuentra establecida en texturas de suelo arcillosas, limosas y arenosas (INEGI, 2020), cabe resaltar que los suelos arcillosos se encuentran presentes en las áreas de producción orgánica; por lo que representa un alto riesgo de establecimiento de la plaga.

Las posibles consecuencias de una infección por *Foc R4T* son aún más preocupantes **para la producción de banano y plátano orgánico**, ya que las prácticas de **agricultura orgánica no permiten la utilización de técnicas modernas, dejando los cultivares resistentes a la plaga como la única opción de adaptación** (FAO, 2019). Por lo que, esta situación se hace alarmante sobre todo para los principales países productores de bananos orgánicos y las áreas en México con esta modalidad de producción en caso de una probable introducción del fitopatógeno.

Impacto económico

Análisis de Impacto Potencial

La marchitez causada por *Fusarium* sp., se reportó por primera vez en 1874 en Australia y en 1910 en América Central y El Caribe, provocando afectaciones en la producción comercial de bananos Gros Michel entre los años de 1890 a 1960 y provocando la desaparición de más de 80 mil hectáreas en América Central y Sur, implicando el remplazo por cultivares Cavendish, resistente a las razas 1 y 2 de *Foc*. OIRSA estima que *Foc R1* provocó la desaparición de la mayoría de las plantaciones comerciales en la década de los años 50 a los 60, con un impacto económico (solo estimado para las compañías exportadoras) de 2,300 millones de dólares. Si bien no se dispone de estimaciones a nivel mundial, en el sudeste asiático las pérdidas se estiman en más de 8 millones de plantas en sistemas tradicionales, afectaciones de 7 millones de plantas en sistemas comerciales de banano Cavendish, y pérdidas anuales de 75 millones de dólares.

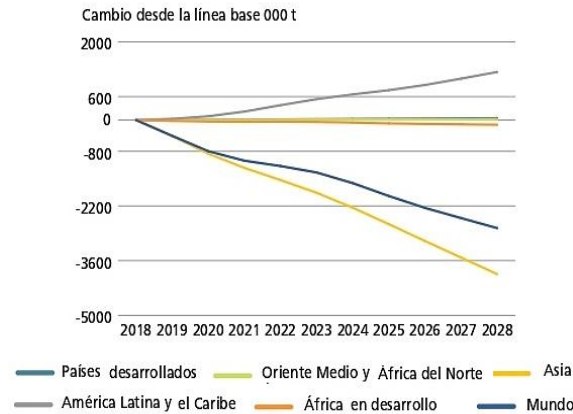
Durante el año 2019, África se ubica como la región con mayor producción de banano y plátano a nivel mundial con 58% en superficie cosechada y 30% de la producción global. Es de resaltar que, a pesar de su baja participación en la oferta mundial, el rendimiento más alto se observa en la región de Europa (Tabla 4).

| Región | Área cosechada (ha) | Producción (ton) | Rendimiento (ton/ha) |
|--------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| África | 6,297,277 | 48,187,209 | 7.7 |
| Américas | 2,089,708 | 39,433,388 | 18.9 |
| Asia | 2,363,028 | 68,312,674 | 28.9 |
| Europa | 17,980 | 638,270 | 35.5 |
| Oceanía | 105,307 | 1,790,139 | 17.0 |
| Total | 10,873,300 | 158,361,680 | 14.6 |

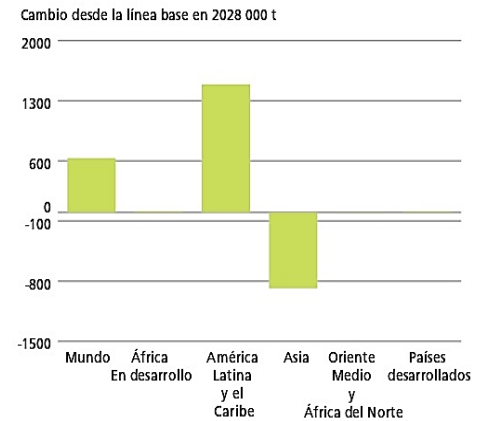
Tabla 4 . Producción regional, FAO 2019



Aunque la participación de América en la producción mundial se reporta con 19% de la superficie cosechada y 26% del volumen de producción total, Sabine Altenford tomando en cuenta la propagación actual de *Foc R4T*, señala en un escenario hacia el 2028, que se esperaría un crecimiento importante en la producción y las exportaciones de la región de las Américas a nivel mundial, esto ante la consideración del control del brote en Colombia (Gráficas 8 y 9).



Gráfica 8. Escenario de impacto en la producción bananera por región en 2028. FAO 2019



Gráfica 9. Escenario de cambio en las exportaciones bananeras por región en 2028

Desde el año 2012 se observa un crecimiento de las exportaciones de 38% a una tasa anual promedio de 5%, mientras que las importaciones a un menor ritmo, crecieron 26% a una tasa anual de 4% (Gráfica 10).



Gráfica 10. Comercio mundial de plátano y banano, TradeMap 2019 y proyección 2020 de FIRA (Toneladas)

Durante el año 2019, Ecuador se ubicó como el principal exportador mundial con el 25% del total, sumando en conjunto con Filipinas, Guatemala, Costa Rica y Colombia el 68% global. Por otra parte, Estados Unidos de América es responsable de 21% de las importaciones mundiales (Tabla 5).

| País destino | Volumen exportado | País de origen | Volumen importado |
|--------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Total | 27,096,104 | Total | 23,615,338 |



| | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|
| Ecuador | 6,881,117 | EUA | 5,054,206 |
| Filipinas | 4,351,975 | China | 1,939,973 |
| Guatemala | 2,698,959 | Rusia | 1,512,447 |
| Costa Rica | 2,384,821 | Alemania | 1,282,646 |
| Colombia | 2,009,965 | Bélgica | 1,178,224 |

Tabla 5. Principales exportadores e importadores mundiales (Ton) (TradeMap, 2019).

Importancia Nacional

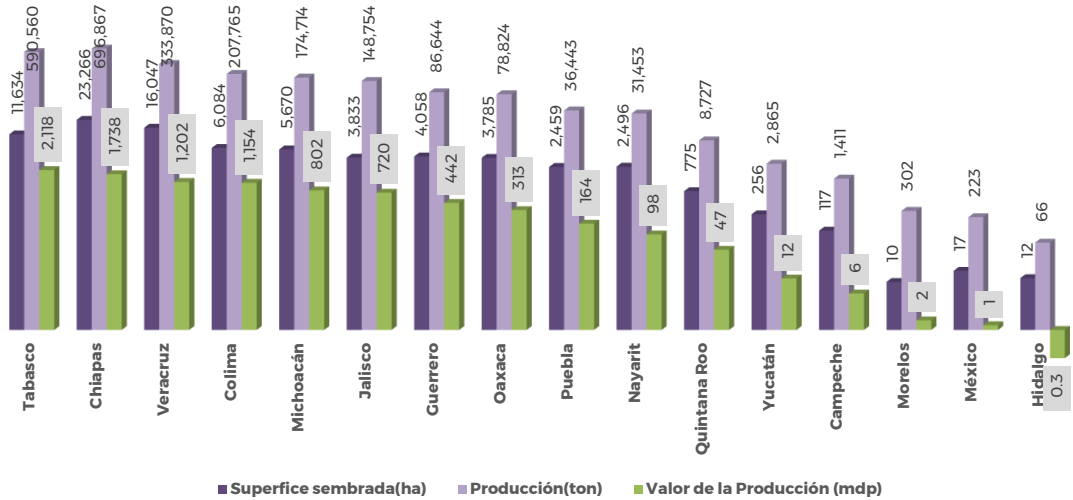
México se ubica en la posición 18 mundial de la superficie cosechada de banano y 12 de la producción de ese cultivo, aportando el 1.37% y 2.03%. Asimismo, dentro de la región de las Américas concentra el 6.55% de la superficie cosechada y 7.74% de la producción. A pesar de no ubicarse en un lugar preponderante de la producción mundial, este cultivo representa el 1.31% del valor de la producción agrícola nacional y de acuerdo a lo señalado por García y González, implica la generación aproximada de 100 mil empleos directos en el campo y 150 mil indirectos.

De acuerdo con el análisis sanitario realizado y con la información disponible, a nivel nacional se estima el posible impacto en la producción nacional de plátano (Tabla 6):

| Producción Nacional del Plátano | |
|--|---|
| Estados Productores: | 16 |
| Municipios Productores: | 213 |
| Superficie sembrada (ha): | 80,519 |
| Producción (Ton): | 2,399,490 |
| Valor de la Producción (mdp): | 8,818 |
| Consumo anual per cápita de plátano: | 14.2 |
| Aporta al valor de la producción agrícola: | 1.31% |
| Principales Estados que concentran el valor de la producción | Tabasco (24%), Chapas (20%), Veracruz (14%) y Colima (13%). |
| Importancia del Plátano para la producción nacional: | Tercer frutal más producido, solo por detrás de la naranja y el limón |
| Variedades de Importancia económica: | Plátano enano gigante, Plátano macho, Plátano dominico, Plátano tabasco, Plátano valery, Plátano criollo, Plátano manzano, Plátano morado, Plátano pera y Plátano thai. |
| Valor de la hoja de plátano (belillo) (mdp): | 78 |

Tabla 6: Posible impacto nacional en la producción de plátano por *F. oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (SIAP, 2019).

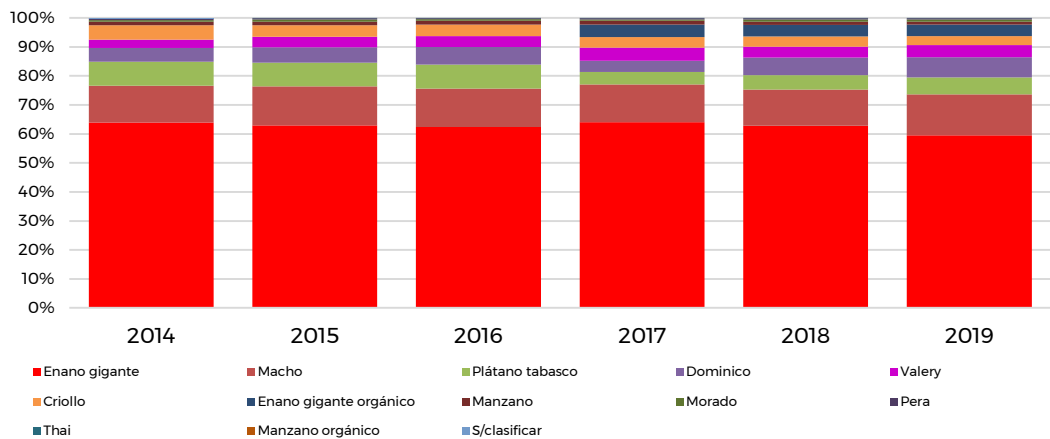
Durante el año 2019 se concentra la producción de plátano principalmente en tres entidades, Chiapas, Tabasco y Veracruz con 63.27% de la superficie sembrada, 67.57% del volumen producido y 57.35% del valor por la producción de este cultivo (Gráfica 11).



Gráfica 11. Estados productores de plátano en México.

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SADER, reporta durante 2019 la producción de 10 variedades de importancia económica, clasificando adicionalmente dos de estas por su relevancia, bajo el tipo de producción orgánica (enano gigante y manzano).

Desde el año 2014, la variedad enano gigante es la de mayor importancia económica al disponer de la mayor superficie sembrada con una participación de 40% en promedio anual y 12% de crecimiento durante el periodo. Esta variedad representa el 62% del volumen producido al año, reportando un incremento de 13% (Gráfica 12).



Gráfica 12. Valor de la Producción, SIAP 2019

El mayor rendimiento se presenta en la variedad de enano gigante, que anualmente ofrece una relación de toneladas por hectárea 164% mayor al promedio nacional de las diversas especies.

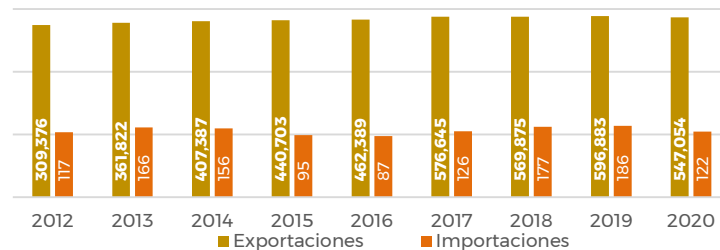


Consumo

Del total de la producción de este cultivo en nuestro país, en 2019 se estimó que el 75% se destina al consumo nacional y el resto al mercado de exportación. Canto y Orozco (2015) señalan que en México su consumo supera al de otros productos básicos como el frijol, el arroz, limón, mango, manzana y aguacate, condición que posiciona su relevancia en la canasta básica mexicana.

Comercio Exterior

A pesar de contribuir solamente 2% a las exportaciones mundiales de plátano y banano, a partir del 25% estimado de la producción nacional que no es destinada al mercado interno, esta actividad representa para México una derrama económica anual promedio de 216 millones de dólares anuales desde 2012 y hasta 2020, periodo en el que el volumen exportado desde nuestro país se incrementó 63% (Gráfica 13).



Gráfica 13. Comercio mexicano de plátano y banano (Ton), SIAVI 2019

A pesar de llegar a cuatro continentes y más de 30 países durante 2020, Estados Unidos de América representa el 77% del mercado mexicano de exportación (Tabla 7).

| Pais destino | Volumen exportado | Pais de origen | Volumen importado |
|---------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Total | 547,054 | Total | 122 |
| EUA | 419,142 | Perú | 103 |
| Japón | 84,094 | Filipinas | 11 |
| Nueva Zelanda | 11,862 | Ecuador | 8 |
| Países Bajos | 6,544 | | |
| Corea del Sur | 5,636 | | |

Tabla 7. Principales socios de comercio con México (Ton) (SIAVI, 2020).

En mayo de 2019 la Administración General de Aduanas de la República Popular China y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, firmaron un protocolo de requisitos fitosanitarios para el plátano mexicano, a través del cual productores y exportadores nacionales podrán exportar el fruto a ese país. De esta manera, entre enero de 2019 y septiembre de 2020 se han exportado 138 toneladas hacia ese país.

Con base al "Estudio para determinar el impacto económico de Foc R4T en México", se calcularon los posibles efectos del fitopatógeno de establecerse en el país. Se presentan cuatro escenarios, el primero libre del fitopatógeno y tres escenarios se basan en los posibles índices de dispersión, que presupone una expansión interna de la plaga a un



ritmo del 1.25% (escenario ideal), 25% (escenario más probable) y 50% (escenario catastrófico), los cuales implican pérdida de superficie sembrada de plátano, para un periodo de análisis de 25 años. Los resultados se presentan en la Tabla 8:

| Cultivo de Plátano | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------|-------------------------------|--|---------------------------------|--------------------|-----|--------------------------------------|----------------------------|---|
| E1 Escenario línea base o libre del fitopatógeno a 25 años | | | Superficie Sembrada hectáreas | Producción miles de toneladas | Consumo per cápita (kg/per/año) | Exportaciones | | Ganancias en MDP | Empleos directos generados | |
| | | | | | | Miles de toneladas | MDD | | | |
| 2020 | | | 80,473 | 2,420 | 13.2 | 627 | 309 | 1,665 | 120,710 | |
| 2044 | | | 84,979 | 2,811 | 6.3 | 1,576 | 968 | 4,930 | 127,469 | |
| Escenarios con la plaga a 25 años | | | A 2044 | | | | | Pérdida de divisas acumuladas en MDD | Pérdidas acumuladas en MDP | Empleos directos perdidos acumulados en miles |
| Índice de dispersión de Foc R4T a un ritmo de aceleración de %: | | | Superficie Sembrada hectáreas | Producción pérdida en miles de toneladas | Consumo per cápita (kg/per/año) | Pérdidas en MDP | | | | |
| E2 | Ideal | 1.25% | 14,316 | 556 | 12.4 | 3,760 | | 15,388 | 71,153 | 21,473 |
| E3 | Probable | 25% | 65,980 | 2,205 | 2.1 | 4,616 | | | 77,470 | 98,969 |
| E4 | Catastrófico | 50% | 82,165 | 2,721 | 0.3 | 4,884 | | | 80,547 | 123,247 |

Tabla 8. Resultado del comportamiento de la producción de plátano, considerando índices de dispersión del fitopatógeno al 1.25%, 25% y 50%.

Nota *: Ingresos que dejarían de percibir los productores.

Si bien el *Foc R4T* puede afectar una amplia variedad de cultivares de bananos, el análisis comprende el impacto económico posible sobre cultivar Cavendish, que es predominante en el comercio mundial y tiene un papel significativo en la generación de ingresos y divisas para los países exportadores.

De acuerdo a las proyecciones del modelo sobre las posibles repercusiones por *Foc R4T* en la producción de plátano para México, las principales consecuencias serían:

- Pérdida de superficie para la producción de musáceas (plátano cultivar Cavendish).
- Incremento en los costos de producción para contener el fitopatógeno, al aplicar acciones de bioseguridad en las fincas.
- Disminución del volumen de producción, lo que repercute en menor disponibilidad del producto en el mercado, pérdida de empleos directos al requerir menos jornales y menores ganancias para el productor.
- Cierre de mercados internacionales para las exportaciones de plátano, lo que ocasionaría pérdidas en divisas al país.
- Una dispersión de *Foc R4T* en la superficie nacional, bajaría la oferta del fruto, provocando precios más altos para los consumidores y una mayor demanda de importaciones.
- Con un índice de dispersión de *Foc R4T* de 1.25%, se perdería el 18% de superficie sembrada para plátano en México; con un índice de dispersión del 25% se disiparía el 78% de superficie; y con un índice al 50%, se inhabilitaría el 96.7%, casi en su totalidad, la superficie sembrada de bananos, dejando de ser apta para su producción en un periodo de 25 años.



Conclusiones y/o recomendaciones

- Derivado de la realización del presente análisis, se identifica el registro de 447 Avisos preventivos Sanitarios (APS) de mercancía de plátano en pasajeros procedentes de Colombia y China, países con presencia de la plaga, mismo que brinda elementos para el proceso de fortalecimiento técnico del personal de inspección en los puntos de ingreso al país con énfasis y especial atención **en el Aeropuerto Internacional de Cancún y el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México en la terminal 2**, debido a que de enero de 2020 a febrero 2021, se caracterizaron por ser los aeropuertos con mayor número de avisos sanitarios por plátano con un 93% y 4% respectivamente, reportados principalmente en el mes de **enero y febrero**.
- De acuerdo al análisis de introducción del fitopatógeno por vía marítima, se registraron 2 millones 511 mil 341 entradas en el 2020, en este sentido el contexto nos brinda elementos para la valoración de un proceso constante de capacitación al personal técnico que se encuentra en la primera línea de defensa en los puntos de ingreso al país principalmente en Isla Cozumel, Quintana Roo con el 51.4% y en el punto de ingreso Majahual, Quintana Roo, con el 23.8 %. Asimismo, prestar especial atención de las provisiones que traen los buques que puedan ser una vía de ingreso de la plaga.
- Derivado de la reciente detección en el sector Chocan, distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, departamento de Piura, Perú, no se tiene registros de importaciones de plátano fresco procedente de Perú en el año 2020; sin embargo en cuanto a ingreso de plátano fresco por turismo vía aérea de 2020 a abril de 2021, se han registrado 125 Avisos preventivos Sanitarios (APS) de mercancía de plátano fresco de Perú en la OISA de Cancún.
- Se identifica que los 16 Estados productores de plátano (Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán) presentan áreas potencialmente susceptibles para el establecimiento de la plaga en dado caso que llegara a introducirse a México, resaltándose a los estados de Oaxaca y Veracruz con mayor vulnerabilidad.
- Debido a que en México casi 4 mil hectáreas de plátano ubicadas en 9 Estados se encuentran certificadas bajo el sistema de producción orgánica, resaltando que los estados de Colima, Chiapas y Tabasco exportan plátano situación que vulnera y aumenta las posibles consecuencias en caso de una probable introducción de *F. oxysporum* Raza 4 Tropical aunado a que las prácticas de agricultura orgánica **no permiten la utilización de técnicas modernas, dejando los cultivares resistentes a la plaga como la única opción de adaptación**.
- En caso de introducción, establecimiento y considerando los índices de dispersión de *Foc R4T* de 1.25%, se perdería el 18% de superficie sembrada para plátano en México; con un índice de dispersión del 25% se disiparía el 78% de superficie; y con un índice al 50%, se inhabilitaría el 96.7%, casi en su totalidad, la superficie sembrada de bananos, dejando de ser apta para su **producción en un periodo de 25 años**.



Referencias

- Altendorf Sabine 2019. 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, FAO, 2019.
- Benaouali, H.; Hamini, N.; Bouras, A.; Benichou, S. L.; Kihal, M. and Henni, J. E. 2014. Isolation, pathogenicity test and physicochemical studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. *Adv. Environ. Biol.* 8(10):36-49.
- Brake, V. M., Pegg, K. G., Irwin, J. A. G., and Chaseling, J. 1995. The influence of temperature, inoculum level and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* on the disease reaction of banana cv. Cavendish, *Australian Journal of Agricultural Research*, 46: 673-685.
- CABI, 2021. Datasheet. *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical - FOC R4T Crop Protection Compendium. Global Module. CAB International. UK. En línea: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/56921> Fecha de consulta: Enero 2021.
- Canto Blondy, Orozco Mario 2015. HACIA DÓNDE VA LA CIENCIA EN MÉXICO Ecosistemas, Plagas y Cambio Climático, CONACYT/ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS A.C./ CONSEJO CONSULTIVO DE CIENCIAS, recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/292985144_BANANOS_Y_PLATANOS_FRENTE_AL_CAMBIO_CLIMATICO.
- Cook, RJ and Baker KF. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA. 539 pp.
- Chiapas. Acozocoutla de Espinosa, Chiapas. México. 35 pp. Gobierno de Ecuador.
- Dita M, Barquero M, Heck D, Mizubuti ESG and Staver CP. 2018. *Fusarium* Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management. *Front. Plant Sci.* 9:1468. doi: 10.3389/fpls.2018.01468.
- Dita MA, Waalwijkb C, Buddenahagenc IW, Souza JM, Kema GH (2010) A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana *Fusarium* wilt pathogen. *Plant Pathology* 59: 348-357.
- EPPO. 20210. Distribution En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/FUSACB/distribution/CO> Fecha de consulta: Enero 2021.
- FAO. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Principales enfermedades del banano y el plátano: información actualizada sobre su propagación, efectos y estrategias de Área: Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria Código EPPO: FUSACB.
- FAO. 2019 Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets - November 2019. Rome.
- Ghag S. B., Shekhawat U. K. S., Ganapathi T. R. (2015). *Fusarium* wilt of banana: biology, epidemiology and management. *Int. J. Pest Manag.* 61 250-263. 10.1080/09670874.2015.104397.
- INEGI, 2020 Instituto Nacional de Estadística y Geografía Página de consulta <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/> fecha de consulta Enero 2021.
- IPPC, 2019. ((PRIMERA DETECCIÓN DE MARCHITEZ POR *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical - FOC R4T (recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema & Crous, 2019)). In: IPPC Official Pest Report, Rome, Italy: FAO. <https://www.ippc.int/>
- Jiménez, K.; Schmidt, A.; Quesada, M. y Moreira, I. 2015. Aislamiento de una bacteria endófito de vainilla (*Vanilla planifolia*) con actividad biocontroladora in vitro contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *España. Tecnología en Marcha.* 28(2):116-125.
- Manzo S, G. 2013. Epidemiología y manejo del mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) Raza 4 Tropical. In: XL Congreso Nacional y XV Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 36-37 pp. En línea: https://www.researchgate.net/publication/307855145_Epidemiologia_y_manejo_del_Mal_de_Panama_Fusarium_oxysporum_fsp_cubense_Raza_tropical_4/download. Fecha de consulta: Febrero 2021.
- MCRF (Módulo de consulta de requisitos fitosanitarios para la importación de mercancía de origen vegetal) 2021 Consultado en: <https://sistemasssi.senasica.gob.mx/mcrfi/> Fecha de consulta Febrero 2021.
- MINAGRI 2021. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego Tablero Interactivo <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiOWU5NDRkYzUtNzRjZi00NzMsLWEzMDItYzExZjg4Njg2ZWQ0IiwidmCl6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9> Fecha de consulta: abril 2021.
- MINCENTUR, 2021. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo <http://datosturismo.mincetur.gob.pe/appdatosTurismo/Content1.html> Fecha de consulta: abril 2021.



- Moore, N. Y., Bentley, S., Pegg, K. G., and Jones D. R. 1995. Fusarium wilt of banana. Musa Disease Fact Sheet No. 5. International Network for the Improvement of Bananan and Plantain (INIBAP). Montpellier, Cedex 5, France. 4. Page.
- Rodríguez Rodríguez, J.M., Rodríguez Rodríguez, R. Espino dec Paz , A. I., 2002 *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* , Mal de Panamá , Marchitamiento en platanera, Fichas de Diagnostico en Laboratorio de Organismos nocivos de los Vegetales
- OIRSA. 2008. Raza 4 del mal de Panamá: Una seria amenaza para la producción de banano y plátano en América Latina y el Caribe. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). 3p.
- Pegg, K. G., et al. (2019). "The epidemiology of Fusarium wilt of banana." *Frontiers in Plant Science* 10.
- PGAR, 2009 PLAN DE GETIÓN AMBIENTAL REGIONAL (2009-2019) CORPOGUAJIRA Oficina Asesora de Corporación Autónoma Regional de La Guajira Oficina Asesora de Planeación 226 p.
- Ploetz, R. 2015. Manejo del marchitamiento del banano por Fusarium: una revisión con referencia especial a la raza tropical 4. *Protección de cultivos*, 73, 7-15.
- ProMusa. 2014. Tropical race 4. Bioersivity International as part of the CGIAR Research Program on Roots, Tubers and Bananas En línea: <http://www.promusa.org/tiki-index.php?page=Tropical+race+4+-+TR4> Fecha de consulta febrero de 2021.
- Rodríguez Rodríguez y Rodríguez Rodríguez, sf *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (E. F. Sm) Snyd, & Hans. Mal de Panamá, Marchitamiento. Platanera Musa spp. Gran Canarias. Laboratorio de Sanidad Vegetal Espino de Paz. A 4 p. Ficha 181 y 181 bis.
- SAGARPA 2015. Estudio de Identificación de Factores para la Optimización de la Cadena Agroalimentaria Banano-Plátano en el Estado de Tabasco.
- Secretaría de Economía 2012, Monografía del Sector Plátano en México: Situación Actual y Oportunidades del Mercado.
- SEGOB. 2020. Secretaría de Gobernación. Unidad de Política Migratoria. En línea: <http://www.politicamigratoria.gob.mx/es/PoliticaMigratoria/CuadrosBOLETIN?Anual=2020&Secc=1> Fecha de consulta Enero 2021.
- SENASICA 2020. Huertos registrados en México para exportation a China En línea: En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/575198/LISTADO_DE_SITIOS_DE_PRODUCCION_DE_BANANO_APROBADAS_PARA_EXPORTAR_A_CHINA_31082020.pdf Fecha de consulta: enero de 2021.
- SENASICA. 2019. Fusariosis de las musáceas (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 Tropical) (Foc R4T). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Dr. Luciano Martínez Bolaños (investigador científico). Cd. de México. Última actualización, enero de 2019. Ficha Técnica No. 2. 29 p.
- SENASICA-DGSV, 2015. Plan de Acción para la Vigilancia y Aplicación de Medidas de Control contra *Fusarium oxysporum* F. Sp. *cubense* Raza 4 (Mal de Panamá) en México <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Manuales%20operativos/Plandeaccionvigilanciaycontrol-maldePanam%C3%A1enM%C3%A9xico.pdf> Fecha de consulta Febrero 2020.
- SIAP-SAGARPA 2020. Cierre de producción agrícola por cultivo (2019) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En línea: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> Fecha de consulta: enero de 2021.
- Su, H.J., Hwang, S.C., and Ko, W.H. 1986. Fusarium wilt of Cavendish bananas in Taiwan. *Plant Disease*, 70: 814-818.
- TRADEMAP 2021 En línea: <https://www.trademap.org/>. Fecha de consulta: Febrero de 2021.
- Viloria, DL H. J. 2008. Banano y revaluación en el Departamento del Magdalena, 1997-2007. Documentos de trabajo sobre economía regional. No. 105. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), Cartagena, Colombia.
- VUCEM. 2020. Ventanilla Única de Comercio Exterior. Sistemas internos SENASICA.
- Xu J., Wu L., Chang A.C. y Zhang Y. (2010). Impact of long-term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: A preliminary assessment. *J. Hazard. Mater.* 183, 780-786. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.07.094