



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

#### MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

**Título:**

---

**Análisis del riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*  
Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad  
Vegetal.

**Autora:**

Mónica Andrea Gallo Lara

**Tutor:**

Mg.C. Emerson Jácome Mogro PhD

**LATACUNGA –ECUADOR**

**2021**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Análisis del Riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador” presentado por Gallo Lara Mónica Andrea, para optar por el título magíster en Sanidad Vegetal.

## CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, Marzo, 25, 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Emerson Jácome Mogro", is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and includes a horizontal stroke above the name.

Mg. C. Emerson Jácome Mogro PhD.

CC.: 0501974703

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Análisis del Riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad Vegetal; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

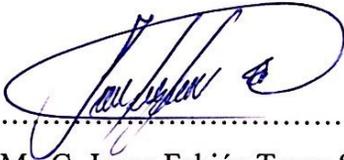
Latacunga, Abril, 09, 2021



.....  
Mg.C. Karina Paola Marín Quevedo

CC. 0502672934

Presidente del tribunal



.....  
Mg.C. Jorge Fabián Troya Sarzosa PhD.

CC. 0501645568

Lector 2



.....  
Mg.C. Alexandra Isabel Tapia Borja

CC. 0502661754

Lector 3

## DEDICATORIA

*A Dios y nuestra Madre del Cielo, por brindarme la fortaleza y confianza de que todo estará bien, porque la Fe me ha levantado en los momentos que he estado a punto de desfallecer.*

*A mi compañero de vida, a mi princesita Aleja y mi príncipe Emmanuel por ser ese pilar fundamental en mi vida, mi sostén durante todo este tiempo, por su gran esfuerzo para que yo pudiera continuar, me siento afortunada de tenerlos en mi vida, los amo.*

*A mis padres Yoly y Ečneber por todo su amor y cariño, por su apoyo incondicional pese a las condiciones de la distancia, siempre han estado ahí para mí. Los amo y los extraño inmensamente.*

*A mi familia y amigos más cercanos, gracias por su aguante durante estos 2 años de ausencia, gracias porque siempre han estado ahí con sus palabras de ánimo y aliento para seguir adelante pese a las circunstancias.*

**Mónica Gallo**

## AGRADECIMIENTO

*Quisiera expresar mi reconocimiento a la UTC y su cuerpo docente, por su apoyo y colaboración para concluir satisfactoriamente nuestros estudios y poder llevar a cabo este proyecto de manera exitosa. Especialmente a Kary, Emerson y Richard que siempre estuvieron ahí para apoyarnos.*

*Este Proyecto de Desarrollo no habría sido posible sin el apoyo de Agrocalidad y mis compañeros, gracias a todos y cada uno de ustedes.*

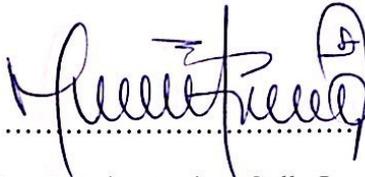
*A mis compañeros y amigos de curso, gracias por su solidaridad y compañerismo, fue un gusto conocerlos y poder compartir con ustedes, al inolvidable Grupo 5 por las malas noches para cumplir siempre con nuestros deberes. Xime e Iván a ustedes un especial reconocimiento y agradecimiento.*

**Mónica Gallo**

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, Marzo, 25, 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mónica Andrea Gallo Lara', written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Mónica Andrea Gallo Lara

C.I. 172026992-5

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Marzo, 25, 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mónica Andrea Gallo Lara', written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and includes a circled letter 'K' at the end.

Ing. Mónica Andrea Gallo Lara

C.I. 172026992-5

## AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Análisis del Riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cupense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, Abril, 09, 2021



.....

Mg.C. Karina Paola Marín Quevedo

CC. 0502672934

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Título: “Análisis del Riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador”**

**Autor:** Gallo Lara Mónica Andrea

**Tutor:** Jácome Mogro Emerson PhD

**RESUMEN**

La presencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) en el continente americano se convierte en una nueva realidad para todos los productores de musáceas del continente; ya que la historia se divide en dos; antes de la presencia de la plaga en Colombia y después de su reporte oficial en agosto de 2019; por esta razón, se crea la necesidad inmediata de realizar el presente trabajo de titulación, con el fin de determinar los niveles de riesgo de introducción de Foc R4T, así como las medidas fitosanitarias y de mitigación asociadas a las diferentes vías de ingreso adaptando la metodología de la “Guía de trabajo para la elaboración de estudios de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) por Plaga” elaborada y aprobada por Agrocalidad bajo Resolución 0002 de enero de 2020. Como resultados se identificaron medidas fitosanitarias adecuadas que ayudarán a prevenir el ingreso de la plaga al Ecuador de acuerdo a las principales vías de dispersión del hongo identificadas como son materiales contaminados de suelo, agua y material vegetal. Dentro de las medidas propuestas se analizó la movilización del material vegetal de propagación, identificación de la procedencia del material, movilización de pasajeros y los medios de transporte, así como las declaraciones adicionales en los certificados fitosanitarios de exportación desde su procedencia entre otras.

**Palabras clave:** Foc R4T, *Fusarium* raza 4, musáceas, medidas fitosanitarias, exclusión.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**POSTGRADUATE OFFICE**  
**MASTER'S DEGREE IN PLANT HEALTH**

**Title: “Risk análisis of de introduction of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (Foc TR4) quarantine pest for Ecuador”.**

**Author: Gallo Lara Mónica Andrea**

**Tutor: Jácome Mogro Emerson PhD**

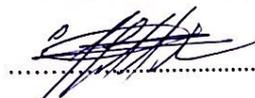
**ABSTRACT**

The presence of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (Foc TR4) in the American continent becomes a new reality for all Musaceae producers; since the story is divided into two fragments; before the presence of the pest in Colombia and after its official report in August 2019; consequently, the immediate need is created to carry out this research to determine the levels of risk of introduction of Foc TR4, as well as the phytosanitary and mitigation measures associated with the different routes of entry, adapting the methodology of the “Work Guide for the preparation of Pest Risk Analysis (PRA) studies by Pest” prepared and approved by “Agrocalidad” under Resolution 0002 of January 2020. As a result, adequate phytosanitary measures were identified that would help prevent the entry of the pest to Ecuador according to the main routes of dispersion of the fungus identified as contaminated soil, water, and plant material. Among the proposed measures, the mobilization of plant propagation material, identification of the origin of the material, mobilization of passengers and means of transport, as well as additional declarations in the phytosanitary export certificates from its origin, among others, were analyzed.

**KEYWORD:** Foc R4T, Fusarium race 4, musaceae, phytosanitary measures, exclusion.

Yo, Collaguazo Vega Wilmer Patricio con cédula de ciudadanía número: 1722417571 Licenciado en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-13-1198178; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “Análisis del riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador.” de Gallo Lara Mónica Andrea aspirante a Magister en Sanidad Vegetal.

Latacunga, abril, 13, 2021

  
.....

Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg. C.  
C.C. 1722417571

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1	Pertinencia académico-científica y social	5
1.2	Justificación de la investigación	6
1.3	Planteamiento del problema	8
1.4	Hipótesis	10
1.5	Objetivos de la Investigación	10
1.5.1	Objetivo General	10
1.5.2	Objetivos Específicos	10
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>11</b>
2.1	Las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF)	11
2.1.1	NIMF Nro. 2 Marco para el análisis de riesgo de plagas	11
2.1.2	NIMF Nro. 5 Glosario de términos fitosanitarios	11
2.1.3	NIMF Nro. 11 Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenaria	12
2.2	Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)	12
2.2.1	Estructura del ARP	13
2.2.2	Ventajas del ARP	15
2.3	Las musáceas	16
2.4	Foc R4T	18
2.4.1	Presencia en Colombia	21
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>	<b>22</b>
3.1	ETAPA I. INICIO DEL PROCESO DE ARP	23
3.1.1	Evento iniciador	23
3.1.2	Identificación del área del ARP	23
3.1.3	Análisis de requisitos fitosanitarios establecidos o ARP previos	24
3.1.4	Categorización de la plaga	25
3.1.5	Conclusión de la Etapa I	26
3.2	ETAPA II. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAGAS	26
3.2.1	Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión	27
3.2.2	Evaluación de las consecuencias económicas potenciales	42
3.3	ETAPA III. MANEJO DEL RIESGO	46

<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>48</b>
4.1	Resultados	48
4.1.1	Etapa 1. Inicio del proceso de análisis de riesgo de plagas	48
4.1.2	Etapa II. Evaluación del Riesgo de Plagas	48
4.1.3	Etapa III. Manejo del Riesgo	53
4.2	Discusión	57
4.2.1	Etapa 1. Inicio del proceso de análisis de riesgo de plagas	57
4.2.2	Etapa II. Evaluación del Riesgo de Plagas	57
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
5.1	CONCLUSIONES	59
5.2	RECOMENDACIONES	61
<b>7</b>	<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS</b>	<b>1</b>

## **1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

La Organización Mundial del Comercio (OMC) con el fin de garantizar un comercio libre, fluido y previsible, es quien se ocupa del establecimiento de la normativa que rige el intercambio comercial entre los países miembros de esta organización. La OMC está basada en normas, las mismas que son acuerdos negociados entre las partes; estos acuerdos pueden establecer los principios sobre los cuales se pueden reducir aranceles aduaneros, así como, abrir y/o mantener los mercados aperturados, también pueden ser parte de la solución de las diferencias que puedan llegar a existir entre las partes y minimizar los obstáculos al comercio entre otros. Desde el ámbito fitosanitario, los países firmaron el Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (AMSF), el cual entró en vigencia el 1ero de enero de 1995; con el objetivo de establecer las normas básicas sobre la inocuidad de los alimentos, la preservación de los vegetales y la salud de los animales (OMC, 2015).

La OMC y el AMSF facultan a los países miembros a que puedan establecer su propia normativa, siempre y cuando la misma esté fundamentada en principios científicos y sea aplicada a los objetivos del presente Acuerdo (OMC, 2015).

El AMSF exhorta a los países miembros hacer uso de las directrices, recomendaciones y normas internacionales existentes, y de igual manera los alienta a aplicar medidas más restrictivas cuando se cuente con la correcta justificación científica; menciona que los miembros pueden utilizar normativa más rigurosa mediante el uso de herramientas adecuadas con el sustento científico sobre la base de una evaluación del riesgo imparcial que evite la discriminación arbitraria al comercio de productos agropecuarios, así como el establecimiento de medidas injustificadas técnicamente (OMC, 2015).

La OMC a través del Acuerdo busca la armonización de las medidas sanitarias y fitosanitarias, mediante el establecimiento de normas, directrices y recomendaciones, todas estas se dictan mediante el reconocimiento y aplicación de las normas internacionales en cada uno de los países, de tal forma que las MSF sean comunes entre los países miembros; es así que en el ámbito fitosanitario, la OMC reconoce a la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) como la organización competente especializada en la preservación vegetal, y encargada de proponer, revisar, aprobar y actualizar las normas, directrices y recomendaciones internacionales para aplicarse en el comercio internacional de productos agropecuarios (Larach, 2004).

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) es un tratado internacional que busca la coordinación en el ámbito de protección fitosanitaria entre los países miembros, con el fin de que se pueda prevenir y combatir la propagación de las plagas de los productos vegetales, y su gobernanza está a cargo de la Comisión de Medidas Fitosanitarias (CMF), la cual se encarga de promover el cumplimiento de los objetivos de la CIPF a través de la elaboración de normativas que permitan armonizar la reglamentación fitosanitaria entre todos los países miembros; entre las normas se incluye el análisis de riesgo de plagas (Tanaka y Larson, 2004).

Estas normativas se conocen como Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) las cuales son aprobadas y adoptadas por la CMF; y tienen por objetivo la armonización de las medidas fitosanitarias aplicadas en el comercio internacional. Las NIMF son directrices y recomendaciones reconocidas por las partes contratantes para ser adoptadas y aplicadas de acuerdo a cada legislación nacional, y proporcionan una guía a los países miembros para cumplir con las obligaciones establecidas por la CIPF, es por ello que la mayoría de los países han establecido organizaciones reguladoras que evalúan y gestionan los riesgos de plagas que amenazan la salud de las plantas (Tanaka y Larson, 2004).

Dentro de las NIMF, se encuentran las medidas que describen los procedimientos para realizar los Análisis de Riesgo de Plagas por vía, tales como NIMF Nro. 2 Marco para el análisis de riesgo de plagas, NIMF Nro. 11 Análisis de riesgo de

plagas para plagas cuarentenaria, donde se consideran las tres etapas para la elaboración del documento como son: Etapa 1: Evento iniciador; Etapa 2: Evaluación del riesgo de plagas y Etapa 3: Manejo del riesgo de plaga, NIMF Nro. 21 Análisis de riesgo de plagas para plagas no cuarentenarias reglamentadas; y adicionalmente la NIMF Nro. 5 Glosario de términos fitosanitarios el cual se va actualizando anualmente dependiendo de las necesidades de las partes contratantes y la NIMF Nro. 8 Determinación de la situación de una plaga en un área. Estas normativas junto con la Resolución 002 Guía de trabajo para la elaboración de análisis de riesgo de plagas (ARP) por plaga de AGROCALIDAD, brindan el soporte técnico científico para la elaboración del presente documento (FAO, 1997).

De acuerdo con la estadísticas, América Latina y el Caribe producen más del 26% del total de la producción mundial (FAOSTAT, 2017; FAOSTAT, 2020). En relación al banano, Ecuador es el principal exportador a nivel mundial, seguido por Costa Rica, Guatemala y Colombia; sin embargo son los 2 primeros países y el último son los que suplen más del 60% de las importaciones de la Unión Europea (FAO, 2018). Así mismo, el 99% del plátano exportado se produce en América Latina (FAO, 2017).

La producción y comercialización de banano juega un papel importante en la economía nacional, ya que representa el segundo rubro en importancia de exportación después del petróleo. De acuerdo con información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través de su Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2020), la mayor producción de banano se concentra en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro, mientras que la mayor producción de plátano se localiza en El Carmen provincia de Manabí; a nivel nacional se cuenta con cerca de 190.381 hectáreas sembradas de Banano, 160.262 ha de Plátano y 5.861 ha de Orito en aproximadamente 16.000 productores, dando un total de 356.504 ha de musáceas a nivel nacional (SIPA, 2021).

De acuerdo con los datos reportados en SIPA (2020), en el año 2019 Ecuador exportó cerca de 6,75 millones de Toneladas a 85 países a nivel mundial, siendo Rusia y Estados Unidos los principales socios comerciales. El valor del producto puesto a bordo - FOB “Free On Board” por sus siglas en inglés, fue de cerca de

3.238 millones de USD, lo que representó una participación agropecuaria en exportaciones del 48,6%.

Los cultivos pertenecientes a la familia de las musáceas son atacados por un sinnúmero de plagas y enfermedades; éstas afectan todos los órganos de la planta como el sistema radicular - cormo, pseudotallo, hojas y frutos; evitando una adecuada actividad fotosintética, correcta absorción de agua y nutrientes, así como anclaje y volcamiento de la planta; todo esto conlleva a efectos secundarios como la disminución en el rendimiento y producción, y la afectación directa sobre la calidad de los frutos. Sin embargo, existe una plaga que es considerada como la plaga más devastadora de las musáceas en el mundo, el *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T). Este hongo es el causante de la muerte de las plantas de musáceas y algunas heliconias, especialmente banano y plátano. El primer reporte de este hongo fue en 1989 en Malasia e Indonesia y se ha venido extendiendo en el continente Asiático, Africano y Oceanía; hasta el momento no existen métodos de control ni variedades resistentes a este hongo; en países de Asia y Australia se están realizando estudios sobre variedades tolerantes. La principal vía de dispersión de Foc R4T es mediante el transporte involuntario de las estructuras reproductivas del hongo asociadas al suelo, el cual se puede ir adherido a vehículos, maquinaria, calzado, ropa o herramientas (Villegas, 2018).

En la década de los 60's, en el Ecuador la Raza 1 de Foc provocó la desaparición de miles de hectáreas de la variedad Gros Michel con un impacto económico (solo estimado para las compañías exportadoras) de US \$2,300 millones de USD; afortunadamente en ese momento existía una variedad resistente a la plaga, y los productores realizaron el cambio de cultivo a la variedad Cavendish. La aparición en el sudeste asiático a principios de los 90 de la raza 4 tropical (R4T), la cual afecta a las variedades del subgrupo Cavendish y a otras variedades como son plátanos (AAB), bananos de cocción tipo Bluggoe (ABB), Gros Michel (AAA), Prata (AAB) y Manzano (AAB), constituye una seria amenaza para la producción de musáceas (Dita *et al.* 2017). Actualmente Foc R4T no está presente en el Ecuador, por lo que es considerada una plaga cuarentenaria que requiere el establecimiento de medidas de mitigación para prevenir su ingreso.

El presente documento cuenta con 7 capítulos que identifican la introducción al documento, fundamentación teórica, metodología, resultados y discusión, conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

### **1.1 Pertinencia académico-científica y social**

Según el artículo 21 del Reglamento de Trabajo de Titulación de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, este proyecto corresponde a la línea de investigación sobre el análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local enfocado en la sub línea Desarrollo económico, bioclimatología y plagas en las regiones del Ecuador.

Hasta junio de 2019 el *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical era una plaga cuarentenaria no presente en el continente Americano; bajo esas circunstancias los planes de contingencia y acción elaborados por las diferentes Organizaciones Nacionales y Regionales de Protección Fitosanitaria estaban enfocados a excluir a la plaga del continente. En relación a la agresividad de Foc R4T y por el alto riesgo de ingreso al país debido a la presión de introducción que se tiene desde que la plaga fue reportada en el vecino país; las medidas fitosanitarias implementadas en el Ecuador (incluidas las medidas de bioseguridad), necesitan de urgencia el sustento técnico-científico mediante la actualización del análisis de riesgo para la exclusión del mencionado patógeno de acuerdo a los últimos lineamientos emitidos a nivel nacional e internacional.

Dentro del presente proyecto se puede encontrar el aporte académico enfocado especialmente a las asignaturas de fitopatología y entomología de las diferentes carreras agrícolas que ofrecen las universidades a nivel nacional, ya que esta es una nueva metodología que puede ser adaptada a las diferentes plagas cuarentenarias para el Ecuador, y que permite evidenciar los posibles problemas y su mitigación hacia los principales cultivos de producción nacional.

Con este proyecto queda abierta una brecha a la problemática fitosanitaria para futuros trabajos de investigación de pregrado y posgrado, que permitan contar con las herramientas necesarias para la toma de decisiones; de igual manera va a brindar

actualización y el fortalecimiento de los currículos o sílabos de las universidades con contenidos actualizados, de tal forma que los estudiantes cuenten con el plus del manejo integral con el conocimiento de plagas cuarentenarias.

Para avanzar con conocimientos teorico-prácticos en el área de estudio, es necesario hacer las siguientes preguntas, las cuales hasta no contar con el documento final no podrán ser determinadas, sin embargo serán las que supondrán el avance:

¿Cuál es la vía de ingreso (medio de dispersión) más susceptible para el ingreso del hongo al país?

¿Está el Ecuador preparado para la aplicación de medidas fitosanitarias en territorio en el momento que se identifique un brote de la plaga?

¿Cuáles van a ser las medidas de mitigación del riesgo?

Por lo antes expuesto, los resultados que se pretenden obtener del presente trabajo serán de gran apoyo para la academia en fortalecer los conocimientos de las musáceas del país, ya que les permitirá desarrollar proyectos en beneficio del sector productor y exportador de musáceas.

## **1.2 Justificación de la investigación**

De acuerdo con Larach (2004), el Acuerdo MSF menciona que los países miembros deben contar con sustentos técnico-científicos para evaluar los riesgos fitosanitarios, así como con procedimientos establecidos que permitan minimizar el riesgo, tales como métodos de producción pertinentes, adecuada metodología de inspección fitosanitaria, vigilancia fitosanitaria (muestreo y pruebas), régimen de cuarentena entre otros. De igual manera menciona que el análisis del riesgo es un proceso que permite evaluar el riesgo, así como desarrollar recomendaciones adecuadas al proceso.

El cultivo de banano a nivel nacional es considerado como el cultivo más importante y de mayor interés económico por su gran aporte al Producto Interno Bruto (PIB) y su contribución en la generación de empleo (ACORBANEC, 2020; CABI, 2021; Mostert *et al.* 2017); este cultivo se ha constituido en la actividad

agrícola más importante de los productores nacionales aportando a la economía del país; pese a la pandemia del año 2020 que atacó al mundo entero (COVID19), según las cifras de la Asociación de Comercialización y Exportación de Banano (ACORBANEC), hasta Agosto de 2020 las exportaciones de esta fruta fueron de 360,64 millones de cajas, un 8,45% más que el 2019 en el mismo periodo en el año 2020 Ecuador. Un tercio de las exportaciones mundiales son originarias del Ecuador lo cual representó al 2019 un ingreso sobre los \$ 3.000 millones de dólares por concepto de divisas. Después de la exportación petrolera, el banano es el principal producto de exportación; de acuerdo al Banco Central del Ecuador, al cierre del año 2019, las exportaciones de banano correspondieron casi al 2,97% del PIB Nacional; y relacionado con el PIB Agropecuario las exportaciones bananeras representaron el 38,07% (ACORBANEC, 2020).

El país necesita contar con un instrumento que ayude a identificar de una manera técnico-científica las medidas fitosanitarias y de mitigación que ayuden a reducir los niveles de riesgo asociados a la importación de mercancías que puedan ser vía de ingreso de la plaga Foc R4T, y de esta forma poder mitigar el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de la plaga que podría ocasionar un potencial de daño económico severo a la producción nacional de musáceas.

De todo lo mencionado anteriormente, se justifica la elaboración del Análisis del riesgo de introducción para la plaga *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) que se presenta como información novedosa y relevante para el país, hasta el año 2020 no existía en el país el procedimiento para elaborar los análisis de riesgos de plagas por plaga, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario – Agrocalidad con fecha 03 de enero de 2020 emitió la Resolución 0002 “Guía de trabajo para la elaboración de análisis de riesgo de plagas (ARP) por plaga” mediante la cual se detalla el procedimiento técnico (metodología) para elaborar estos estudios; los cuales permitirán establecer las medidas fitosanitarias y de mitigación adecuadas de acuerdo al nivel de riesgo de las plagas a ser evaluadas.

### 1.3 Planteamiento del problema

El hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) es una de las plagas más destructivas del cultivo de musáceas en el mundo, Foc R4T también conocido como “marchitez por fusarium”. En el Ecuador en la década de los 60’s, se reportaron los primeros daños en las plantaciones de exportación de “Gros Michel”, ocasionados por la Raza 1 de la marchitez por fusarium, también llamada “mal de panamá”. Fue entonces cuando se empezó a producir la variedad “Cavendish” resistente a la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* reemplazando a la variedad Gros Michel a nivel de todo el cinturón bananero, y el marchitamiento por fusarium dejó de ser un grave problema fitosanitario en el comercio de esta fruta (Ploetz, 2015).

En 1989 en Malasia e Indonesia se presenta una nueva raza de fusarium, la raza 4 tropical (R4T), una variante del patógeno que ataca la variedad cavendish y que en los siguientes años se convertiría en la principal plaga y más devastadora de las musáceas en el hemisferio oriental (Ploetz, 2015).

De acuerdo con cifras oficiales, en el Ecuador existen cerca de 16.000 productores de musáceas y cerca de 200 exportadores de este producto, el país se ha convertido en el principal socio comercial de banano a nivel mundial; en el territorio nacional se producen cerca de 190.381 hectáreas de Banano, 160.262 ha de Plátano y 5.861 ha de Orito, siendo la actividad bananera la principal economía agrícola del país, representando cerca del 3% del Producto Interno Bruto (PIB) Nacional y del 38% del PIB Agropecuario (ACORBANEC, 2020; SIPA, 2021).

Actualmente, Foc R4T es una plaga ausente en territorio nacional, sin embargo, en junio de 2019 se presentaron los primeros brotes de la plaga en el vecino país (Colombia), y por ende el primer reporte en el Continente Americano; es por ello que se crea la necesidad de preparar un documento con las herramientas cualitativas y cuantitativas para evaluar el posible riesgo de entrada, establecimiento y dispersión de la plaga; y las medidas de mitigación que se puedan ejecutar.

De acuerdo con Tanaka y Larson (2004), la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) con el fin de prevenir la introducción y/o propagación de

plagas en el mundo ha establecido varias obligaciones para los países miembros tomando en cuenta siempre los principios para la prevención, introducción y mitigación de plagas; dentro de estas responsabilidades se encuentran las siguientes:

- a. Que los países adopten legislación fitosanitaria, reglamentación o procedimientos oficiales;
- b. que evalúen y manejen los posibles riesgos de plagas;
- c. que protejan las áreas que puedan estar amenazadas por plagas;
- d. que se cree asistencia técnica y capacidad para países en desarrollo;
- e. que apliquen medidas para prevenir la introducción involuntaria de plagas;
- f. que certifiquen que las exportaciones han cumplido los requisitos de los países importadores;
- g. que evalúen y manejen la introducción intencional de organismos que puedan ser plagas, incluidos los supuestos organismos beneficiosos y de control biológico;
- h. que intercambien entre los socios comerciales, información científica y reglamentaria pertinente a las plagas;
- i. que cooperen entre países para reducir al mínimo el impacto de las plagas;
- j. que trabajen en la detección, control y erradicación de plagas de preocupación nacional.

Por lo antes expuesto, y al no existir en el país un documento actualizado posterior al reporte de la presencia de la plaga en el vecino país Colombia, el presente proyecto plantea una adaptación de análisis de riesgo por plaga, a un análisis del riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) al Ecuador.

## **1.4 Hipótesis**

¿Cuál es la vía de ingreso (medio de dispersión) más susceptible para el ingreso del hongo al país?

¿Está el Ecuador preparado para la aplicación de medidas fitosanitarias en territorio en el momento que se identifique un brote de la plaga?

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar los niveles de riesgo de introducción de Foc R4T, las medidas fitosanitarias y de mitigación asociadas a las diferentes vías de ingreso.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Identificar el potencial de afectación de Foc R4T en el Ecuador.

Establecer la línea base para la aplicación de medidas fitosanitarias adecuadas para la mitigación del riesgo de introducción asociado a diferentes vías de ingreso de las musáceas.

Estimar el nivel de riesgo de introducción asociado a las diferentes vías de ingreso.

Identificar las probabilidades de riesgos de introducción y dispersión de la plaga Foc R4T en el Ecuador.

## **2 CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF)**

De acuerdo con la IPPC (2020), las NIMF son normas adoptadas por la Comisión de Medidas Fitosanitarias (CMF), que es el órgano rector de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) – IPPC por sus siglas en inglés, las cuales contienen directrices y recomendaciones reconocidas por los países miembros como la base para el establecimiento de las medidas fitosanitarias a ser aplicadas en cada país; están sustentadas en el Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias (el Acuerdo MSF) a través de la Comisión de Medidas Fitosanitarias (CMF). La CMF alienta a las partes contratantes a la armonización de las normas aprobadas mediante la implementación de legislación nacional que permita a los países miembros contar con instrumentos que no sean obstáculos al comercio de mercancías agrícolas (IPPC, 2020).

Las NIMF que aportan a con directrices para la elaboración de los Análisis de Riesgo de Plagas son las siguientes:

#### **2.1.1 NIMF Nro. 2 Marco para el análisis de riesgo de plagas**

Describe el proceso o el Marco general para la elaboración del análisis del riesgo de plagas para las plagas de las plantas, cuyo objetivo es que cada país miembro pueda contar con la justificación técnico-científica para el establecimiento de medidas fitosanitarias y su reglamentación (NIMF 2, 2007).

#### **2.1.2 NIMF Nro. 5 Glosario de términos fitosanitarios**

Esta norma ha sido preparada y es actualizada anualmente con el fin de que los países miembros cuenten con un glosario de términos fitosanitarios y definiciones de las diferentes cuestiones que ocurren en los sistemas fitosanitarios a nivel

mundial, esto con el fin de que todos los países miembros cuenten con un vocabulario armonizado entre las partes contratantes, el cual ha sido elaborado, revisado y aprobado por todos (NIMF 5, 2019).

### **2.1.3 NIMF Nro. 11 Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenaria**

La presente normativa provee en detalles los procedimientos técnicos paso a paso para la elaboración del análisis de riesgo de plagas (ARP) así como para determinar si las plagas son consideradas o no como plagas cuarentenarias, y describe el proceso integral para ser utilizado en la evaluación del riesgo y seleccionar las opciones en el manejo del riesgo sobre la plaga a ser evaluada (NIMF 11, 2013).

## **2.2 Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)**

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria define el Análisis de Riesgo de Plagas como un proceso de análisis y valoración de las evidencias científicas y económicas para identificar si una plaga debe ser reglamentada y cual debería ser el rigor de las medidas fitosanitarias que se establezcan para su adopción en implementación (IPPC, 2020).

De acuerdo con la NIMF 2 (2007), el análisis de riesgo de plagas (ARP) proporciona los elementos necesarios para el establecimiento de las medidas fitosanitarias adecuadas en un área de estudio específica, brindando la evidencia científica disponible y requerida. Ayuda en la evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión de la plaga análisis, así como ayuda a dimensionar la magnitud de las posibles afectaciones económicas en un área definida. En caso de que el nivel de riesgo de la plaga llegara a ser considerado como inaceptable, el análisis que se realiza puede proponer otras opciones de manejo que permitan continuar con la reducción del riesgo hasta niveles aceptables. Estas medidas de manejo posteriormente se pueden convertir en regulaciones nacionales desde el ámbito fitosanitario.

El Análisis de Riesgo de Plagas por Plaga es un proceso que se puede iniciar por la identificación de una plaga cuarentenaria que pueda poner en peligro la producción nacional, o amanece y ponga en riesgo las exportaciones y por ende se requiera el

establecimiento de medidas fitosanitarias que ayuden a reducir o mitigar el riesgo de introducción, dispersión y/o establecimiento de la plaga en el área de estudio o análisis identificada (AGROCALIDAD, 2020).

En concordancia con la NIMF 5 (2019), una plaga cuarentenaria es una “Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está ampliamente distribuida y se encuentra bajo control oficial” y una plaga es “Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales”, con estas definiciones se realiza el presente estudio, así como las demás definiciones descritas en las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias NIMF Número 5.

### **2.2.1 Estructura del ARP**

La estructura del Análisis de Riesgos de Plaga por Plaga está brindada bajo las directrices de AGROCALIDAD (2020), las cuales fueron armonizadas con la NIMF antes mencionadas.

De acuerdo a la NIMF Nro. 11 y la Resolución 002 de Agrocalidad, el ARP consta de tres etapas:

- Etapa 1: Inicio del proceso de ARP
- Etapa 2: Evaluación del riesgo de plagas
- Etapa 3: Manejo del riesgo de plagas

El proceso de desarrollo de la metodología no es necesariamente un proceso lineal, ya que la búsqueda de información, y análisis de datos sobre la documentación hallada y la comunicación del riesgo se realizan durante todo el proceso de ARP.

A continuación, se describen los pasos principales de cada una de las etapas:

#### **ETAPA I. Inicio del proceso de análisis de riesgo de plagas**

- Evento iniciador: Este proceso se inicia con la identificación de una de las posibles situaciones que puedan estar ocurriendo tales como:

*“a. Aparición de una situación de emergencia al descubrirse una infestación establecida o un brote de una plaga nueva. b. Aparición de una situación de emergencia al interceptarse una plaga nueva en un producto básico importado. c. Identificación del riesgo de una plaga nueva mediante investigación científica. d. Presión de introducción de una plaga en un área. e. Identificación de que una plaga es más perjudicial en un área distinta de su área de procedencia. f. Intercepción de una plaga en repetidas ocasiones. g. Identificación de un organismo como vector de otras plagas”* (AGROCALIDAD, 2020).

- De igual manera, se identifica el área del Análisis de Riesgo de Plagas, se analizan los requisitos fitosanitarios establecidos o Análisis de Riesgo de Plagas previos y se categoriza la plaga.

## **ETAPA II. Evaluación del Riesgo de Plagas**

De acuerdo con la Guía elaborada por Agrocalidad 2020 y la NIMF Nro. 11; en esta etapa se identifica si el nivel de riesgo es aceptable o no; se pueden considerar aspectos como las pérdidas económicas estimadas, el nivel del riesgo aceptado por otros países, entre otros. Es así que, de acuerdo a la información recopilada, la cual debe tener un carácter técnico - científico confiable, se establecen los niveles de riesgo adquiridos Bajo (1), Medio (2) y Alto (3). Al evaluar la probabilidad de introducción y dispersión, esta comprende todo lo que tiene que ver con la entrada de la plaga, así como su establecimiento; para ello se debe realizar un análisis de cada una de las posibles vías de ingreso por donde la plaga en cuestión puede estar vinculada desde su lugar de origen hasta su dispersión y/o establecimiento en el área del ARP (AGROCALIDAD, 2020).

## **ETAPA III. Manejo del Riesgo de Plagas**

Con toda la información que se ha venido trabajando y recabando en las etapas anteriores, en esta etapa se espera identificar el manejo del riesgo de la plaga en estudio, esta sección se puede definir como la estimación y selección de las opciones que van a permitir reducir el riesgo de introducción y dispersión de una plaga cuarentenaria. Lo que busca esta etapa es encontrar el grado necesario de

seguridad fitosanitaria, el cual debe contar con la justificación técnica necesaria y el mismo que debe ser viable con los recursos disponibles (NIMF 11, 2013).

Esta etapa finaliza con las conclusiones sobre si se cuenta o no con medidas fitosanitarias a aplicarse, las cuales deben ser factibles y eficaces, tomando en cuenta que los costos para su aplicación sean los apropiados para minimizar en nivel de riesgo de plaga en evaluación, y que estas medidas conlleven a un nivel aceptable (NIMF 11, 2013).

### **2.2.2. Ventajas del ARP**

Dentro de los principios y las obligaciones que se deben tener en cuenta en el marco de la CIPF y el Acuerdo MSF, es importante resaltar el concepto sobre el nivel adecuado de protección, el cual respalda la toma de decisiones sobre la base de un ARP; así como los principios de equivalencia, la no discriminación, la gestión del riesgo entre otros (Griffin, 2000).

Los ARP se han convertido en la base técnica de cada uno de los países a través de las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) para la reglamentación fitosanitaria; adicionalmente, el ARP puede ser utilizado para:

- *justificar medidas;*
- *evaluar medidas en vigor o las medidas de otros;*
- *clasificar los riesgos para establecer prioridades en las actividades operacionales;*
- *identificar prioridades de investigación y necesidades de información;*
- *evitar controversias, identificando los puntos técnicos de diferencia en los que la información no exista o sea distinta;*
- *respaldar argumentos en las controversias;*
- *proporcionar la base para tratar de mantener la coherencia en la adopción de decisiones basada en el riesgo; y*
- *ahorrar tiempo y recursos cuando ya se haya hecho un trabajo análogo* (Griffin, 2000).

### 2.3. Las musáceas

Actualmente los cultivares locales y de exportación suelen ser triploides partenocárpicos de propagación vegetativa, para su identificación se utiliza un sistema abreviado para indicar las contribuciones haploides relativas de estas especies a los cultivares: *M. acuminata* (A) y *M. balbisiana* (B); un ejemplo de ello son los cultivares Gros Michel y Cavendish, los cuales son triploides, *M. acuminata* puro (AAA), mientras que los plátanos son triploides 2/3 de *M. acuminata* , 1/3 de *M. balbisiana* (AAB) (Ploetz, 2015).

Existen cientos de cultivares de banano, sin embargo el subgrupo Cavendish es el más significativo a nivel comercial ya que han sido la base para las exportaciones desde la década de los 50's, los clones de Cavendish representan la mayor parte de la producción de exportación a nivel mundial con alrededor del 15% del total de la producción y también representan el 28% de la fruta de consumo local, el fruto es de tamaño mediano con piel verde claro a amarillo, la pulpa es blanca, cremosa, suave y dulce. Adicionalmente, las musáceas cuentan con el subgrupo de plátano AAB, que es importante en África occidental de donde se menciona es el centro de diversidad de esta fruta y América tropical donde es muy consumido localmente; el plátano es responsable de un 21% de la producción mundial; significando que 2 de los 50 subgrupos de musáceas representan el 64% de toda la producción. La fruta de plátano es almidonada y para su consumo debe cocinarse, la pulpa es de color naranja cremoso claro, firme, y de textura fina (CABI, 2019; Ploetz, 2015).

De acuerdo con (FAO, 2009), los cultivos de musáceas están distribuidos a nivel mundial en cerca de 125 países en los 5 continentes (38 países en África, 37 América, 27 Asia, 5 Europa y 18 Oceanía).

#### 2.3.1 Generalidades taxonómicas y del cultivo

**Dominio:** Eukaryota

**Reino:** Plantae

**Phylum:** Spermatophyta

**Subfilo:** Angiospermas

**Clase:** Monocotyledonae

**Orden:** Zingiberales

**Familia:** Musaceae

**Género:** Musa

**Nombre común:** Plátano / Banano

(CABI, 2019)

Las condiciones edafoclimáticas adecuadas para las musáceas son climas cálidos y húmedos con una temperatura óptima de 27°C, tienen un alto requerimiento de luz, y al menos 1000 mm agua anual. Las musáceas requieren suelos ricos en materia orgánica, bien drenados y aireados, las plantas se desarrollan con pH entre 5,5 y 7,0.

La propagación de las plantas de banano generalmente es vegetativa a partir de los brotes que crecen de la base de la planta (también llamados chupones – hijos), o de los bulbos subterráneos conocidos como rizomas. Existen 3 tipos de hijos producidos por la planta madre, las doncellas (tienen un gran pseudotallo que no produce frutos), los hijos de agua (tienen pseudotallos cortos, hojas anchas y no están fuertemente adheridos al rizoma, por lo que generalmente producen plantas más débiles y menos frutos) y los hijos de espada (tienen una base estrecha, un pseudotallo corto, hojas estrechas en forma de espada y producen pseudotallos fructíferos y sanos cuando maduran), por lo que estos últimos son los preferidos para mantener la plantación (CABI, 2019; PSU, s. f.).

### **2.3.2. Producción del Ecuador**

El cultivo de banano es un cultivo muy importante a nivel mundial, se encuentra de forma silvestre, semisilvestre y comercial; puede mostrarse como uno de los productos más difundidos por su importancia en la alimentación de millones de personas, su impacto económico, social, cultural y de desarrollo (Magdama *et al.* 2019).

El cultivo de banano y la industria que se beneficia indirectamente genera empleo a más de un millón de familias, lo que representa cerca de 2,5 millones de personas, que en porcentaje equivalen aproximadamente al 17% de la población nacional, que de una u otra manera dependen de la industria bananera. Las exportaciones del

banano ecuatoriano están segregadas a: Unión Europea (42%) USA (21%) Rusia (20%), Cono Sur (6%) y el 11% restante se enfoca en mercados de Medio Oriente, Europa del Este, África del Norte y Asia (INIAP, 2020).

De acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), reportan que para el 2019 se cuenta con una superficie de siembra de 356.504 hectáreas de musáceas (banano, plátano y orito), concentrando la mayor producción de banano en tres provincias del litoral, como Guayas, Los Ríos y El Oro (92%), el plátano en la provincia de Manabí y el Orito en la provincia de Cotopaxi (SIPA, 2021). Los rendimientos de las musáceas están directamente relacionados al nivel de tecnificación, la zona de producción y el tamaño de la explotación; sin embargo, es de mencionar que el rendimiento nacional reportado es de alrededor de 1700 cajas/ha/año, relativamente baja en comparación con los principales competidores como Colombia, Costa Rica y Filipinas, los cuales alcanzan una productividad promedio de 2200, 2500 y 3000 cajas/ha/año, respectivamente (INIAP, 2020).

Las musáceas se ven amenazadas por diferentes problemas fitosanitarios; la severidad de la raza 1 de Foc que acabó con la variedad Gros Michel (Mal de Panamá), fue motivo para que los productores se cambiaran a la nueva variedad resistente del grupo Cavendish que habían presentado alta resistencia a la raza 1 del agente causal de la enfermedad. Actualmente la Raza 4 Tropical representa una seria amenaza debido a las grandes pérdidas que están ocasionando en los países donde está presente y a su falta de medidas fitosanitarias que aseguren el control (INIAP, 2020).

## **2.4 Foc R4T**

### **2.4.1 Generalidades taxonómicas y de la plaga**

**Dominio:** Eukaryota

**Reino:** Hongos

**Filo:** Ascomycota

**Subfilo:** Pezizomycotina

**Clase:** Sordariomycetes

**Subclase:** Hypocreomycetidae

**Orden:** Hypocreales

**Familia:** Nectriaceae

**Género:** *Fusarium*

**Especie:** *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* raza 4 tropical

(CABI, 2019)

La Raza 4 Tropical (R4T) es la última raza identificada del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp *cubense*, el cual, es un patógeno transmitido por el suelo que ataca las raíces de la planta del banano obstruyendo el sistema vascular y ocasionando la enfermedad de la marchitez por *Fusarium* en banano. La propagación del hongo se da a través de material vegetal infectado o de partículas contaminadas de suelo adheridas a diferentes herramientas, vehículos, zapatos, prendas de vestir, incluso animales domésticos y silvestres. Otra de las fuentes de inóculo de la plaga, es el sistema de riego, o el agua que se mueve a través de los drenajes de las fincas infectadas; de igual manera, fenómenos naturales como los tifones y otras tormentas pueden mover el hongo de Foc R4T a plantaciones libres del mismo (FAO, 2021; Cheng *et al.* 2019; Villegas, 2018).

La propagación del hongo Foc R4T se da comúnmente por los retoños y rizomas (hijos) infestados, así como por el agua, la maquinaria agrícola o por el suelo; la capacidad que tiene este hongo para sobrevivir sin su hospedante es de hasta por 30 años y su rango de hospedantes es mucho más amplio que el de las otras cepas Foc; ya que el hongo afecta a muchas variedades, incluida la variedad de banano Cavendish (el cual representa más de la mitad de las exportaciones mundiales de banano). Hasta el momento se supone que más del 80% de la producción mundial de banano es susceptible a la plaga Foc R4T y que una vez establecida en el sitio de producción puede provocar hasta el 100% de pérdida (FAO, 2021; Mostert *et al.* 2017) .

Para sobrevivir, el hongo adopta una forma de esporas con una pared gruesa llamadas *clamidosporas*– lo que le permite permanecer latente en diferentes plantas hospedantes o en el suelo durante varias décadas (FAO, 2021).

De acuerdo con Dita *et al.* (2018), en la Figura 1. se puede observar el ciclo de vida de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cabense* (Foc) del banano; así como el proceso de infección, interacción planta-patógeno y desarrollo de enfermedades.



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cabense* (Foc) del banano.

**Fuente:** Dita *et al.* 2018

(A) Las esporas (micro y macro conidios y clamidosporas) descansan en el suelo o en hospedadores alternativos como las malezas. (B) Las clamidosporas germinan estimuladas por los exudados de las raíces y los tubos germinativos penetran en las raíces del banano. (C) Foc crece a través de la corteza hasta la epidermis y el micelio invade el sistema vascular. (D) Los conidios y clamidosporas se producen constantemente en los tejidos vasculares. Los conidios se distribuyen rápidamente a través de la planta a través del sistema de transpiración. El micelio y la encía bloquean los tejidos vasculares y los primeros síntomas de coloración amarillenta se observan en las hojas más viejas. (E) Foc coloniza y destruye más tejidos vasculares provocando un intenso marchitamiento. (F) La planta infectada muere y la planta seguidora (hija), que fue contaminada por la planta madre a través de la conexión vascular, muestra síntomas iniciales. La planta madre eventualmente se cae y el ciclo de la enfermedad comienza de nuevo.

Foc R4T es considerada como la enfermedad fúngica más destructiva, notoria y aún incontrolable de las musáceas, es causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (Foc), el cual es principalmente transmitido por el suelo, y ha venido devastando la producción de musáceas (banano y plátano) en el mundo. Foc R4T es el agente causal de la enfermedad del marchitamiento por *Fusarium* y actualmente es considerada la enfermedad más grave que afecta a toda la industria bananera (Cheng *et al.* 2019).

De acuerdo con Dita *et al.* (2013), el crecimiento del hongo aumenta durante los meses más húmedos y cálidos, ya que el micelio de Foc crece entre temperaturas de 9 a 38°C, pero su meseta de crecimiento se da entre los 23 y 27 °C.

#### **2.4.1 Presencia en Colombia**

El 8 de agosto de 2019, la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria de Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), confirmó la presencia de la Raza 4 Tropical en el Departamento de La Guajira, zona costera en el extremo norte del país; al día siguiente un departamento costero del norte del país. Al día siguiente declaró una “Emergencia Fitosanitaria” convirtiéndose de esta manera en el primer país de América con un reporte oficial sobre la presencia de Foc R4T en Latinoamérica.

Según los reportes del ICA, hasta la fecha se han podido seis granjas en cuarentena, y se han erradicado cerca de 175 hectáreas en la zona norte del país. Esto pone en grave riesgo fitosanitario a todos los países de la región (ProMusa, 2021).

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

El presente proyecto de desarrollo utilizó la Guía de trabajo “Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) por Plaga” elaborada y aprobada por Agrocalidad bajo Resolución 0002 de enero de 2020; la cual se encuentra armonizada con las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias – NIMF N°2, NIMF N°5, NIMF N°8 y NIMF N°11 como instrumento adaptado que permitió el desarrollo del presente proyecto. La guía se encuentra como Anexo 1. del presente proyecto ya que forma parte del sustento de la metodología aplicada.

El proceso de elaboración de un Análisis de Riesgo de Plagas por Plaga puede dar inicio cuando se identifique que una plaga cuarentenaria “*Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está ampliamente distribuida y se encuentra bajo control oficial*” (FAO, 2019). Las medidas fitosanitarias que se puedan requerir para mitigar el riesgo de introducción y/o dispersión de la plaga en una determinada área va a depender del documento finalizado.

La evidencia documental será tomada en relación a las diferentes bases de datos existentes para este propósito, así como a una amplia revisión bibliográfica en artículos científicos que permitan brindarles mayor confiabilidad a los resultados esperados (en este caso las medidas de mitigación que deben ser aplicadas para la exclusión de la plaga).

Esta metodología ha sido adaptada al formato establecido para el presente Proyecto de Desarrollo con el fin de cumplir con los requisitos establecidos, y estará enfocada en tres etapas:

- ETAPA I. Inicio del proceso de ARP: Identificación del área del ARP, el análisis de los requisitos fitosanitarios establecidos o ARP previos y la categorización de la plaga.
- ETAPA II. Evaluación del riesgo de plagas: Describe la evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión, así como la evaluación de las consecuencias económicas potenciales.
- ETAPA III. Manejo del riesgo: Es la parte final del estudio donde se realiza el análisis de mitigación del riesgo, se identifica y seleccionan las opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo, definen los certificados fitosanitarios y otras medidas de cumplimiento.

### **3.1 ETAPA I. INICIO DEL PROCESO DE ARP**

#### **3.1.1 Evento iniciador**

El presente Análisis del Riesgo de introducción de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador es iniciado a partir de la identificación de las siguientes situaciones:

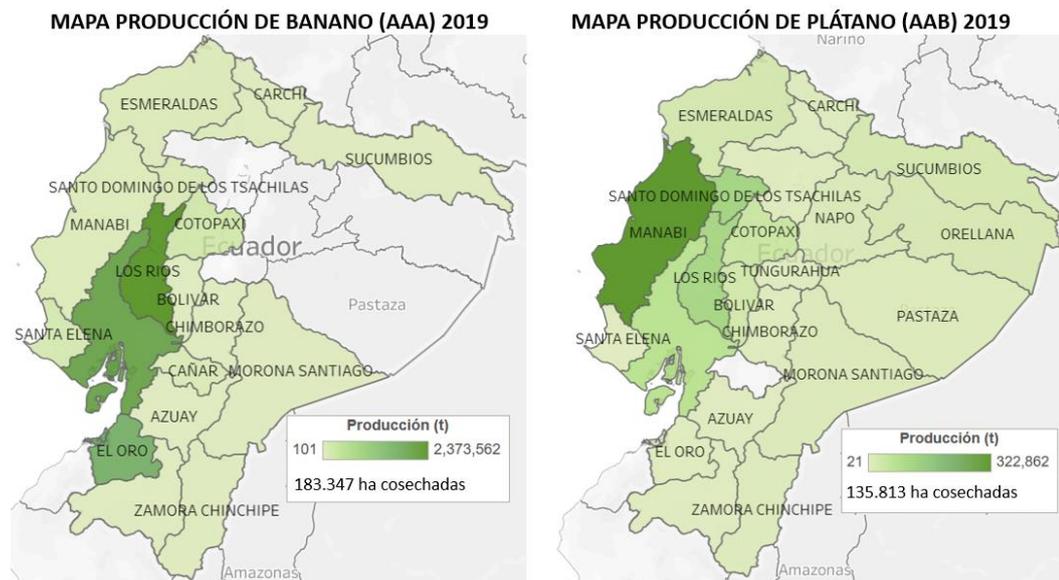
- Aparición de una situación de emergencia al descubrirse una infestación establecida o un brote de la plaga *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) en el vecino país (Colombia).
- Presión de introducción de la plaga Foc R4T al Ecuador por las diferentes vías.

#### **3.1.2 Identificación del área del ARP**

Según SIPA (2020), en su Boletín Panorama Agroestadístico 2020, la superficie de cosecha de musáceas (banano y plátano) en el año 2019 estaba cerca de las 320.000 ha; y las musáceas son el producto agropecuario de mayor importancia económica y social en el Ecuador.

El banano es el principal producto de exportación agrícola del Ecuador, siendo reconocido internacionalmente por su calidad organoléptica y fitosanitaria, lo que ha llevado a ser el mayor exportador del mundo en este rubro. Actualmente la

producción de musáceas está en las 23 provincias de Ecuador continental, siendo Manabí la principal productora de plátano y Los Ríos, Guayas y El Oro las principales provincias productoras de banano; por tal motivo, el área del presente estudio es la totalidad del territorio ecuatoriano.



**Figura 2.** Mapa de producción de musáceas en Ecuador.

**Fuente:** (SIPA, 2021)

### 3.1.3 Análisis de requisitos fitosanitarios establecidos o ARP previos

De acuerdo con la información revisada, para Ecuador se puede evidenciar la existencia de requisitos fitosanitarios para la importación de plantas *in vitro* de musáceas (*Musa* spp.) obtenido por biotecnología moderna (cultivo de meristemas), los cuales fueron establecidos mediante la Resolución 048 expedida el 17 de mayo de 2011; así como un Plan Nacional de contingencia para la prevención, control y erradicación de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) establecido mediante Acuerdo Ministerial el 17 de septiembre de 2014 y actualizado el 09 de diciembre de 2020 mediante Acuerdo Ministerial 142; de igual manera data un Análisis de Riesgo de Plagas elaborado en marzo de 2017.

A nivel regional, tanto la Organización Regional de Protección Fitosanitaria (ORPF) de Centroamérica que es OIRSA (Organismo Internacional Regional de

Sanidad Agropecuaria), así como algunas Organizaciones Nacionales de Protección Agropecuaria (ONPF) de la misma región han venido preparando documentos que les permitan establecer medidas para la mitigación del riesgo existente por la presencia de Foc R4T en el continente.

En el año 2013, OIRSA publicó el primer Plan de contingencia contra Foc R4T para todos los países miembros de este Organismo, el cual fue actualizado en el año 2017 por Dita *et al.* 2017. Durante los últimos años OIRSA ha venido trabajando en todos los temas relativos a Foc R4T, elaborando en el año 2018 el Análisis de Riesgo de Plagas para *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) con el fin de identificar y caracterizar las áreas de bajo riesgo/peligro, las vías de posible ingreso de la plaga, su probable establecimiento y dispersión, así como los potenciales de daño económico (directos e indirectos), de igual manera, ayuda a establecer las medidas fitosanitarias que permitirán contribuir a la protección de la situación fitosanitaria de los socios (Villegas, 2018).

#### **3.1.4 Categorización de la plaga**

*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 tropical está determinada como una Plaga cuarentenaria no presente en Ecuador, de acuerdo con la Resolución 0122 de Agrocalidad, expedida el 15 de septiembre de 2017. Así mismo, en el Anexo 2. se puede evidenciar el Acuerdo Ministerial 142, el cual contiene la Ficha técnica de Foc R4T en la cual menciona que: “Puesto que Foc es una especie genéticamente heterogénea y posiblemente ha tenido varios orígenes, la compatibilidad vegetativa se usa para clasificar en grupos, los aislamientos que comparten el mismo alelo de los genes que controlan la formación de un heterocarión (una célula con dos núcleos distintos). Dado que los alelos en cada locus (la ubicación del gen en el cromosoma) deben ser idénticos para que los aislados sean compatibles vegetativamente, se supone que los aislados dentro de un VCG se derivan clonalmente. Según Ploetz (2015) citado por Dita (2018), hasta la fecha se conocen al menos 24 VCGs para Foc, que pueden afectar a *Musa acuminata*, *M. balbisiana*, *M. schizocarpa* y *M. textilis* (Musaceae: Zingiberales).

Recientes estudios filogenéticos (N. Maryani, 2018) realizados en Indonesia, centro origen de las especies silvestres y cultivadas de musáceas, las cuales co-evolucionaron con Foc, revelaron nueve linajes genéticos independientes para Foc y un nuevo grupo en las especies del complejo *Fusarium oxysporum*. Pruebas de patogenicidad realizados con aislados del linaje 1, denominado *Fusarium odoratissimum* N. Maryani, Lombard, Kema & Crous, sp. nov. (MycoBank MB826800), por el peculiar olor de los cultivos, resultaron ser patogénicas para Cavendish y Gross Michel, clasificadas anteriormente como Foc R4T” (AGROCALIDAD, 2020).

### **3.1.5 Conclusión de la Etapa I**

De acuerdo con la información presentada en la Etapa I del presente documento, y basados en que la plaga *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T), es una plaga ausente en territorio ecuatoriano (plaga cuarentenaria), el presente estudio continúa su curso, ya que el posible ingreso de la plaga al Ecuador y más aún a las principales zonas de producción nacional de musáceas (Los Ríos, Guayas, El Oro y Manabí); podría ocasionar resultados catastróficos a la estabilidad económica y social del país.

## **3.2 ETAPA II. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAGAS**

Según la NIMF No. 11, los países deberán decidir qué nivel del riesgo es aceptable para ellos considerando por ejemplo las pérdidas económicas estimadas, el nivel del riesgo aceptado por otros países, entre otros (AGROCALIDAD, 2020).

Antes de iniciar la Etapa II, es necesario mencionar las consideraciones para emitir una calificación del riesgo a cada uno de los parámetros a evaluarse en esta etapa, es así que, según la información técnica – científica confiable recopilada como respaldos bibliográficos, en cada uno de ellos, se deberá otorgar un nivel de riesgo Bajo (1), Medio (2) y Alto (3) (AGROCALIDAD, 2020).

En el caso de no obtener toda la información necesaria para el análisis y evaluación de los parámetros señalados a continuación, el nivel de riesgo se considerará Alto (3) (AGROCALIDAD, 2020).

### **3.2.1 Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión**

Para evaluar la probabilidad de introducción y dispersión de Foc R4T, se identificarán las vías de ingreso por las cuales la plaga puede tener relación desde su lugar de origen o procedencia con el Ecuador, así como las probabilidades de que a su llegada la misma se pueda dispersar y establecer en el País (AGROCALIDAD, 2020).

#### **3.2.1.1 Probabilidad de la entrada de una plaga.**

La probabilidad de entrada de una plaga depende de las vías seguidas desde el país exportador hasta el lugar de destino, de la frecuencia y cantidad de las plagas asociadas con ellas. Mientras existan más vías, habrá mayores probabilidades de que la plaga entre al área de ARP (AGROCALIDAD, 2020).

##### **A. Identificación de vías para un ARP iniciado por una plaga.**

De acuerdo con la NIMF N°5, una Vía es “*cualquier medio que permita la entrada o dispersión de una plaga*” (FAO, 1990; revisado FAO, 1995; NIMF 5 Glosario de términos fitosanitarios, CIPF, 2017).

De acuerdo con (Dita *et al.* 2013), las vías de la plaga Foc R4T en el comercio son:

- *Plantas para plantar;*
- *Partes de plantas no destinadas para la siembra;*
- *Partes de plantas utilizadas como empaque;*
- *Suelo;*
- *Suelo que se moviliza como contaminantes en otros artículos (productos vegetales, maquinaria, contenedores, herramientas agrícolas, aperos de labranza, calzado, gomas de equipos de transporte, etc).*

En base a la información antes descrita, a continuación, se identifican las posibles vías mediante las cuales existe la posibilidad de que la plaga pueda ingresar al país:

**Tabla 1.** Lista de identificación de las posibles vías de riesgo de ingreso de Foc R4T.

Vía	Uso propuesto
Plantas in vitro	Siembra
Planta de musácea con/sin raíz	Siembra
Rizomas - Cormos	Siembra
Semillas	Siembra
Sustratos con plantas	Sustrato
Fruta fresca	Consumo / Industrialización
Fruta congelada/deshidratada	Consumo / Industrialización
Pulpa de fruta	Consumo / Industrialización
Harinas	Consumo / Industrialización
Hojas frescas, secas, congeladas	Consumo/Industria
Inflorescencia	Ornamental
Artesanías a base de musáceas	Decoración
Pasajeros y su equipaje	No aplica
Suelo adherido a calzado	No aplica
Suelo adherido a contenedores	No aplica
Animales silvestres en contacto	No aplica
Vehículos con suelo adherido	No aplica

Es importante mencionar, que en la actualidad no existe evidencia sobre la distribución de Foc R4T en frutos; su principal forma de dispersión es a través del movimiento de material de propagación (hijos) asintomáticos pero infectados de *Musa* spp. y *Heliconia* spp. aproximadamente entre el 30 y el 40% de los hijos obtenidos de un rizoma de banano Cavendish resultan infectados por el hongo. El suelo es otra de las formas de dispersión del patógeno, el cual es movilizado a través de material vegetal de propagación y de maquinaria, contenedores, herramientas agrícolas, calzado, o animales etc (Hong-ji *et al.* 1986).

Se realizó una búsqueda en el sistema de datos públicos de Agrocalidad con el fin de identificar los requisitos fitosanitarios de importación (RFI) establecidos para cada una de las vías identificadas y para las especies de *Musa* y *Heliconias*, de acuerdo a los usos propuestos de competencia de Agrocalidad; evidenciando que únicamente existen RFI para Plantas in vitro de 3 países de Centroamérica, los cuales son países declarados como libres de Foc R4T.



PRODUCTO

Exportación

Importación

Tránsito

Nacional

Área

Sanidad Vegetal

País:

Seleccione...

Producto

banano

Partida Arancelaria

Sistema Gestorador Unificado de Información Agropecuaria 2013 Gestión Tecnológica

BUSCAR

**SOLO PARA IMPRESO**

Requisito que unicamente se muestra en el certificado impreso.

DATOS GENERALES	
Tipo	Plantas y partes de plantas in vitro
Subtipo	Plantas in vitro
Nombre de producto ( <i>nombre científico</i> )	banano ( <i>Musa sapientum</i> )
Partida recomendada	0602200000
Unidad de medida según arancel	U
Código de Agrocalidad	A0001

**COSTA RICA**

Mostrar país en la versión impresa

---

**HONDURAS**

Mostrar país en la versión impresa

---

**MÉXICO**

Mostrar país en la versión impresa

A continuación, se describen los RFI asociados a las vías de ingreso:

**COSTA RICA**

Quitar país en la versión impresa

Requisitos para importación

SOLO PARA IMPRESO

R1 - Certificado fitosanitario de exportación emitido por la ONPF del país de origen en el que se consigne lo siguiente: 1, Declaración adicional: "Las plantas in vitro deben estar libres de: Banana bunchy top virus (BBTV), Banana streak badnavirus (BSV), Banana bract mosaic potyvirus (BBMV), Banana bract mosaic virus (BBBMV), Abaca mosaic virus (ABTV), Abaca mosaic virus (AbamV), Banana mild mosaic virus (BanMMV), Banana virus X (BVX) y Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza tropical 4 mediante análisis de laboratorio N° ....;

- El material ingresará a cuarentena posentrada en las instalaciones aprobadas por AGROCALIDAD por un periodo de 3 meses.

- Las plantas in vitro provendrán del centro de propagación autorizado AGRIBIOTECNOLOGIA DE COSTA RICA S.A. y Cristal Vitro.

SOLO PARA IMPRESO

R2 - El envío estará contenido en empaques nuevos de primer uso y deben estar libres de cualquier material extraño

SOLO PARA IMPRESO

R3 - El envío debe venir libre de suelo y cualquier material extraño

SOLO PARA IMPRESO

R4 - Inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.

**HONDURAS**

Quitar país en la versión impresa

Requisitos para importación

**SOLO PARA IMPRESO**

R1 - Certificado fitosanitario de exportación emitido por la ONPF del país de origen en el que se consigne lo siguiente: 1, Declaración adicional: " Las plantas de musáceas in vitro se encuentran libres de Banana streak virus (BSV) mediante análisis de laboratorio N°...realizado en...de fecha...y Banana bunchy top virus (BBTV), Banana bract mosaic potyvirus (BBMV), Banana bract mosaic virus (BBrMV), Abaca mosaic virus (ABTV), Abaca mosaic virus (AbaMV), Banana mild mosaic virus (Ban MMV), Banana virus X (BVX) y Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza tropical 4 son plagas no presente en la República de Honduras"

- El material ingresará a cuarentena posentrada en las instalaciones aprobadas por AGROCALIDAD por un periodo de 3 meses.

- Las plantas in vitro provendrán de los centros de propagación autorizados: GALILTEC S.A. de C.V.

**SOLO PARA IMPRESO**

R2 - El envío estará contenido en empaques nuevos de primer uso y deben estar libres de cualquier material extraño

**SOLO PARA IMPRESO**

R3 - El envío debe venir libre de suelo y cualquier material extraño

**SOLO PARA IMPRESO**

R4 -Inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.

**MÉXICO**

Quitar país en la versión impresa

Requisitos para importación

**SOLO PARA IMPRESO**

R1 - Certificado fitosanitario de exportación emitido por la ONPF del país de origen en el que se consigne lo siguiente: 1, Declaración adicional: "Las plantas in vitro deben estar libres de: Banana bunchy top virus (BBTV), Banana streak badnavirus (BSV), Banana bract mosaic potyvirus (BBMV), Banana bract mosaic virus (BBrMV), Abaca mosaic virus (ABTV), Abaca mosaic virus (AbaMV), Banana mild mosaic virus (BanMMV), Banana virus X (BVX) mediante análisis de laboratorio N° ... y país libre de Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza tropical 4";

- El material ingresará a cuarentena posentrada en las instalaciones aprobadas por AGROCALIDAD por un periodo de 3 meses

- Las plantas in vitro provendrán del centro de propagación autorizado NATURE SOURCE IMPROVED PLANTS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

**SOLO PARA IMPRESO**

R2 - El envío estará contenido en empaques nuevos de primer uso y deben estar libres de cualquier material extraño

**SOLO PARA IMPRESO**

R3 - El envío debe venir libre de suelo y cualquier material extraño

**SOLO PARA IMPRESO**

R4 -Inspección fitosanitaria en el punto de ingreso.

Adicionalmente, CABI (2021) muestra que la plaga se ha venido moviendo a nivel mundial y actualmente está presente en 20 países, 2 países africanos, 16 países asiáticos, uno de Oceanía y uno del continente americano.

En la siguiente tabla se encuentra a manera de resumen la información sobre los países y las regiones donde se ha evidenciado la presencia de la plaga, la cual ha sido actualizada hasta 02 de octubre de 2020.

**Tabla 2.** Distribución geográfica de Foc R4T

<b>Continente / País / Región</b>	<b>Distribución</b>
<b>AFRICA - 2 países</b>	
MAYOTTE	Presente, Localizado
MOZAMBIQUE	Presente, Localizado
<b>ASIA - 16 países</b>	
INDONESIA	Presente
-Borneo	Presente
CHINA	Presente
-Fujian	Presente
-Guangdong	Presente
-Guangxi	Presente
-Hainan	Presente
-Yunnan	Presente
INDIA	Presente
-Bihar	Presente, pocas ocurrencias
-Gujarat	Presente
-Madhya Pradesh	Presente
-Uttar Pradesh	Presente
ISRAEL	Presente, transitorio en fase de erradicación
JORDAN	Presente
LAOS	Presente
LÍBANO	Presente
MALASIA	Presente
MYANMAR	Presente
OMAN	Presente
PAKISTÁN	Presente
FILIPINAS	Presente
TAIWÁN	Presente
TAILANDIA	Presente, pocas ocurrencias
TURKIA	Presente
VIETNAM	Presente
<b>OCEANÍA - 1 país</b>	
AUSTRALIA	Presente, Localizado
-Territorio del Norte	Presente, Localizado

- Queensland	Presente, pocas ocurrencias
<b>AMÉRICA - 1 país</b>	
COLOMBIA	Presente, Localizado

Fuente: (CABI, 2021)

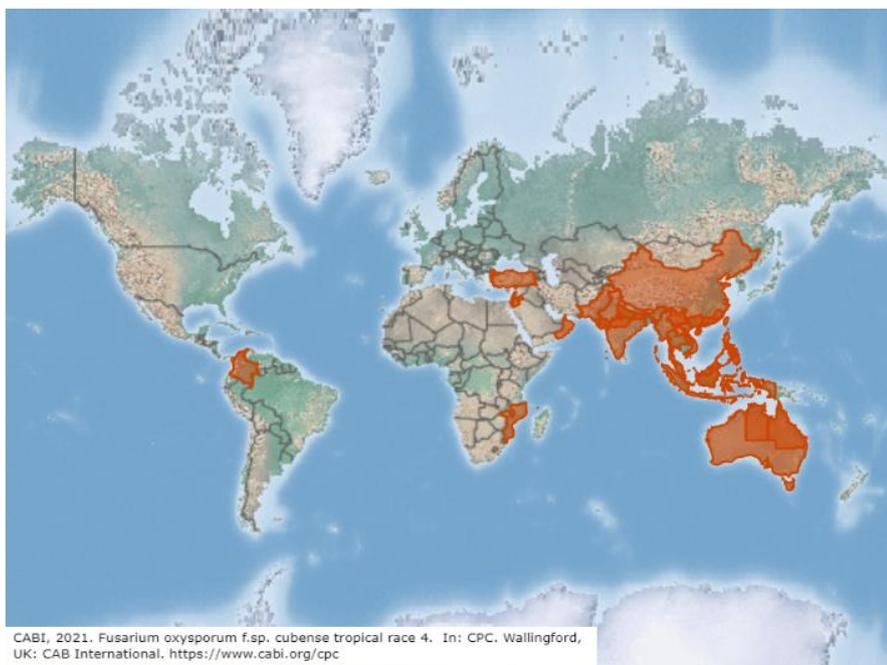


Figura 3. Mapa Distribución geográfica de Foc R4T

Fuente: (CABI, 2021)

Otro de los puntos a analizar para la identificación de las vías, son los rangos de hospedantes que tiene la plaga. De acuerdo con Pérez-Vicente (2015), los principales hospedantes de Foc R4T son especies de *Musa* y *Heliconia*.

**Tabla 3.** Rango de hospedantes de Foc R4T

Nombre de planta	Familia	Contexto
<i>Heliconia caribaea</i>	Heliconiaceae	Otro
<i>Heliconia mariae</i>	Heliconiaceae	Otro
<i>Heliconia psittacorum</i>	Heliconiaceae	Otro
<i>Musa</i> (banano)	Musáceas	Principal
<i>Musa acuminata</i> (plátano silvestre)	Musáceas	Principal
<i>Musa balbisiana</i>	Musáceas	Otro
<i>Musa textilis</i> (cañamo de manila)	Musáceas	Otro

Fuente: (CABI 2021)

Si bien es cierto, se conoce que Foc R4T es un hongo de particular preocupación porque afecta a muchas variedades y especies de la familia de musáceas y heliconáceas, es importante mencionar que Foc R4T es un hongo muy patogénico para la variedad de banano Cavendish (AAA), la principal variedad de importancia comercial de la especie *Musa acuminata* (Cheng *et al.* 2019).

### **B. Probabilidad de que la plaga esté asociada con la vía en el lugar de origen.**

Según Pérez-Vicente (2015), actualmente lo mejor que pueden hacer los países productores de musáceas que aún no tienen presencia de la plaga es la “exclusión”; la cual consiste en la “*Aplicación de medidas fitosanitarias para prevenir la entrada o el establecimiento de una plaga en un área*” (CIPF, 2019b).

La plaga también llamada mal de Panamá, o Foc R4T, hasta la actualidad una vez que se introduce en un área nueva no ha sido posible su erradicación, a la presente fecha, no se cuenta con medidas fitosanitarias eficaces que permitan su control total hasta la erradicación, las medidas que se aplican tienen baja eficacia, y se están estudiando nuevas variedades de material de propagación que sean resistentes a la plaga. La marchitez por fusarium reduce considerablemente la producción de las musáceas y por ende para su control se incrementan los costos de producción, lo que ha ocasionado un cambio en los paradigmas sobre la producción de banano (Pérez-Vicente 2015, Ploetz 2015).

Adicionalmente, se ha identificado que Foc R4T no puede ser controlada con fungicidas, y que los fumigantes que se aplican al suelo tampoco la erradican totalmente; tal como sucede con las otras cepas Foc. Desafortunadamente, ésta plaga tiene un impacto letal en las musáceas, ya que puede sobrevivir varias décadas en el suelo ocasionando pérdidas severas a los cultivos por su amplio rango de hospedantes; esta fue una de las razones por las cuales Foc R4T ha sido considerada como la principal amenaza para la producción de musáceas en el mundo (Pérez-Vicente 2015, Ploetz 2015).

De acuerdo con el Foro Mundial del Banano de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el banano es considerada la

principal fruta fresca que se exporta a nivel mundial, no solo por el volumen que se mueve en el comercio internacional, sino también por el valor que aporta a la economía de los países que la comercializan. Los países desarrollados son los principales importadores de esta fruta, representan cerca del 90% de las importaciones netas a nivel mundial con cerca de 10 mil millones de dólares que benefician a los países en desarrollo que la producen (FAO, 2021).

La Red Global sobre el R4T establecida por FAO en el año 2013, promueve la elaboración, recopilación, y promulgación de información, herramientas y material que permita el desarrollo de las capacidades técnicas de los países para su sensibilización y conocimiento de la plaga; ya que la producción de banano es de vital importancia para la seguridad alimentaria mundial y el apoyo en la reducción de la pobreza. Las musáceas (principalmente bananos y plátanos), son producidos en más de 135 países, convirtiéndose en producción básica para la seguridad alimentaria de más de 400 millones de personas, y fuente económica principal para muchos países en desarrollo. Por esta razón, la FAO ha solicitado a los países productores de musáceas que intensifiquen el monitoreo de la plaga, con el fin de que se contenga de posibles ingresos a nuevos países (FAO 2021).

Las musáceas forman parte de la dieta de los ecuatorianos, son productos tradicionales, que en el caso del banano, su consumo se da principalmente como fruta fresca fuente de potasio, y el plátano es considerado como base principal de muchos platos nacionales, lo cual se considera parte la cultura gastronómica del país. De acuerdo con (Sepúlveda *et al.* 2017) reveló que el 77,3% de los hogares ecuatorianos consumen plátano al menos 3 veces por semana.

### **C. Probabilidad de supervivencia durante el transporte o almacenamiento.**

Como se ha mencionado, Foc R4T tiene un gran poder de supervivencia incluso en ausencia de sus hospedantes principales, no puede ser controlada con fungicidas, y los fumigantes que se aplican al suelo tampoco la erradican totalmente. Foc R4T puede sobrevivir varias décadas en el suelo (FAO, 2021); por lo que su capacidad de supervivencia durante el transporte o almacenamiento es extremadamente alto.

#### **D. Probabilidad de que la plaga sobreviva los procedimientos de manejo de plagas.**

En vista de que no existen tratamientos químicos que ayuden con la erradicación de la plaga; (Dita *et al.* 2018) menciona que una de las soluciones para evitar la dispersión de la plaga en la producción de bananos, es reemplazar los cultivares susceptibles por los resistentes; sin embargo, actualmente los países de la región latinoamericana se encuentran en la elaboración de un protocolo armonizado que permita realizar los estudios adecuados para la importación de nuevas variedades que se dicen resistentes a Foc R4T, y que provienen generalmente de países que presentan brotes de la plaga en sus territorios. La virulencia y su persistencia en el suelo, llaman a los países a tratar de excluir la plaga en sus territorios antes que tener que controlar los brotes que se presenten (FAO, 2021).

#### **E. Probabilidad de transferencia a un hospedante apropiado.**

Hasta la fecha no se han reportado organismos vectores de la plaga que la puedan transportar de un hospedante a otro; sin embargo, a largo plazo, la supervivencia de Foc se promueve a través de la infección de malezas y otras plantas hospedantes. Según Villegas (2018), existen estudios que se realizaron en América y Australia que demuestran que algunas especies de malezas pueden ser colonizadas por Foc sin visibles síntomas.

En cuanto a la existencia de hospedantes cercanos a los puntos de ingreso, como ya se mencionó en el documento, las 23 provincias del Ecuador continental presentan producción de musáceas con los principales hospederos documentados para Foc R4T, lo que hace que el nivel de riesgo de probabilidad de transferencia a un hospedante apropiado sea mayor.

Finalmente, de acuerdo con información oficial de Agrocalidad, durante todo el año se realizan importaciones de plantas *in vitro* de musáceas de aquellos sitios certificados y aprobados por el ente oficial en cumplimiento de la Resolución 048 expedida el 17 de mayo de 2011; es así que en el año 2020 ingresaron al país cerca de 35.000 kg (treinta y cinco mil) de este material vegetal.

### **Conclusión de la probabilidad de entrada de la plaga.**

La calificación de acuerdo a los rangos numérico se evidencia con la sumatoria de los niveles de riesgo determinados en los cinco parámetros antes mencionados, los cuales serán descritos en el Cuadro 1. de los resultados del presente proyecto.

#### **3.2.1.2 Probabilidad de establecimiento.**

Con el fin de calcular la probabilidad de establecimiento de una plaga, deberá obtenerse información biológica confiable de las áreas en las que actualmente está presente la plaga y comparar la situación con el área de ARP, para lo cual es necesario considerar la disponibilidad, cantidad y distribución de especies hospedantes en el área de ARP, adaptabilidad al medio ambiente en el área de ARP, potencial de adaptación de la plaga, estrategia reproductiva de la plaga, método de supervivencia de la plaga, prácticas de cultivo y medidas de control (AGROCALIDAD, 2020).

##### **A. Disponibilidad de hospedantes apropiados en el área de ARP.**

En relación a que FOC R4T es un patógeno que mayormente es transmitido por el suelo con un tiempo de residencia extremadamente largo en el suelo, la plaga infecta directamente el xilema de la planta, induce el marchitamiento y mata las plantas de plátano por completo (Dita *et al.* 2018); y es a partir de que la plaga ha logrado traspasar las medidas de exclusión que los países impongan para protegerse, que los organismos de protección fitosanitaria deben trabajar en la contención de la misma en el sitio (área nueva) donde fue identificada. De acuerdo con la (CIPF, 2019b) la Contención es la “*Aplicación de medidas fitosanitarias dentro de un área infestada y alrededor de ella, para prevenir la dispersión de una plaga*”.

La mayoría de las especies del complejo Foc pueden sobrevivir en ausencia de su huésped primario, principalmente en forma de esporas (clamidosporas) (Dita *et al.* 2018). Uno de los principales problemas es que los primeros síntomas se evidencian cuando la plaga ya ha sobrevivido algún tiempo en el área nueva y de cierta manera se puede mencionar que está adaptada a la misma, que ya generó un proceso de colonización y expansión (Villegas, 2018); en Ecuador, al contar con hospedantes

apropiados (musáceas) en todo el territorio nacional, facilitaría su distribución, especialmente a aquellos sitios de producción donde que generan ingresos por las exportaciones del país.

### **B. Adaptabilidad al medio ambiente**

El área a la cual estaría afectando el hongo en caso de presentarse en el Ecuador, es especialmente en los campos abiertos, el cultivo de musáceas se desarrolla de una mejor manera en climas tropicales cálidos y húmedos. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo es por encima de los 15 ° C, siendo la óptima para el crecimiento 27 ° C, con un máximo de 38 ° C; por debajo de 13 ° C ocurre el daño por frío, sin embargo existen algunas variedades que toleran temperaturas cercanas a 0 ° C (CABI, 2019).

El banano no se presenta en altitudes superiores a los 1600 msnm, la mayoría de las musáceas requieren la exposición del sol para su desarrollo, no obstante, la exposición excesiva provoca quemaduras solares. La humedad es otro de los factores ambientales importantes para el desarrollo de este cultivo, requiere una precipitación mensual de 200-220 mm aproximadamente, y la humedad del suelo debe ser constante; por lo que la mayoría de los productores realizan labores de riego (CABI, 2019).

El hongo tiene gran facilidad de adaptarse a las condiciones ambientales de sus hospedantes, las clamidosporas de esta plaga son resistentes a la desecación y por ende a las condiciones ambientales desfavorables, ya que pueden sobrevivir en el suelo durante más de 20 años. Las clamidosporas de Foc se producen constantemente una vez que el hospedantes es invadido, incluso antes de que los síntomas externos sean visibles (Dita *et al.* 2018); por estas razones, existe una probabilidad alta de que la plaga se adapte al medio ambiente del lugar de destino.

### **C. Prácticas de cultivo y medidas de control.**

En Ecuador, las prácticas culturales que se manejan para el cultivo de banano son similares en las diferentes regiones, sin embargo, el rendimiento nacional es de cerca de 1700 cajas/ha/año, lo cual es relativamente bajo en comparación con los

principales competidores como Colombia, Costa Rica y Filipinas que producen en promedio 2200 a 3000 cajas/ha/año. Es importante resaltar que este cultivo en Ecuador (país de destino) es considerado como la actividad agrícola de mayor importancia para la economía del país, representando un tercio de las exportaciones a nivel mundial (INIAP 2020); sin embargo la producción del país depende del nivel de tecnificación y de la infraestructura utilizada: tecnificado, semitecnificado y no tecnificado (INIAP 2020); y a su vez está directamente relacionada con los cerca de 16.000 productores que existen a nivel nacional. “*Actualmente la enfermedad del Mal de Panamá causada por el hongo F. oxysporum f. sp. cubense raza tropical 4, representa una seria amenaza potencial tanto para el cultivo de banano y plátano*” (INIAP, 2020); hasta la fecha no existen prácticas de manejo en los países de origen que garanticen la contención de la plaga hacia los países de procedencia.

En relación a la plaga, desde el año 2013 varias instancias del sector público han venido trabajando en la difusión a gran parte del sector productor de musáceas del país, sobre la gravedad y la potencial amenaza que es el hongo Foc R4T, de igual manera se han venido realizando capacitaciones sobre las medidas de control con el fin de reducir las posibilidades de introducción al país (medidas de exclusión), así como las medidas de bioseguridad que se deben implementar en los diferentes sitios de producción (INIAP, 2020).

#### **D. Otras características de las plagas que influyen en la probabilidad de establecimiento.**

Hasta el momento no se ha observado un estado sexual del hongo; Foc R4T se reproduce de forma asexual en 3 tipos de esporas: macroconidios, microconidios y clamidosporas. De acuerdo con Lara (2009) que cita a (Nelson 1981, Burgess et al. 1994, Leslie y Summerell 2006) menciona que “*los microconidios presentan una forma ovalada y están constituidos por una célula, mientras que los macroconidios, ligeramente curvados y relativamente delgados, presentan de 4 a 8 células. Micro y macroconidios se producen sobre cortas monofiálides ramificadas o no ramificadas. Foc es un hongo que habita en el suelo, las clamidosporas generalmente son globosas y se forman en pares o individualmente; estas esporas constituyen estructuras de resistencia del hongo debido a que pueden permanecer*

*en el suelo durante varios años haciendo imposible volver a sembrar cultivares susceptibles en el mismo lugar ".*

De acuerdo con (Dita *et al.* 2018) menciona que además de las clamidiosporas, estudios en América y Australia han demostrado que la supervivencia de Foc R4T puede mantenerse por la infección de malezas o malas hierbas ya que estas pueden ser colonizadas por el hongo sin síntomas visibles. En la planta de musáceas, a menos que exista una exposición del cilindro central, el hongo ingresa a la planta a través de las raíces terciarias y no por las raíces principales. De acuerdo con Lara (2009), la plaga puede permanecer en residuos de banano infectados en forma de clamidiosporas, las cuales germinan estimuladas por secreciones radicales de las raíces de plantas hospederas y no hospederas o por el contacto con tejido sano de un cultivar susceptible. El ciclo de la plaga se repite cuando las clamidiosporas germinan e infectan nuevamente la planta; posterior a la infección, la plaga pasa al sistema vascular del rizoma (cormo) invadiendo el xilema que afecta el pseudotallo, ocasionando la reducción de nutrientes y movimientos de agua como consecuencia de la obstrucción.

### **Conclusión de la Probabilidad de establecimiento.**

Con los niveles de riesgo determinados en los cuatro parámetros antes descritos, pueden ser profundizados en el cuadro de resumen número 2, donde se determinará un nivel acumulado en base a los rangos numéricos definidos; el cual se evidencia en los resultados del presente proyecto.

### **3.2.1.3 Probabilidad de dispersión después del establecimiento.**

*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, fue reportada por primera vez en Panamá de 1890, de ahí toma su nombre de “mal de Panamá” o “marchitez por fusarium”. Esta plaga está ampliamente extendida en las regiones bananeras de Asia, Australia, África y América; ha sido catalogada como una de las plagas más catastróficas del mundo, destruyendo más de 40.000 hectáreas Centro y Sur América en un periodo de 50 años. En la década de los 60’s apareció un cultivar de banano resistente a la Raza 1 de esta plaga, la cual sustituyó la variedad susceptible Gros Michel por el

cultivar Cavendish; hasta ese momento, Gros Michel era el cultivar comercial favorito en el comercio nacional e internacional (Dita *et al.* 2018, Hwang y Ko, 2004).

El primer caso de la raza 4 de *Fusarium* en el cultivar Cavendish en Taiwán se observó en la principal zona productora de musáceas en el sur de Taiwán en el año 1967. El hongo se extendió rápidamente en las zonas productoras, y el número de plantas afectadas incrementó de 1 a 5.536 en un corto tiempo de 3 años (Hwang y Ko, 2004).

La dispersión del hongo es principalmente por el movimiento de material de propagación y residuos de banano infectados; otro de los principales medios de movilización es por el riego y agua de escorrentía, así como por las herramientas agrícolas que contengan suelo contaminado (Lara, 2009). De acuerdo con Villegas (2018), Foc R4T es una plaga con alto potencial de establecimiento en el área identificada para el ARP, tiene un alto potencial de dispersión, situación que ha dificultado a los países la contención de la plaga, así como realizar una erradicación definitiva. Una vez establecido el hongo en el área del ARP, la dispersión del mismo se facilita significativamente ya que las partículas del suelo contaminado por esporas se puede mover con los trabajadores de las fincas (suelo adherido en las botas), las herramientas contaminadas, equipos agrícolas, ropa pueden movilizar las esporas del hongo, el agua (el uso para el riego de agua procedente de ríos o estanques contaminados, las escorrentías también pueden transportar el patógeno hacia los canales de drenaje infectando nuevas áreas) y el material de siembra infectado que se moviliza de un lado a otro (Hwang y Ko, 2004; Lara, 2009; Ploetz, 2015).

De acuerdo con Hwang y Ko (2004), en la figura 4 se puede identificar el ciclo de la enfermedad de la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

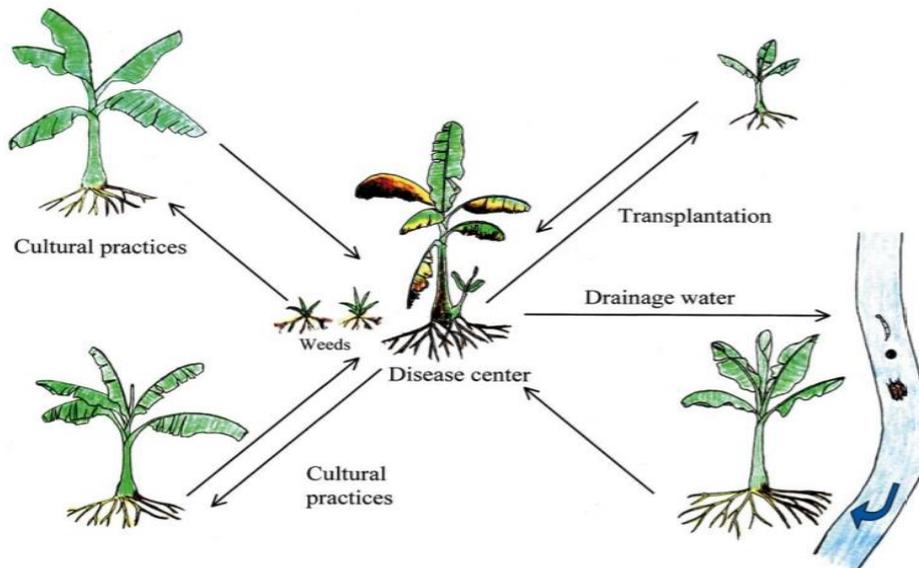


Fig. 3. Disease cycle of Fusarium wilt of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

#### Figura 4. Ciclo de la enfermedad marchitez por Fusarium ocasionada por FOC

Fuente: Hwang y Ko, 2004

#### Conclusión de la Probabilidad de dispersión después del establecimiento

Al establecerse un solo parámetro de evaluación para la probabilidad de dispersión después del establecimiento, la calificación estará definida en base a los rangos numéricos obtenidos:

#### Probabilidad de dispersión después del establecimiento

- Bajo (1)
- Medio (2)
- Alto (3)

En base a la información presentada, la probabilidad de dispersión de la plaga después de su ingreso al Ecuador es Alta (3 puntos).

#### 3.2.1.4 Conclusión sobre la probabilidad de introducción y dispersión

Para esta conclusión se deberá reunir las tres probabilidades evaluadas para realizar la sumatoria de estas, con el fin de calificar e identificar el nivel del riesgo de la

probabilidad de introducción y dispersión de la plaga Foc R4T, los cuales se evidencian en los resultados del presente proyecto.

### **3.2.2 Evaluación de las consecuencias económicas potenciales.**

La Asociación de Comercialización y Exportación de Banano – ACORBANEC en su revista de diciembre 2020 menciona que desde hace sesenta años la producción de banano es de gran importancia para el país desde el punto de vista económico y social.

En Ecuador, el banano es el primer producto de exportación no petrolero; y según el Banco Central de Ecuador, al cierre del año 2019 se registró 3.185,47 millones de Dólares FOB por las exportaciones de esta fruta, la cual ha venido incrementando en un 2,23% con relación a lo exportado en el 2018 y 16,63% con relación al año 2015. Estas exportaciones corresponden al 2,97% del PIB total, y con relación al PIB Agropecuario, al cierre del año 2019, estas exportaciones corresponden al 38,07% y al 14,27% de las exportaciones totales. Por estas razones, esta fruta genera un gran aporte económico y social al país, económico por el aporte al PIB nacional y social por la generación de fuentes de empleos de forma directa e indirecta.

De acuerdo con cifras oficiales, en el Ecuador existen cerca de 16.000 productores de musáceas y cerca de 200 exportadores de este producto, el país se ha convertido en el principal socio comercial de banano a nivel mundial; en el territorio nacional se producen cerca de 190.381 hectáreas de Banano, 160.262 ha de Plátano y 5.861 ha de Orito, siendo la actividad bananera la principal economía agrícola del país (SIPA 2021).

Por lo anterior descrito y en base a la información proporcionada, se evidencia que Foc R4T podría ocasionar consecuencias económicas y sociales devastadoras para el país; por lo cual se determina de riesgo Alto.

#### **3.2.2.1 Efectos de la plaga.**

A mediados de la década de los 50 la Raza 1 de Fusarium había ocasionado una gran pérdida comercial y de exportación de la variedad Gros Michel, obligando a la industria a realizar un cambio por una variedad resistente a la marchitez por Fusarium como era la variedad Cavendish. De acuerdo a los reportes existentes,

mencionan que la pérdida total en ese entonces fue de en equivalente actual a los 2.300 millones de dólares, ya que el hongo puede permanecer en el suelo durante varias décadas; y esto no ha permitido que hasta la fecha la variedad de banano Gros Michel vuelva a estar presente en los mercados internacionales (Altendorf, 2019).

El primer caso de marchitez por *Fusarium* en el cultivar Cavendish se presentó en Chiatung-Taiwán en la principal zona productora de banano en el año 1967; se identificó que el patógeno era diferente de las otras 3 razas debido al rango de hospederos dentro de las Musaceae, y por lo tanto se le determinó como la raza 4. Para el año 1968 el número de plantas infectadas se mantuvo muy bajo (27 plantas en total) y estas plantas enfermas únicamente se presentaron en la misma finca; sin embargo, la posteriormente la plaga se fue moviendo rápidamente, y el número de plantas de plantas afectadas para 1969 fue de 5.536. En 1976, aproximadamente 1.200 ha afectadas con aproximadamente 500.000 plantas de banano; la preocupación en los taiwaneses creció, ya que cada año se añadieron nuevas tierras afectadas con grandes pérdidas de producción (Hong-ji *et al.* 1986; Hwang y Ko, 2004).

De acuerdo con Altendorf (2019), la Raza 4 Tropical de *Fusarium* se siguió extendiendo por el mundo, llegando a las plantaciones de Indonesia y Malasia en 1992 y 1993, respectivamente. A inicios del año 2000, Foc R4T ya se había presentado en Australia, Papua Nueva Guinea, China y las Filipinas; posteriormente en el año 2013, Mozambique y Jordania reportaron su presencia y en año 2015, el reporte se extendió por Líbano, Omán, India y Pakistán. Entre 2017 y 2019 su reporte se extendió a Laos, Viet Nam, Myanmar y Tailandia; y finalmente, por primera vez en Latinoamérica, en agosto de 2019 se realizó el reporte oficial de su presencia en La Guajira - Colombia en la región nororiental. Foc R4T se ha convertido en el principal riesgo de la oferta mundial de bananos, ya que su rango de hospederos es mucho más amplio que las anteriores cepas.

## A. Efectos directos de la plaga

Cómo se puede observar en la Tabla 3. “Rango de hospedantes de Foc R4T”, la Raza 4 Tropical de Fusarium es una cepa que tiene un amplio número de hospedantes; de acuerdo con Pérez-Vicente 2015, los principales hospedantes de Foc R4T son especies de *Musa* y *Heliconia*; para sobrevivir, el hongo adopta una forma de esporas con una pared gruesa llamadas *clamidosporas*– lo que le permite permanecer latente en diferentes plantas hospedantes o en el suelo durante varias décadas. Es importante resaltar que hasta la actualidad, una vez que se introduce la plaga en un área nueva, esta no se ha podido erradicar, y de acuerdo con información disponible, se menciona que el manejo de la plaga es extremadamente difícil y costoso (Altendorf, 2019; FAO, 2021, Pérez-Vicente, 2015).

Debido a que el hongo permanece en el suelo por décadas, no es viable utilizar el suelo donde se presenta la plaga para plantaciones de musáceas ni heliconeas, ocasionando daños directos a los productores; la pérdida del rendimiento de las plantas afectadas, se da de manera acelerada y dependiendo de esta aceleración y su gravedad en el cultivo, a futuro se va a ver comprometido el cultivo de banano y plátano, ya que va a existir una escasez de suelos libres de este patógeno; lo que podría ocasionar una fuerte amenaza para la principal fuente de ingreso y por ende fuente de vida de los productores de banano (Altendorf, 2019).

En varios países donde se ha presentado la marchitez por fusarium (raza 4) de una forma grave, y luego de tratar de recuperar su cultivo sin éxito, los productores han llegado a la conclusión de abandonar sus cultivos sin informar a las autoridades al respecto, lo que ha ocasionado que estas fincas no hayan pasado por un proceso de cuarentena adecuada, y por ende han impedido la contención de la enfermedad. Hasta la fecha no existen datos exactos de los daños ocasionados por la plaga, sin embargo, se puede hablar de estimaciones de afectación en algunos países tales como:

- Filipinas: 15.700 ha de plantaciones de banano (de un total de 440 000 ha),
- China: 70% de las plantaciones de las provincias de Guangdong y Hainan en China.

- Indonesia: 121 millones de USD se estima la pérdida económica anual causada por el Foc R4T
- Taiwán: 253 millones de USD
- Malasia: 14 millones de USD
- Mozambique: En 4 años desde la aparición de Foc R4T, en una plantación de 1.500 ha ocasionó daños severos que obligó al cierre de sus operaciones (Altendorf, 2019).

En Ecuador existen cerca de 350.000 ha de producción de musáceas, las cuales serían el área potencialmente en peligro sobre la base de las cuales se debe realizar todo el trabajo de contención para evitar el ingreso de la plaga.

### **B. Efectos indirectos de la plaga.**

La reciente oficialización de la presencia de Foc R4T en América Latina y el Caribe alerta a la industria de exportación bananera ya que se puede preveer una escasez de la oferta exportable de estos productos y por ende un incremento de precios para el año 2028. El banano forma parte de la seguridad alimentaria de muchos países en vías de desarrollo, así como de la generación de ingresos (directos e indirectos) y generación de empleos en toda la cadena agroexportadora de este cultivo, el banano se ha convertido en una de las principales frutas de consumo y una de las más comercializadas a nivel mundial. *“A nivel mundial, América Latina y el Caribe es la principal región exportadora de bananos, representando casi el 80 por ciento del total mundial. En las últimas décadas, Ecuador se ha posicionado como el principal exportador del mundo, suministrando un promedio de 5 a 6 millones de toneladas por año al mercado mundial”* y con ingresos económicos anuales por encima de los 3.000 millones de USD; los cuales se podrían ver afectados en el hipotético caso que se establezca la plaga en territorio nacional (Altendorf, 2019; SIPA, 2021).

Revisando las proyecciones de referencia, Foc R4T podría generar grandes pérdidas directas e indirectas, se presume que para el año 2028 únicamente haciendo el cálculo con los países que tienen presencia de la plaga; se estimaría que cerca de 160.000 ha podrían estar afectadas en todo el mundo; en promedio son 1,5

trabajadores por ha, lo que ocasionaría la pérdida de empleo directo a 240.000 trabajadores bananeros aproximadamente. En cuanto al volumen de producción, se calcula una reducción de 2,8 millones de ton; es decir, cerca del 2 por ciento de la producción bananera mundial. Todo esto repercute en una necesidad de nuevas tierras, y por ende en el aumento de hasta el 9,2 por ciento en el precio de referencia mundial, ocasionando un incremento en los precios internacionales para compensar la escasez en la oferta nacional (Altendorf, 2019).

### **3.2.2.2 Conclusiones de la Evaluación de las consecuencias económicas.**

Con el resultado obtenido en los efectos directos y efectos indirectos de la plaga, se deberá realizar la sumatoria total, con el fin de calificar e identificar el nivel del riesgo de las consecuencias económicas potenciales.

En base a la información presentada, la Evaluación de las Consecuencias económicas es Alta (6 puntos) y se presenta en el Cuadro 5. de Resultados.

### **3.2.2.3 Conclusión de la Etapa II. Evaluación del riesgo de plagas**

Como resultado de la evaluación del riesgo de la plaga, la misma se podrá considerar apropiada para el manejo del riesgo, donde se considerará los niveles del riesgo acumulados para Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión y Evaluación de las consecuencias económicas potenciales.

## **3.3 ETAPA III. MANEJO DEL RIESGO**

Una vez finalizada la etapa de evaluación del riesgo, en esta etapa se procede a identificar las medidas fitosanitarias que permitan mitigar el riesgo de introducción de la plaga a territorio nacional, mediante la selección de medidas que solas o combinadas minimicen esta probabilidad. Tomando en cuenta las diferentes posibles vías de ingreso con el riesgo de que puedan tener la presencia del hongo.

Luego de haber analizado que las estructuras de reproducción del hongo tienen una capacidad de dispersión a través de productos contaminados como el material vegetal, agua y suelo; y que en la actualidad no existen tratamientos químicos que ayuden con la erradicación de la plaga; el manejo del riesgo deberá estar enfocado

en medidas de exclusión que eviten la llegada del hongo a Ecuador. Ya que de acuerdo con lo mencionado por Dita *et al.* (2018), una vez establecido el hongo sobre un territorio, una de las soluciones para evitar su dispersión, es reemplazando los cultivares susceptibles por cultivares resistentes; lo cual se dificultaría para el país, ya que en este momento no existen materiales comerciales resistentes a Foc R4T.

Es importante mencionar que el 09 de diciembre de 2020, mediante Acuerdo Ministerial 0142 se actualizó el “Plan nacional de contingencia para la prevención, detección y control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T)” en el cual se establecieron algunas acciones para el manejo del riesgo de introducción de la plaga al Ecuador, mismas que serán tomadas en cuenta en este proyecto.

En el capítulo de resultados se abordarán las medidas de mitigación identificadas en esta sección.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Etapa 1. Inicio del proceso de análisis de riesgo de plagas

##### Conclusión de la Etapa I

De acuerdo con la información presentada en la Etapa I del presente documento, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) es considerada una plaga ausente en territorio ecuatoriano (plaga cuarentenaria).

#### 4.1.2 Etapa II. Evaluación del Riesgo de Plagas

##### Conclusión de la probabilidad de entrada de la plaga

En los siguientes cuadros se podrán evidenciar los niveles de riesgo evaluados en base a los rangos numéricos definidos y en relación a un resultado de **Alto, medio y bajo**.

Cuadro 1. Evaluación de la probabilidad de la entrada de la plaga

Parámetros	Nivel del Riesgo	Justificación del nivel de riesgo
Identificación de vías para un ARP iniciado por una plaga	Alto (3)	De acuerdo con la Tabla 1. existen múltiples vías de ingreso de la plaga, sin embargo la principal vía es el material vegetal de propagación, cuyo uso propuesto es la siembra.
Probabilidad de que la plaga esté asociada con la vía en el lugar de origen	Alto (3)	La probabilidad de asociación de las vías en el país de origen cuya presencia de la plaga es positiva, se facilita, debido a que existen múltiples vías de riesgo

Probabilidad de supervivencia durante el transporte o almacenamiento	Alto (3)	Una de las vías de dispersión del patógeno es el suelo, el cual es transportado o almacenado a través de material vegetal de propagación, maquinaria, contenedores, herramientas agrícolas, calzado, o animales. Existe evidencia de la supervivencia de la plaga en el suelo durante décadas
Probabilidad de que la plaga sobreviva los procedimientos de manejo de plagas	Alto (3)	Hasta la fecha no existen medidas fitosanitarias identificadas para el manejo de la plaga, ni tratamientos químicos que ayuden con su erradicación. Adicionalmente, durante los procedimientos de inspección, se requiere de análisis de laboratorio para una detección temprana ya que no se puede identificar a simple vista sino hasta estados avanzados.
Probabilidad de transferencia a un hospedante apropiado	Alto (3)	Al ser el material vegetal de propagación una de las vías más importantes y cuyo uso propuesto es la siembra; la posibilidad de transferencia del patógeno es extremadamente alta y pone en riesgo el patrimonio nacional de musáceas
<b>Total</b>	Alto (15)	

Bajo: 5 - 7 Medio: 8 - 11 Alto: 12 – 15

Cuadro 2. Evaluación de la probabilidad de establecimiento.

<b>Probabilidad</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Justificación del nivel de riesgo</b>
Disponibilidad de hospedantes apropiados en el área de ARP.	Alto (3)	El principal hospedante son las musáceas, las cuales están presentes en las 23 provincias del país, lo que hace más apropiado su disponibilidad para el establecimiento de la plaga.
Adaptabilidad al medio ambiente	Alto (3)	Existe evidencia que menciona que el hongo se adapta fácilmente al medio ambiente, ya que la capacidad que tiene para sobrevivir sin su hospedante es de hasta 30 años
Prácticas de cultivo y medidas de control	Alto (3)	Hasta la fecha no existen prácticas de manejo en los países de origen que garanticen la contención de la plaga hacia los países de procedencia.
Otras características de las plagas que influyen en la probabilidad de establecimiento	Alto (3)	La plaga puede permanecer en residuos de banano infectados en forma de clamidiosporas, las cuales germinan estimuladas por secreciones radicales de las raíces de plantas hospederas y no hospederas o por el contacto con tejido sano de un cultivar susceptible.
<b>Total</b>	Alto (12)	

Bajo: 4 - 6 Medio: 7 - 9 Alto: 10 – 12

Cuadro 3. Probabilidad de dispersión después del establecimiento

<p><b>Probabilidad de dispersión después del establecimiento</b></p>	<p><b>Nivel de riesgo</b> Alto (3)</p>	<p><b>Justificación del nivel de riesgo</b> La dispersión del hongo es principalmente por el movimiento de material de propagación y residuos de banano infectados; otro de los principales medios de movilización es por el riego y agua de escorrentía, así como por las herramientas agrícolas que contengan suelo contaminado</p>
--	--	---

Cuadro 4. Resumen probabilidad de introducción y dispersión

En este cuadro se reúnen las tres probabilidades evaluadas para realizar la sumatoria de estas, con el fin de calificar e identificar el nivel del riesgo de la probabilidad de introducción y dispersión de Foc R4T.

<p><b>Parámetros</b></p>	<p><b>Nivel de Riesgo</b></p>
<p>Probabilidad de la entrada de una plaga</p>	<p>Alto (15)</p>
<p>Probabilidad de establecimiento</p>	<p>Alto (12)</p>
<p>Probabilidad de dispersión después del establecimiento</p>	<p>Alto (3)</p>
<p><b>Total acumulado</b></p>	<p>Alto (30)</p>

Bajo: 10 - 16 Medio: 17 - 23 Alto: 24 – 30

Cuadro 5. Evaluación de las Consecuencias económicas.

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>Justificación del nivel de riesgo</b>
Efectos directos de la plaga	Alto (3)	356.504 ha de musáceas devastadas por la plaga, 16.000 productores afectados y 200 exportadores involucrados
Efectos indirectos de la plaga	Alto (3)	Pérdida en el aporte socio/económico que genera el sector bananero a nivel nacional, pérdida del principal producto de exportación no petrolero del Ecuador.  Actualmente, los ingresos generados por la exportación de banano superan los 3.185,47 millones de Dólares FOB/año
<b>Total acumulado</b>	Alto (6)	

Bajo: 2 Medio: 3 - 4 Alto: 5 - 6

### **Conclusión de la Etapa II**

En el Cuadro 6. se evidencia el resultado final de la Evaluación del riesgo de la plaga, la misma que deja en evidencia la necesidad de continuar con el manejo del riesgo para la plaga *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T), ya que fue considerada con un potencial de riesgo **Alto**; en este cuadro se consideraron los niveles del riesgo acumulados para la “Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión” y la “Evaluación de las consecuencias económicas potenciales”.

**Cuadro 6. Evaluación del Riesgo de Plagas**

<b>Parámetros</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión	Alto (30)
Evaluación de las consecuencias económicas potenciales	Alto (6)
<b>Total acumulado</b>	<b>Alto (36)</b>

Bajo: 12 - 19 Medio: 20 - 28 Alto: 29 – 36

### **4.1.3 Etapa III. Manejo del Riesgo**

#### **4.1.3.1 Análisis para la mitigación del riesgo**

En base a los valores de evaluación obtenidos en la conclusión de la Etapa 2, la plaga requiere la aplicación de una o varias medidas fitosanitarias específicas, además de la inspección de sus vías en los puntos de control ya que su nivel de riesgo fue considerado como **Alto**.

Estas medidas pueden estar enmarcadas en el establecimiento de requisitos fitosanitarios con certificaciones en origen y análisis de laboratorio que garanticen que el material está libre de la plaga; el control a las importaciones de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados que siguen la vía de ingreso; la desinfección de calzado de pasajeros; la desinfección de contenedores y maquinaria usada que ingresa al país, así como los medios de transporte que ingresan al país por tierra y aire; el control del equipaje de pasajeros internacionales (scanner y brigadas caninas); la implementación de arcos de desinfección, rodiluvios y pediluvios en los puntos de control; la implementación de medidas de bioseguridad en los sitios de producción; así como la prohibición de importación del material vegetal que puede seguir la vía de ingreso y la implementación de cuarentena posentrada que garantice una inspección más intensiva y análisis de laboratorio.

#### **4.1.3.2 Identificación y selección de opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo.**

Con el fin de minimizar la probabilidad de introducción de Foc R4T a territorio nacional, se deberán seleccionar las opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo, las cuales deben tomar en cuenta los siguientes principios fitosanitarios:

- a. Medidas fitosanitarias de eficacia y viabilidad demostradas.
- b. Principio de las “repercusiones mínimas”
- c. Reevaluación de requisitos anteriores
- d. Principio de “equivalencia”
- e. Principio de “no discriminación”

#### **Conclusión de la Etapa III. Manejo del riesgo**

De acuerdo a la Tabla 1. que describe la “Lista de identificación de las posibles vías de riesgo de ingreso de Foc R4T”, se pueden mencionar las opciones apropiadas para el manejo del riesgo de los productos que pueden seguir la vía de ingreso:

##### **a. Plantas *in vitro***

###### **Uso propuesto: Siembra**

En relación a que el material producido de manera *in vitro* brinda una mayor garantía fitosanitaria ya que el mismo es sometido a un estricto proceso de selección y limpieza, actualmente las plantas *in vitro* cuentan con requisitos fitosanitarios de importación establecidos por la ONPF de Ecuador desde algunos orígenes, por lo tanto, es importante que las medidas fitosanitarias se mantengan para nuevos orígenes que quieran exportar con destino a Ecuador, las medidas propuestas incluyen:

- Proceder de lugares de producción verificados y aprobados por la ONPF de Ecuador mediante una inspección y evaluación favorable de acuerdo al procedimiento establecido para la obtención de plantas meristemáticas.
- El lugar de producción debe estar registrado y autorizado por la ONPF del país exportador y debe cumplir con los procedimientos de monitoreo y

control de plagas mediante la inspección y toma de muestras analizadas en laboratorios aprobados que garanticen y determinen que el material a exportarse se encuentra libre de las plagas de interés cuarentenario.

- Que las plantas *in vitro* a exportarse deben cumplir con condiciones de asepsia y en su medio de crecimiento original, es decir, las plantas deben ser exportadas en un medio de cultivo estéril sin materia orgánica (libres de suelo, semillas o cualquier otro contaminante), los envases utilizados para el transporte deben ser nuevos de primer uso, debidamente sellados y etiquetados, y deberá contar con la trazabilidad del lote de producción; así como con el Certificado de análisis de laboratorio que indique que están libres de Foc R4T.
- En el punto de ingreso al país, se deberá realizar la inspección fitosanitaria y toma de muestras para su envío a laboratorios; posteriormente el material deberá cumplir con la cuarentena posentrada establecida por la ONPF de Ecuador.

b. **Material Vegetal (Planta de musácea con/sin raíz, Rizomas – Cormos y Semillas)**

**Uso propuesto: Siembra**

Actualmente este material vegetal no cuenta con requisitos fitosanitarios establecidos previamente por la ONPF del Ecuador, y por el riesgo que representan como vía de ingreso de una de las plagas más peligrosas para las musáceas, se debería mantener de esta manera.

c. **Hojas (frescas, secas, congeladas), Fruta (fresca, congelada, deshidratada)**

**Uso propuesto: Consumo / Industrialización**

En relación a que este material no estará destinado a los campos de producción, sino a la industrialización o el consumo directo del mismo, se podría permitir la importación del mismo únicamente desde países donde Foc R4T sea una plaga ausente, para ello las medidas propuestas incluyen:

- Proceder de lugares de producción verificados y aprobados por la ONPF del país de origen.

- Los envases utilizados para el empaque y transporte deben ser nuevos de primer uso, debidamente sellados y etiquetados; y deberá contar con la trazabilidad del producto; así como con un Certificado de análisis de laboratorio que indique que están libres de Foc R4T.
- En el punto de ingreso al país, se deberá realizar la inspección fitosanitaria, en caso de sospecha de plagas, se realizará la toma de muestras y envío al laboratorio para descartar la presencia de alguna plaga de interés cuarentenario y se realizará el procedimiento establecido para tal fin.
- El producto de estar libre de cualquier tipo de contaminación (libre de suelo, semillas, restos de material diferente al declarado)
- La importación de estos productos deberá realizarse a través de empresas autorizadas, las cuales deberán establecer “acuerdos de responsabilidad” con la ONPF de Ecuador y garantizar el uso propuesto
- En el caso de aquellos países con presencia de Foc R4T, la propuesta del presente proyecto es la prohibición de su ingreso.

**d. Pasajeros / Maquinaria / Vehículos / Contenedores**

**Riesgo de suelo adherido**

- Para el ingreso de pasajeros por los diferentes puntos de control (puertos, aeropuertos y pasos fronterizos) se propone el perfilamiento de la persona de acuerdo a su nacionalidad y procedencia; esto con el fin de identificar aquellos pasajeros que viajan desde un país con presencia de la plaga y que se pueda realizar una inspección intrusiva al mismo (equipaje a través de Rayos X, Inspección física del equipaje y desinfección del calzado [el que usa en ese momento y el que pueda tener en el equipaje], encuesta por parte del Inspector fitosanitario, entrega de información acerca del peligro de la plaga y como el pasajero puede ayudar).
- En el caso de la maquinaria usada que se importa, los contenedores que arriban al país y el transporte terrestre a través de las fronteras; se propone la implementación de medidas fitosanitarias a través de la desinfección manual (bombas de mochila) en el caso de la maquinaria, y mecánica con arcos de desinfección en todos los puntos de control junto con rodiluvios, que permitan la desinfección del 100% de los vehículos y contenedores que

ingresan al territorio nacional a través de los puntos de control. Es importante que se tome en cuenta el producto y la dosis establecida que ayude a mitigar el riesgo de contaminación de la plaga.

## **4.2 Discusión**

### **4.2.1 Etapa 1. Inicio del proceso de análisis de riesgo de plagas**

De acuerdo con la información presentada en la Etapa I del presente documento, y basados en que la plaga *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical, es una **plaga ausente en territorio ecuatoriano (plaga cuarentenaria)**, el presente proyecto de desarrollo debe buscar las medidas de mitigación, ya que el posible ingreso de la plaga al Ecuador y más aún a las principales zonas de producción nacional de musáceas (Los Ríos, Guayas, El Oro y Manabí); podría ocasionar resultados catastróficos a la estabilidad económica y social del país.

### **4.2.2 Etapa II. Evaluación del Riesgo de Plagas**

En el Cuadro 4. se identifica la probabilidad de introducción y dispersión de Foc R4T; en este caso, se evidencia que la probabilidad de que esta plaga se introduzca en el país y posterior a su introducción el riesgo de que se pueda dispersar es **Alto**.

En el caso de la evaluación de las consecuencias económicas que podría ocasionar la introducción de Foc R4T al Ecuador, se analizaron los efectos directos y efectos indirectos de la plaga, y las consecuencias que ocasionaría también determinan un nivel de riesgo **Alto**; esto es evidenciable en el Cuadro 5.

Una vez identificado el riesgo de que Foc R4T es una plaga **PELIGROSA** con un nivel de riesgo **Alto**, se deben considerar todas las vías necesarias con el fin de encontrar las medidas fitosanitarias y de mitigación apropiadas que eviten su ingreso a territorio ecuatoriano; tomando en cuenta que las principales vías de dispersión del hongo son:

- Material de propagación contaminado

- Pasajeros y su calzado (siempre y cuando haya estado en contacto con cultivos contaminados con el hongo)
- Agua contaminada (escorrentías, riego)
- Suelo contaminado (adherido a vehículos, calzado, herramientas de trabajo, maquinaria, contenedores y muestras de suelo)
- Animales en el área contaminada, malezas e insectos
- Artesanías a base de musáceas

#### **4.2.3 Etapa III. Manejo del Riesgo**

En esta etapa se identificaron las medidas fitosanitarias adecuadas para mitigar el riesgo de ingreso de la plaga a territorio ecuatoriano, es importante mencionar que se trabajó en un grupo de medidas fitosanitarias de acuerdo a cada una de las posibles vías de ingreso de la plaga al Ecuador como: Plantas *in vitro*, Material vegetal (Planta de musácea con/sin raíz, Rizomas – Cormos y Semillas), Hojas (frescas, secas, congeladas), Fruta (fresca, congelada, deshidratada), Pasajeros / Maquinaria / Vehículos / Contenedores; sin embargo, también se analizó una propuesta de manejo del riesgo fitosanitario para la importación desde países con presencia de la plaga y desde aquellos países cuya plaga sigue siendo ausente en su territorio; con el fin de que se cuente con información suficiente que permita a la autoridades nacionales la correcta toma de decisiones.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis realizado, se pudo determinar que el nivel de riesgo de introducción de Foc R4T al Ecuador es **Alto**.

Dentro de las medidas fitosanitarias y de mitigación identificadas para prevenir el ingreso de Foc R4T se encuentran:

- Países donde Foc R4T es una plaga cuarentenaria:
  - Permitir la importación de material *in vitro* (vitro plantas), siempre y cuando los sitios de producción en el país de origen cumplan con los requisitos fitosanitarios establecidos por la ONPF de Ecuador, previo a la verificación y aprobación *in situ* de los mismos. Los sitios de producción deben estar registrados ante la ONPF del país exportador y cumplir con las exigencias establecidas para la importación de estas plantas (RFI).
  - Permitir la importación de productos en base a musáceas, cuyo uso propuesto sea el consumo o la industrialización, el cual deberá estar garantizado por el importador, mediante “acuerdos de responsabilidad” y con el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios establecidos por la ONPF del Ecuador para este fin. El origen de estos productos debe ser únicamente del país con el cual se realiza la negociación, donde la plaga ha sido declarada como cuarentenaria.
  - Prohibir la importación de Material vegetal (Planta de musácea con/sin raíz, Rizomas – Cormos), así como suelo o sustratos naturales que no son inertes.

- Países con presencia de Foc R4T:
  - Prohibir la importación de Material Vegetal (Planta de musácea con/sin raíz, Rizomas – Cormos y Semillas), Hojas (frescas, secas, congeladas), Fruta (fresca, congelada, deshidratada) y Artesanía elaboradas a base de musáceas.
  - Prohibir la importación de muestras de suelo o de sustratos naturales que no sean inertes y que vengán acompañando envíos de planta para plantar.
  - Permitir únicamente la importación de material *in vitro* (vitro plantas), siempre y cuando se realice con fines investigativos a través del ente competente y que los mismos hayan sido probados y demostrados como materiales tolerantes o resistentes a la plaga en el país de origen, y que cumplan con las garantías fitosanitarias de encontrarse “libres de Foc R4T” mediante análisis de laboratorio.

En el caso de que Foc R4T llegara a presentarse en el país, las consecuencias serían devastadoras para el principal sector agrícola nacional, ya que al no contar con ningún método de control efectivo para el manejo de la plaga, ocasionaría la pérdida total de los cultivos afectados, y con ello las consecuencias por las pérdidas directas e indirectas ocasionadas. De acuerdo a lo mencionado por Dita *et al.* (2018), una vez que se presenta la plaga en el campo, no existe hasta la fecha ningún fumigante o fungicida efectivo que controle la plaga, es por ello que se debe trabajar en la identificación de variedades comerciales resistentes o tolerantes para la renovación de la plantación.

Foc R4T ocasionaría graves efectos sobre los mercados, desde el punto de vista del mercado interno, podría existir desabastecimiento y especulación, además del incremento en los costos por la modificación en las estrategias de producción, así como el incremento en los costos para el control y erradicación de la plaga; de igual manera, se vería comprometido el acceso a los mercados internacionales, ya que la presencia de la plaga podría ocasionar el cierre parcial de los mercados.

Dentro de los resultados se estableció la línea base para la aplicación de medidas fitosanitarias adecuadas que permitan la mitigación del riesgo de introducción

asociado a diferentes vías de ingreso de las musáceas establecidas en la normativa 048.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

En el caso de productos como: Plantas de musácea con/sin raíz, Rizomas – Cormos y Semillas para la siembra; actualmente no cuentan con requisitos fitosanitarios de importación (RFI); y debido al **ALTO** riesgo que representaría el ingreso de este material desde países con presencia de la plaga, se recomienda mantener la prohibición del ingreso de este material. De igual forma, es importante mencionar que podría existir un comercio ilegal de este material, lo que podría conllevar a graves pérdidas al sector productor, por lo tanto, se recomienda enfatizar en las medidas para los viajeros y sus equipajes, las cuales pueden incluir inspecciones intrusivas, publicidad informativa y multas o incentivos que ayuden a evitar esta movilización ilegal del material; así como posibles tratamientos fitosanitarios que ayuden a mitigar el riesgo (aunque en el caso de este material no existen tratamientos identificados que garanticen su control). En el caso de las maquinarias o medios de transporte contaminados, estos deben estar sujetos a limpieza o desinfección.

Con el fin de que el Ecuador pueda investigar a través de las instituciones competentes, sobre la adaptabilidad y distinguibilidad del material resistente o tolerante que se está produciendo en países con presencia de la plaga, se recomienda que la ONPF del Ecuador realice la actualización de la Resolución 048; mediante la cual pueda permitir únicamente con fines investigativos (a través de la institución competente para este fin), la importación de plantas *in vitro* de materiales tolerantes o resistentes a la plaga, esto permitirá al país poder contar con datos relevantes, para que en el llegado caso de la ocurrencia de un brote en territorio, se pueda estar preparado a brindar una atención oportuna.

En relación a que parte del proceso para identificar el riesgo asociado a los viajeros recaen en la inspección que se realice a sus equipajes; se recomienda a la ONPF del Ecuador que pueda contar con Brigadas caninas en los principales puntos de

control, con el fin de detectar de manera oportuna la ocurrencia de productos orgánicos e inclusive plagas en sus maletas.

## **CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACORBANEC (2020). 2020 Especial por 4to Aniversario. Ecuador, s.e.
- AGROCALIDAD, 2020. Guía de trabajo para la elaboración de análisis de riesgo de plagas (ARP) por plaga (2020, Quito). 2020. Ed. AGROCALIDAD. Quito, Ecuador.
- Altendorf, S. 2019. La marchitez del banano por Fusarium Raza 4 Tropical: ¿Una creciente amenaza al mercado mundial del banano? FAO :10.
- CABI. 2019. Musa (banana) (en línea, sitio web). Consultado 19 ene. 2021. Disponible en <https://www.cabi.org/isc/datasheet/35124>.
- CABI. 2021. Informe de hoja de datos para Fusarium oxysporum f.sp. cubense tropical race 4 (TR4) (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.cabi.org/cpc/datasheetreport?dsid=59074053>.
- Cheng, C; Liu, F; Sun, X; Tian, N; Mensah, RA; Li, D; Lai, Z. 2019. Identification of Fusarium oxysporum f. sp. cubense tropical race 4 (Foc TR4) responsive miRNAs in banana root. Scientific Reports 9(1):13682. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50130-2>.
- CIPF. 2019b. NIMF N°5. Glosario de términos fitosanitarios (en línea, sitio web). Consultado 22 nov. 2019. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/10/ISPM\\_05\\_2019\\_Es\\_Glossary\\_2019-10-11\\_PostCPM-14.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/10/ISPM_05_2019_Es_Glossary_2019-10-11_PostCPM-14.pdf).
- Dita, M; Barquero, M; Heck, D; Mizubuti, ESG; Staver, CP. 2018. Fusarium Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management (en línea). Frontiers in Plant Science 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>.
- Dita, M; Echegoyén, P; Pérez, L. 2013. Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de Fusarium oxysporum f. sp. cubense En un país de la región

- del OIRSA (en línea, sitio web). Consultado 18 ene. 2021. Disponible en <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=14819>.
- Dita, M; Echegoyen, P; Pérez, L. 2017. Plan de contingencia ante un brote de la Raza 4 Tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en un país de la región del OIRSA. s.e. Consultado 3 dic. 2020. Disponible en [https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad\\_Vegetal/Manuales%20OIRSA%202015-2018/Plan\\_conting\\_FOC\\_R4T\\_2017-V2-Final-FEB18-2017.pdf](https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/Manuales%20OIRSA%202015-2018/Plan_conting_FOC_R4T_2017-V2-Final-FEB18-2017.pdf) (Oirsa.org).
- FAO. 1997. Nuevo Texto Revisado - CIPF (en línea, sitio web). Consultado 22 nov. 2019. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publications/es/2013/06/03/1034340753484\\_spippc\\_201304232117es.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publications/es/2013/06/03/1034340753484_spippc_201304232117es.pdf).
- FAO. 2009. FAOSTAT Database (en línea, sitio web). Consultado 20 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- FAO. 2021. World Banana Forum| Foro Mundial Bananero | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en línea, sitio web). Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/world-banana-forum/about-the-foro/es/>.
- FAOSTAT. 2017. (en línea, sitio web). Consultado 16 nov. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- FAO. 2019. Glosario de términos fitosanitarios. s.e. Consultado 12 ago. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM\\_05\\_2019\\_Es\\_Glossary\\_2020-01-08\\_PostCPM-14\\_LRGRev.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM_05_2019_Es_Glossary_2020-01-08_PostCPM-14_LRGRev.pdf) (Ippc.int).
- FAOSTAT. 2020. s.e. Consultado 8 dic. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Fao.org).
- Griffin, R. 2000. Las negociaciones comerciales multilaterales sobre la agricultura: manual de referencia III. Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) y Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) 11. El análisis del riesgo y la CIPF (en línea, sitio web). Consultado 19 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/x7354s/X7354s11.htm>.

- Hong-ji, S; Shin-chuan, H; Wen-hsiung, K. 1986. Fusarial wilt of Cavendish Banana in Taiwán (en línea). 70 N°9. Disponible en <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19871322003>.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.6.580>.
- INIAP. 2020. Banano, plátano y otras musáceas – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (en línea, sitio web). Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>.
- IPPC. 2020. Adopted Standards (ISPMs) - International Plant Protection Convention (IPPC). s.e. Consultado 9 dic. 2020. Disponible en <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/> (Ippc.int).
- Lara, DF. 2009. Uso de bacterias endofíticas para el control biológico del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) en el cultivar Gros Michel (AAA) (en línea). Costa Rica, s.e. Disponible en [https://agritrop.cirad.fr/556130/1/document\\_556130.pdf](https://agritrop.cirad.fr/556130/1/document_556130.pdf).
- Larach, M. 2004. El acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias: contenido y alcance para América Latina y el Caribe. 1 ed. Santiago de Chile, Naciones Unidas, p.1-35.
- Magdama, F; Monserrate-Maggi, L; Serrano, L; Sosa, D; Geiser, DM; Jiménez-Gasco, M del M. 2019. Comparative analysis uncovers the limitations of current molecular detection methods for *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 4 strains. *PLOS ONE* 14(9):e0222727. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222727>.
- Mostert, D; Molina, AB; Daniells, J; Fourie, G; Hermanto, C; Chao, C-P; Fabregar, E; Sinohin, VG; Masdek, N; Thangavelu, R; Li, C; Yi, G; Mostert, L; Viljoen, A. 2017. The distribution and host range of the banana Fusarium wilt fungus, *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, in Asia. *PLOS ONE* 12(7):e0181630. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181630>.
- NIMF 1. 2006. Principios fitosanitarios para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional. s.e.

- Consultado 5 dic. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2016/01/ISPM\\_01\\_2006\\_Es\\_2016-01-14.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2016/01/ISPM_01_2006_Es_2016-01-14.pdf) (Ippc.int).
- NIMF 2. 2007. Marco para el análisis de riesgo de plaga. s.e. Consultado 7 dic. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/06/ISPM\\_02\\_2007\\_Es\\_2019-06-07\\_PostCPM14\\_InkAm.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/06/ISPM_02_2007_Es_2019-06-07_PostCPM14_InkAm.pdf) (Ippc.int).
- NIMF 5. 2019. Glosario de términos. s.e. Consultado 5 dic. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM\\_05\\_2019\\_Es\\_Glossary\\_2020-01-08\\_PostCPM-14\\_LRGRev.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2020/02/ISPM_05_2019_Es_Glossary_2020-01-08_PostCPM-14_LRGRev.pdf) (Ippc.int).
- NIMF 8. 1998. Determinación de la situación de una plaga en un área. s.e. Consultado 5 dic. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/06/ISPM\\_08\\_1998\\_Es\\_2017-04-22\\_PostCPM12\\_InkAm.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/06/ISPM_08_1998_Es_2017-04-22_PostCPM12_InkAm.pdf) (Ippc.int).
- NIMF 11. 2013. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenaria. s.e. Consultado 5 dic. 2020. Disponible en [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/06/ISPM\\_11\\_2013\\_Es\\_2019-06-07\\_PostCPM14\\_InkAm.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/06/ISPM_11_2013_Es_2019-06-07_PostCPM14_InkAm.pdf) (Ippc.int).
- 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. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209150672007.pdf>
- Ploetz, RC. 2015. Fusarium Wilt of Banana. *Phytopathology*® 105(12):1512-1521. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW>.
- ProMusa. 2021. Fusarium oxysporum f. sp. cubense (en línea, sitio web). Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <http://www.promusa.org/Fusarium+oxysporum+f.+sp.+cubense>.
- PSU, PPSU. 2021. Banana | Diseases and Pests, Description, Uses, Propagation (en línea, sitio web). Consultado 20 ene. 2021. Disponible en <https://plantvillage.psu.edu/topics/banana/infos>.
- Sepúlveda, WS; Ureta, I; Hernández, GA; Solorzano, GK. 2017. Consumo de plátano en ecuador: hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los

- consumidores. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 10(4):995-1014.  
DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p995-1014>.
- SIPA. 2020. Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador - SIPA. s.e.  
Consultado 7 dic. 2020. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec>  
([Sipa.agricultura.gob.ec](http://sipa.agricultura.gob.ec)).
- SIPA. 2021. Cifras Agroproductivas (en línea, sitio web). Consultado 18 ene. 2021.  
Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- Tanaka, H; Larson, B. 2004. The role of the International Plant Protection Convention in the prevention and management of invasive alien species. *Assessment and Control of Biological Invasion Risks*. 1 ed. Kyoto, Shoukadoh Book Sellers, p.56-62.
- Villegas, N. 2018. Análisis de Riesgo de Plagas por plaga para la región del OIRSA *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical (Foc R4T). :260.

## **CAPÍTULO VII. ANEXOS**

**Anexo 1. Guía de trabajo para la elaboración de estudios de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) por Plaga**

**Anexo 2. Acuerdo Ministerial 142 – Ficha técnica Foc R4T**