UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Revisión bibliográfica sobre planes de acción para el control del ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical (mal de Panamá) en Ecuador"

AUTOR(ES):

Aldahir Jackson Andy Tapuy

DOCENTE - TUTOR:

Pablo Ernesto Arias, M. Sc

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO **Revisión bibliográfica sobre planes de acción para el control del ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical (mal de Panamá) en Ecuador"**		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	OBJETIVO NO CONCRETO (en el resumen está mejor) - proveer de literatura actualizada - actuar de la forma más eficiente - ejecutar las medidas pertinentes
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	*Marque con X*
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	92

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA ADELA VALDES SAENZ

Dra María Adela Valdés Sáenz

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de AGOSTO de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO: "Revisión bibliográfica sobre planes de acción para el control del ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical (mal de Panamá) en Ecuador"		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
YAMILA LAZO PEREZ

MS, c. Yamila Lazo Pérez

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 04 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Aldahir Jackson Andy Tapuy (C.I. 2200538698) con el Tema: **"Revisión bibliográfica sobre planes de acción para el control del ingreso de** *Fusarium oxysporum cubense* **raza 4 tropical (mal de Panamá) en Ecuador"** de la carrera de AGROPECUARIA_. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Pablo Ernesto Arias, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5 %, Informe generado con fecha 04 de agosto 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

PABLO ERNESTO ARIAS

Firmado digitalmente por PABLO ERNESTO ARIAS
Fecha: 2022.08.04 13:05:12 -05'00'

Pablo Ernesto Arias

1600220303

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular.

Ouriginal
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Articulo cientifico de Foc r4t Aldahir.docx (D142661430)
Submitted	2022-08-04 19:47:00
Submitted by	ARIAS PABLO ERNESTO
Submitter email	parias@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	parias.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**Monografia Fusarium Oxysporum raza 4 en el cultivo de Banano.docx** Document Monografia Fusarium Oxysporum raza 4 en el cultivo de Banano.docx (D66810483)	2
SA	**MonicaGallo_Trabajo_de_Titulación.docx** Document MonicaGallo_Trabajo_de_Titulación.docx (D99393704)	2
SA	**TESINA AURELIO ARIAS.docx** Document TESINA AURELIO ARIAS.docx (D113292132)	1
SA	**Disertación galo Ordoñez.docx** Document Disertación galo Ordoñez.docx (D77785913)	2

"Revisión bibliográfica sobre planes de acción para el control del ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical (mal de Panamá) en Ecuador"

Aldahir Jackson Andy Tapuy 1[1]
Agp2017144@uea.edu.ec

Pablo Ernesto Arias, M. Sc[1]
parias@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria (1)

Resumen

Fusarium oxysporum cubense raza 4 tropical es un hongo del suelo causante de la enfermedad más devastadora del banano a nivel mundial conocida como "mal de Panamá" y su reciente aparición en el vecino país de Colombia representa un gran peligro para los productores ecuatorianos dedicados a esta actividad, Ecuador es el principal exportador de banano en todo el mundo aportando más del 33.33% de las exportaciones globales, la producción y comercialización del banano ecuatoriano juega un rol muy trascendental en la economía nacional, debido a que es el segundo rubro económico más importante después del petróleo y si el hongo patógeno ingresa al país las consecuencias económicas, ambientales y sociales serian catastróficas. El propósito del estudio fue analizar documentalmente los planes de acción para el control del ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical en Ecuador, este trabajo es de tipo no experimental, exploratorio documental, que permitió la búsqueda de información y literatura científica con relación al tema de estudio publicado por otros autores. En los resultados se menciona que Ecuador es un país libre del hongo patógeno causante de la enfermedad "mal de Panamá", sin embargo, el riesgo de ingreso del mismo a territorio nacional es alto debido a sus características fisiológicas y su capacidad de sobrevivir sobre sustratos de suelo por mucho tiempo, por ello, es necesario implementar medidas fitosanitarias de exclusión para evitar su ingreso, estas medidas incluyen principalmente actividades de revisión física y desinfección con amonio cuaternario de cuarta o quinta generación con la dosis establecidas por Agrocalidad citado en su plan de contingencia y plan de acción de todos los artículos que ingresen a Ecuador, en los principales puntos de entrada al país como: aeropuertos, puertos marítimos y fronteras terrestres.

***Palabras Clave**: Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical, Ecuador, Hongo, Medida fitosanitaria, Banano.

Abstract

Fusarium oxysporum cubense tropical race 4 is a soil fungus cause of the most devastating banana disease worldwide known as "Panama disease" and its recent appearance in the neighboring county of Colombia represents a great danger for Ecuadorian producers dedicated to this activity, Ecuador is the main exporter of bananas worldwide contributing more than 33.33% of global export, the production and commercialization of Ecuadorian bananas plays a very important role in the national economy, because it is the second most important economic item after oil and if the pathogenic fungus enters the country the economic, environmental and social consequence would be catastrophic. The purpose of the study was to analyze documentarily the action plans for the control of the entry of *Fusarium oxysporum cubense* tropical race 4 in Ecuador, this work is of a non-experimental type, exploratory documentary, which allowed the search for information and scientific literature in relation to the subject of study published by other authors. In the results it is mentioned that Ecuador is a country free of the pathogenic fungus that causes the disease "Panama disease", however, the risk of its entry into the national territory is high due to its physiological characteristics and its ability to survive on soil substrates for a long time, therefore, it is necessary to implement phytosanitary exclusion measures to prevent their entry, these measures mainly include physical review and disinfection activities whit fourth or fifth generation quaternary ammonium with the dose established by Agrocalidad cited in its contingency plan and action plan for all items entering Ecuador, in the main points of entry into the country such as: airports, seaports and land borders.

***Keywords**: Fusarium oxysporum cubense* tropical race 4, Ecuador, fungus, Phytosanitary measure, Banana.

1 INTRODUCCIÓN

Fusarium oxysporum es un hongo del suelo, capaz de sobrevivir en casi cualquier tipo de sustrato, la mayoría de las cepas de esta especie son saprófitas, sin embargo, existen cepas que inducen enfermedad una vez ingresado en el hospedante causando marchitez vascular, recientes estudios científicos revelan que hay alrededor de 150 formas

especiales y razas fisiológicas, dentro de la cual esta *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (López & Castaño, 2019).

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* (*Foc*) causa la enfermedad conocida como "mal de Panamá" en el banano, esta enfermedad obstruye los conductos vasculares dificultando el traslado de minerales y nutrientes desde la raíz, causando marchitamiento de las hojas e impidiendo el proceso de fotosíntesis provocando la muerte total de la planta. El primer registro de esta enfermedad fue en Australia en 1876 (Izquierdo García et al., 2021), *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* se divide en 4 razas en dependencia de la variedad de banano que ataca (Aguilar Anccota & Morales Pizarro, 2021), la raza 1 ataca a Gros Michel (AAA) (Vicente et al., 2009) y maqueño (subgrupo AAB), la raza 2 a bananas de cocción como Bluggoe (ABB), la raza 3 ataca *Heliconia* spp., y la raza 4 se subdivide en raza 4 subtropical y raza 4 tropical, la SR4 (raza 4 subtropical) ataca a la variedad Cavendish y a las variedades susceptibles de las razas 1 y 2 en zonas subtropicales de Asia, Sudáfrica y Australia, mientras que R4T (raza 4 tropical) ataca a todas las variedades que ataca SR4 sin importar la condiciones subtropicales, es decir R4T es patogénico en condiciones tropicales y subtropicales (Vicente et al., 2009) y (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Los síntomas que presenta la enfermedad "mal de Panamá" causado por *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical de forma externa, es el amarillamiento del borde de las hojas más viejas, a medida que la enfermedad avanza, estas hojas se tornan de un color amarillo brillante acompañados de pequeños puntos negros (necrosis) hasta que colapsan completamente y quedan colgadas de su peciolo en el pseudotallo, las hojas más jóvenes son las ultimas en presentar dichos síntomas (Andrade, 2016), además se puede apreciar aperturas o agrietamientos longitudinales en el pseudotallo, los síntomas internos son la decoloración de tejidos de los conductos vasculares, raíces y el rizoma, que a medida que avanza la enfermedad estos cambian de color café rojizo a color marrón, mismos que se pueden visualizar al realizar un corte transversal en la zona basal de la planta (Martínez Solórzano et al., 2020). Dicha afección obstruye el traslado de agua y nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de la planta, provocando una deficiente formación del fruto que es el producto final esperado de las plantaciones bananeras, y si el producto final no cumple con los estándares de calidad (contenido de nutrientes y tamaño) no puede ser comercializado exitosamente, influyendo negativamente en el bolsillo del productor

(Borja, 2016).

El banano es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, actualmente es considerado como en el cuarto alimento que presenta mayor demanda en el mercado global, estando detrás del arroz, trigo y maíz (López & Castaño, 2019), en términos volumétricos la fruta del banano representa el 12% del volumen total de la producción de frutas a nivel mundial ocupando el segundo lugar en esta lista después de los cítricos (Martinez et al., 2007).

Del 100% de banano que se consume en todo el mundo, el 76,56% se produce principalmente en Sudamérica y el Caribe, siendo estos los principales exportadores a nivel global, registrando una exportación de 14,7 millones de toneladas en el año 2018 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020), además se considera al banano como producto que presenta un gran impacto económico, social y político de países productores en vías de desarrollo, debido a su gran flujo comercial dentro de los mercados de países desarrollados (P. Arias, 2004).

En Ecuador el inicio de la producción bananera de forma intensiva tiene sus orígenes en el año 1910 (Fierro Ulloa & Villacres Rojas, 2014), sin embargo su auge tuvo lugar entre 1948 y 1964 (Valarezo & Torres Dávila, 2004), actualmente el país es el mayor exportador y proveedor de banano en todo el mundo, siendo dueño del 36% de las exportaciones globales, en el 2019 Ecuador exporto 6,5 millones de toneladas de orito, 211,73 mil toneladas de plátano, 170, 245 mil toneladas de orito, 10,5 mil toneladas de abacá y 6 toneladas de morado-rojo produciendo un rubro total de 262 millones de dólares (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). La producción y comercialización del banano juega un rol económico super importante, debido a que es el segundo rubro de interés después del petróleo y un declive en su producción tendría un fuerte impacto en la economía nacional ya que su comercialización representa el 3,84% del PIB total y el 50% de PIB Agrícola de la nación (Intriago, 2011).

El “mal de Panamá” causado por el hongo del suelo *Fusarium oxysporum cubense* raza 4 tropical, es una enfermedad que provoca preocupación a nivel mundial debido a su capacidad devastadora de cultivares de banano en países infectados por este hongo, las plantaciones bananeras de Ecuador así como su producción y comercialización de banano ecuatoriano están expuestas a un posible brote de esta enfermedad, por ello el objetivo de este trabajo es describir las actividades necesarias para el control del ingreso de *Fusarium*

oxysporum cubense raza 4 tropical a Ecuador.

Ante lo previamente expuesto, se ejecutó una investigación documental de información existente, publicado por varios autores sobre los planes de acción para el control del ingreso de *Foc* R4T en Ecuador, para así proveer de literatura actualizada y verídica a todas las personas interesadas e involucradas en el tema de producción bananera, de tal manera que puedan actuar de la forma más eficiente para evitar el ingreso de este ente patógeno a la nación y en el posible caso de sospecha de que la enfermedad ingresó, ejecutar las medidas pertinentes para reducir o mitigar el efecto devastador de *Foc* R4T.

2 MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El presente trabajo se basa en un diseño de investigación de tipo no experimental, exploratorio y documental; este trabajo no es experimental debido a que se analizó las medidas y/o alternativas necesarias para evitar el ingreso de *Foc* R4T a Ecuador en base a información científica publicada por otros autores.

2.2 Método de investigación

Se utilizó el método de investigación exploratorio documental, el cual posibilitó la investigación científica y sistemática de información en fuentes primarias y secundarias (Hernadez et al., 2010), se realizó una búsqueda exhaustiva de información en base datos científicos como: Google Académico, Scielo y Redalyc, y luego de minuciosas y detalladas lecturas analíticas se ejecutó una recopilación y selección de información provenientes de: revistas científicas, libros, tesis de grado, sitios web y repositorios digitales, todos los documentos seleccionados presentaban información coherente sobre el tema tratado, sin embargo la mayor información proviene de fuentes primarias (artículos científicos y tesis de grado).

2.3 Descriptores de búsqueda

Las palabras utilizadas para la búsqueda de información fueron: *Fusarium oxysporum cubense* R4T, control, banano, Ecuador, mal de panamá, hongo, enfermedad, medidas fitosanitarias.

2.4 Criterios de inclusión

Los criterios utilizados para la ejecución de este trabajo fueron: información científica verídica, idioma español e inglés, documentos publicados en los últimos 22 años y que tengan relación y coherencia con el tema de control de ingreso *Foc* R4T en Ecuador.

2.5 Manejo de información

La información encontrada sobre diferentes medidas y/o alternativas enfocadas en el control de ingreso de la enfermedad, presentan literaturas con una similitud muy alta, por lo cual se sintetizó dicha información para establecer los procedimientos más relevantes e importantes. Dentro de los resultados; para describir la distribución geográfica de *Foc* R4T se estableció una tabla con el generador de tablas de Microsoft Word que describe los países con presencia de *Foc* R4T, en cuanto a la importancia económica de la producción bananera se realizó una figura independiente con Excel para detallar la información encontrada en publicaciones previas, en donde se muestra el aporte al PIB nacional del banano y los principales mercados de destino del banano ecuatoriano respectivamente. En la etapa dos del ARP referente al NIMF, se estableció una tabla realizada en Microsoft Word en donde se detalla la probabilidad de ingreso del hongo a Ecuador y en lo que confiere a la etapa tres del ARP se elaboró dos tablas con ayuda del gestor de tablas de Microsoft Word, en donde se describen las estructuras físicas de desinfección y los desinfectantes comerciales más efectivos respectivamente. El resto de información descrita en los resultados son parte de una lectura analítica que se escribió a manera de parafraseo basado en la información científica existente, cada mención mantiene explicita la cita bibliográfica para evitar cuestiones de fraude.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La enfermedad más devastadora del cultivo de banano registrada actualmente es conocida como “mal de Panamá” causado por *Fusarium oxysporum cubense* (Porteles et al., 2015), el cual se divide en cuatro razas: R1, R2, R3, R4., esta última se subdivide en dos razas: raza 4 subtropical (*Foc* SR4) y raza 4 tropical (*Foc* R4T), siendo la raza 4 tropical (*Foc* R4T) la más peligrosa e importante ya que ataca a las variedades susceptibles a la raza 4 subtropical (*Foc* SR4), afectando dentro de ella a la variedad de banano Cavendish, variedad más producida comercialmente a nivel mundial (A. Arias, 2021).

3.1 Distribución geográfica de *Foc* R4T

El hongo *Fusarium oxysporum cubense* R4T es un organismo cosmopolita capaz de sobrevivir en distintos tipos de sustratos y permanecer ahí durante mucho tiempo. La tabla 1 muestra la distribución geográfica de *Fusarium oxysporum cubense* R4T alrededor del mundo.

Tabla 1

Distribución geográfica de Fusarium oxysporum cubense R4T.

Continente	País
Asia	Taiwán, Malasia, Indonesia, China, Filipinas, Jordania, Vietnam, Laos, Pakistán, Birmania
África	Mozambique, Mayotte
Europa	España
Oceanía	Papúa nueva Guinea, Australia
América del Sur	Colombia

Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Arias, 2021) y (Gallo, 2021).

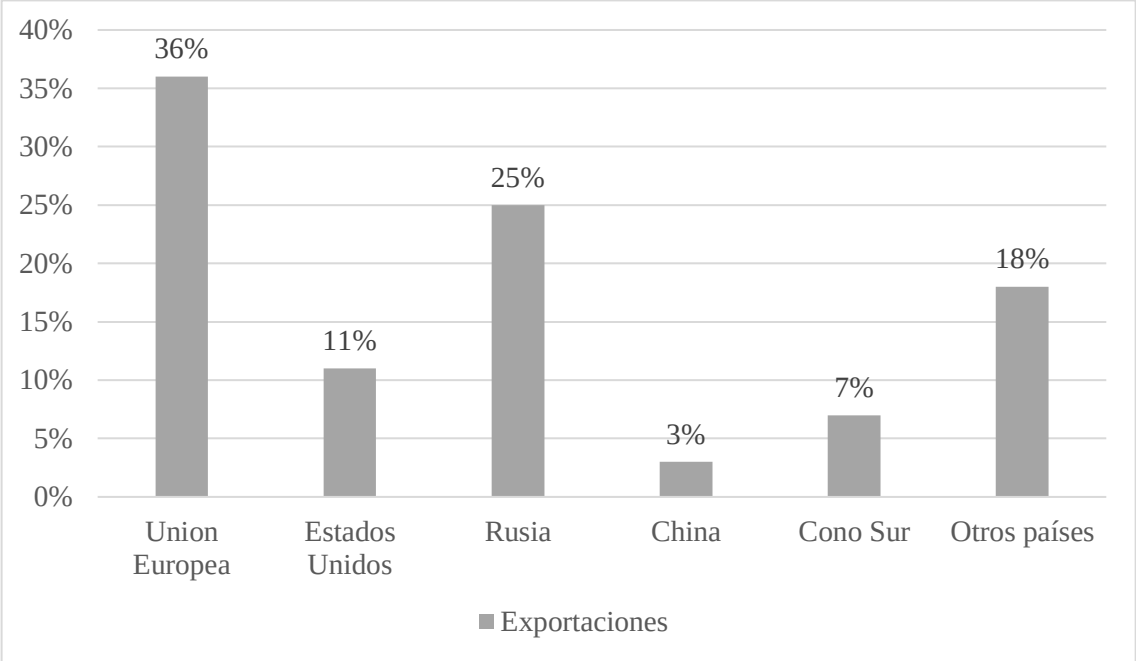
En la tabla 1 se muestra la distribución geográfica del hongo *Fusarium oxysporum cubense* R4T causante de la enfermedad conocida como "mal de Panamá" en los distintos continentes y países del mundo, siendo el continente Asiático, el continente con el mayor número de países en el que se encuentra la enfermedad, seguido del continente Africano y Oceánico los cuales tienen dos países con presencia del hongo, Europa y América del Sur tienen un país con presencia del hongo, siendo Colombia el país más reciente en Sudamérica en registrar la presencia de esta enfermedad en Agosto del 2019 (Prieto & Montoya, 2022).

3.2 Importancia de la producción bananera en Ecuador

Ecuador es el primer país exportador de banano a nivel mundial, su fruto tiene una excelente acogida en los más grandes y exigentes mercados internacionales debido a su calidad y exquisito sabor, además Ecuador aporta más del 33,33% de la producción total de banano en todo el mundo (León Serrano et al., 2020). La Figura 1 muestra los principales mercados de destino más importantes del banano ecuatoriano.

Figura 1

Principales mercados de destino del banano ecuatoriano



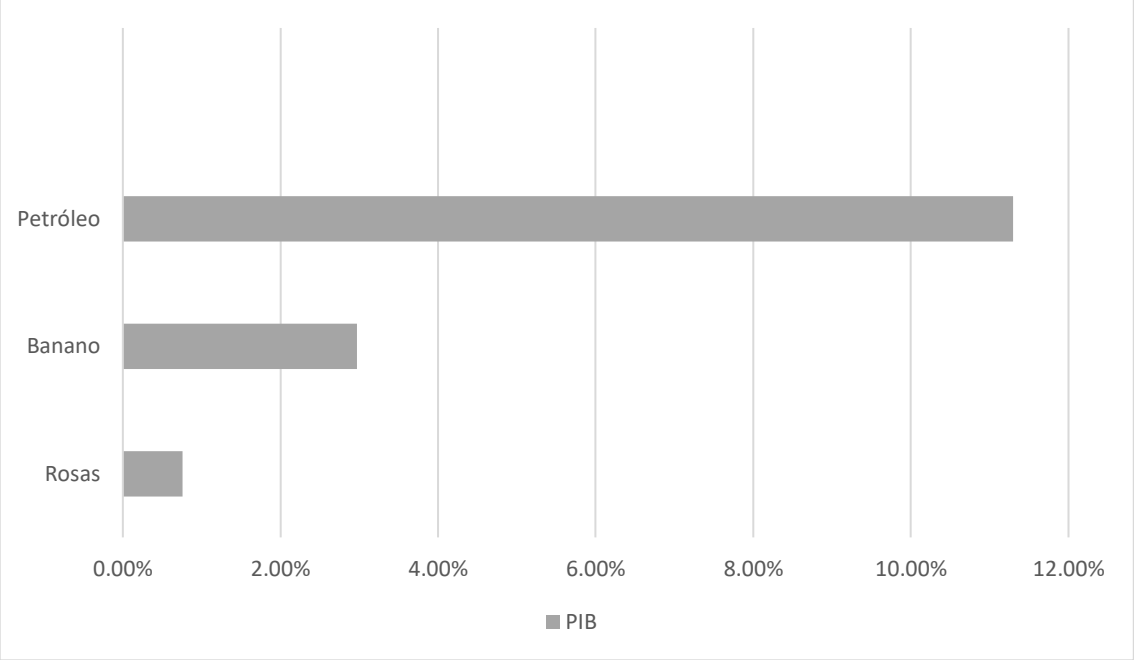
Fuente: Elaboración propia a partir de (León Serrano et al., 2020)

En la Figura 1 se observa los principales mercados de destino en los que se comercializa el banano ecuatoriano a través de exportaciones, siendo la Unión Europea el mercado más grande e importante de la producción bananera de Ecuador, ya que se destina el 36% de la producción total, seguido de Rusia y Estados Unidos con el 25% y 11% respectivamente, en menor escala de exportación están los mercados del Cono Sur y China, siendo este último el mercado más débil de exportación con el 3%, esto se debe a que países asiáticos como Filipinas cubren dicha demanda.

La producción y comercialización del banano ecuatoriano juega un rol muy importante en la economía nacional, debido a que es el segundo rubro más importante después del petróleo, generando fuentes de empleo de forma directa e indirecta, su aporte al PIB nacional es del 2,97% y con relación al PIB agropecuario las exportaciones bananeras representa el 38,07% (Gallo, 2021). La figura 2 muestra la tasa de aportación al PIB nacional de las exportaciones del banano con relación al petróleo y las rosas.

Figura 2

Tasa de aportación al PIB nacional del banano en relación al petróleo y rosas por concepto de exportación



Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura de (Coporación Financiera Nacional, 2020), (Gallo, 2021) y (Morales Maridueña et al., 2022)

En la figura 2 se observa que el rubro más importante para Ecuador es el petróleo, el cual a través de su exportación aporta un 11,3% al PIB nacional, seguido de la exportación bananera el cual aporta el 2,97% al PIB nacional siendo este es segundo rubro más importante e irremplazable en la economía nacional, existen otros productos de exportación como las rosas, sin embargo, este está por debajo del nivel de aportación al PIB nacional que el banano y petróleo con un aporte del 0.76%.

3.3 Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF)

Las NIMF son normas adoptadas por la Comisión de Medidas Fitosanitarias (CMF), el cual contiene directrices y recomendaciones que sirven como base para el establecimiento de las medidas fitosanitarias que serán aplicadas en cada país luego de la armonización con su ente encargado de la regulación y control Fito y Zoosanitario, en el caso de Ecuador Agrocalidad, estas normas hacen posible estructurar el Análisis de Riesgo de Plaga (ARP), el ARP proporciona los elementos necesarios para establecer las medidas fitosanitarias ideales en un área en específico (FAO, 2020) y (Gallo, 2021).

AGROCALIDAD (2017), menciona que la estructura del Análisis de Riesgo de Plaga es la siguiente:

- Etapa 1: Inicio del proceso de análisis de riesgo de plaga
- Etapa 2: Evaluación de ingreso de *Foc* R4T a Ecuador
- Etapa 3: Manejo del riesgo de plagas

3.4 Etapa 1: Inicio del proceso de análisis de riesgo de plaga

3.4.1 Identificación de brote de *Foc* R4T en Ecuador

Esta actividad se realiza ante la inminente sospecha de que la enfermedad "mal de Panamá" está en el territorio nacional, enviando muestras de tejido vegetal de plantas con síntomas sospechosas de la enfermedad al laboratorio autorizado, para de esta manera confirmar o descartar la presencia del hongo patógeno, dicha actividad debe ser ejecutada solo por el personal profesional y capacitado para esta labor. De acuerdo a Gallo (2021), quien presento un estudio abordando temas sobre la producción bananera en Ecuador menciona que Ecuador es un país libre de la plaga cuarentenaria causada por *Fusarium oxysporum cubense* R4T.

3.5 Etapa 2: Evaluación de ingreso de *Foc* R4T a Ecuador

3.5.1 Probabilidad de ingreso de *Foc* R4T

Fusarium oxysporum cubense R4T es un hongo terrestre capaz de sobrevivir en el suelo por más de 30 años en forma de clamidospora (OIRSA, 2013), este puede dispersarse de un lugar contaminado a áreas libre de esta enfermedad mediante el agua, suelo, material vegetal, aire, animales y elementos antropogénicos (Martínez Solórzano et al., 2020).

Ecuador al ser un país exportador e importador tiene vías de acceso terrestre, aéreo y marítimo, esto hace posible que exista un riesgo muy alto de que el hongo patógeno ingrese, establezca y se disperse en el territorio nacional. La tabla 2 muestra la probabilidad de ingreso, establecimiento y dispersión de *Foc* R4T en Ecuador.

Tabla 2

Probabilidad de ingreso, establecimiento y dispersión de Foc R4T en Ecuador.

Parámetros	Nivel de riesgo
Probabilidad de entrada del hongo a territorio nacional	Alto
Probabilidad de establecimiento del hongo en áreas libres de la enfermedad	Alto
Probabilidad de dispersión de estructuras del hongo	Alto

Fuente: (Gallo, 2021)

En la tabla 2 se observa la probabilidad de ingreso, establecimiento y dispersión del hongo patógeno, en todos los parámetros la probabilidad es alta, debido a que el hongo tiene la capacidad de sobrevivir por décadas en el suelo y de esta manera este puede ser introducido inconscientemente al país mediante sustratos de suelo en las suelas de los zapatos de turistas extranjeros, en los neumáticos de vehículos, adherido a maquinarias agrícolas y en contenedores procedentes de países en donde el hongo está presente, una vez que el hongo ingrese, este se puede establecer sin dificultad debido al amplio número de hospedantes que posee sin presentar sintomatología, y se puede dispersar a través del agua, viento, animales silvestres o domésticos, herramientas o maquinaria agrícola.

3.6 Etapa 3: Manejo del riesgo de plagas

3.6.1 Medidas Fitosanitarias

Ecuador es un país libre de la enfermedad cuarentenaria, por ello es necesario implementar medidas de exclusión para evitar el ingreso de este patógeno a territorio nacional. Arias (2021), describe estas siete importantes medidas fitosanitarias de exclusión que permiten controlar el ingreso del hongo patógeno a Ecuador:

1. Reglamentación de la plaga en la lista de plagas cuarentenarias
2. Implementación de estructuras físicas de desinfección
3. Control y desinfección de pasajeros, contenedores, maquinaria y vehículos en los puntos de entrada a Ecuador
4. Implementación de medidas fitosanitarias en los lugares de producción de

banano

5. Capacitación y divulgación de la importancia de la enfermedad cuarentenaria
6. Aplicación de tratamientos fitosanitarios
7. Control y vigilancia fitosanitaria especifica

3.6.1.1 Reglamentación de la plaga en la lista de plagas cuarentenarias

La reglamentación de la plaga permite realizar especificaciones de requisitos fitosanitarios que los países de origen que quieran exportar con destino a Ecuador deben cumplir, estos requisitos se basan en:

- Importación de plantas *in vitro*
- Importación de material vegetal de consumo como hojas y frutos

3.6.1.1.1 Requisitos para la importación de plantas *in vitro*

Los cormos o hijuelos que son materiales de propagación del banano, deben proceder de lugares de producción aprobados por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria de Ecuador en el país exportador, con el fin de garantizar que el material a exportarse se encuentre libre de la plaga de interés, este material puede ser destinado a la siembra o investigación científica (Gallo, 2021).

3.6.1.1.2 Requisitos para la importación de material vegetal de consumo

Gallo (2021), menciona que la importación de productos se debe realizar estrictamente desde países libres de *Foc* R4T cumpliendo lo siguiente:

- Los materiales utilizados para el empaque y transporte de productos deben ser nuevos y esterilizados, estos empaques deben estar sellados ergonómicamente y presentar la etiqueta con la información del producto, así mismo deberá contar con un certificado de laboratorio en el cual se demuestre la ausencia de *Foc* R4T.
- Realizar controles fitosanitarios en todos los puntos de entrada al país, en caso de sospecha de alguna plaga, se deberá tomar muestras para enviarlas al laboratorio especializado y autorizado para descartar la presencia de la plaga de interés.

- Los productos que vayan a ingresar al territorio nacional deben estar libre de sustratos de suelo, resto vegetal o algún otro material disímil a lo declarado.

3.6.1.2 Implementación de estructuras físicas de desinfección

Para evitar la introducción del hongo *Fusarium oxysporum cubense* R4T es imprescindible la fabricación, implementación y establecimiento de estructuras de desinfección en lugares estratégicos de ingreso a Ecuador o en los lugares de producción de banano (A. Arias, 2021). La tabla 3 muestra los distintos tipos de estructuras físicas de desinfección y su propósito.

Tabla 3

Tipos de estructuras físicas de desinfección

Estructura	Propósito
Pediluvio	Desinfectar el calzado de las personas
Arco de desinfección	Desinfectar alrededor de una persona u objeto
Rodiluvio	Desinfectar los neumáticos de un vehículo

Fuente: elaboración propia a partir de la literatura de (AGROCALIDAD, 2020)

En la tabla 3 se observa los tipos de estructuras físicas de desinfección y su propósito, el pediluvio es una pequeña estructura de plástico o algún otro material, con forma de estanque en el cual se vierte una solución desinfectante y se coloca principalmente en las entradas y salidas de los principales puntos de ingreso al país o producción bananera, el arco de desinfección pulveriza la solución desinfectante alrededor de la persona u objeto que pase a través de él, estos arcos deben colocarse en las entradas y salidas de los puntos de ingreso al país o producción bananera y los rodiluvios son pequeñas fosas de concreto construidas en el suelo que se llena con líquidos que contienen solución desinfectante, por las cuales los vehículos pasan desinfectando sus neumáticos realizando una inmersión parcial de las mismas.

3.6.1.3 Control y desinfección de pasajeros, contenedores, maquinaria y vehículos en los puntos de entrada a Ecuador

Es recomendable realizar un perfilamiento del individuo (pasajero nacional o extranjero) en concordancia con su nacionalidad y procedencia, con el propósito de

identificar si viajan desde países en donde *Foc* R4T está presente y de esta manera ejecutar una inspección minuciosa al mismo, se debe revisar el equipaje a través de rayos X y de forma física, desinfectar el calzado que lleva puesto y los que posiblemente tenga en su equipaje, además se le entrega información acerca del peligro de la enfermedad "mal de Panamá" y como puede colaborar para evitar el ingreso del hongo patógeno al país (Gallo, 2021).

Para el control de importación de maquinaria, contenedores que llegan al país y vehículos que ingresan por las fronteras terrestres se recomienda realizar una desinfección del 100% con el producto y dosis establecidos por Agrocalidad (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020), para las maquinarias agrícolas la desinfección se debe realizar de forma manual, con bombas de mochila y de forma mecánica con arcos de desinfección y rodiluvios para los contenedores y vehículos en los puntos de control previo ingreso a territorio nacional.

3.6.1.4 Implementación de medidas fitosanitarias en los lugares de producción de banano

Arias (2021), menciona las siguientes medidas fitosanitarias que se deben implementar en los lugares de producción bananera:

- Zonificar el área de producción en tres zonas: zona de exclusión, aquí se limita el ingreso del personal no autorizado a dicha área; zona de separación, es en donde se llevará un registro completo de los movimiento y flujos de las visitas, así como el establecimiento de sistemas de desinfección de personas y vehículos; zona de cultivo, es el área donde se realiza la desinfección de todos los materiales utilizados para la producción bananera y manejo de desechos.
- Utilizar material vegetal de siembra certificado
- Impedir el ingreso de mascotas o animales a las plantaciones
- Realizar monitoreos continuos de la finca para la detección de síntomas sospechosas de alguna plaga
- Esterilizar herramientas, calzado e indumentaria para la movilización del personal de un lugar a otro dentro de la misma finca
- Realizar un constante control de hierbas no deseadas

- Delimitar el área de la finca
- Desinfectar calzado de las personas y vehículos que ingresan y salen del área de producción.

3.6.1.5 Capacitación y divulgación de la importancia de la enfermedad cuarentenaria

Los medios más eficientes para que la divulgación de información llegue al público general son: afiches, hojas técnicas y carteles, no obstante, los comunicados de radio y televisión son los que tienen más alcance comunicativo. Los comunicados deben presentar datos relevantes que pueda servir de consulta, alerta y que llame la atención de los receptores, dentro del comunicado se puede expresar:

- Información de la plaga
- Vías de ingreso al país
- Efectos potenciales sobre la industria y economía
- Medidas fitosanitarias que ayuden a la exclusión de la plaga
- Organismos involucrados
- Contactos para obtener u ofrecer información

Los contenidos en los materiales utilizados para la divulgación de información deben ser claros, precisos y de fácil acceso o distribución, además se debe evitar que exista mal entendidos o mala interpretación sobre el tema de emergencia (Dita et al., 2017).

3.6.1.6 Aplicación de tratamientos fitosanitarios

Para la ejecución fitosanitaria de desinfección de vehículos, calzados, personas, herramientas, contenedores, maquinaria agrícola y otros artículos reglamentados se recomienda utilizar amonio cuaternario de cuarta o quinta generación (A. Arias, 2021). La Tabla 4 muestra la composición y concentración química de los productos desinfectantes más efectivos contra *Foc* R4T comercializados en Ecuador.

Tabla 4

Composición y concentración química de los productos desinfectantes más efectivos contra Foc R4T

Desinfectante	Composición	Casa comercial
Agri`germ 1510	Glutaraldehído 15% Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 8% Cloruro de Dimetil Didecil Amonio 2%	Imvab CIA.LTDA
Amonio cuaternario	Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 20%	Maymo S. A
Neuthox	Acido hipocloroso 0,05%	Danish Clean Water S. A
Clodos Puro	Dióxido de cloro 0,007%	STC S. L. U
Biocidox	Dióxido de cloro 10%	Boeckorp S. A

Fuente: obtenido de (Ordoñez González et al., 2021)

En la tabla 4 se observa la composición y concentración química de los productos desinfectantes que son eficaces contra estructuras reproductivas del hongo *Fusarium oxysporum cubense* R4T, el trabajo de estudio publicado por Ordoñez González et al. (2021), indica que el desinfectante más efectivo que inhibió el crecimiento de las cepas de *Foc* R4T en distintos tiempos de exposición (30 segundos, 1 minuto y 5 minutos) fue Agri`germ 1510, el cual tiene en su composición glutaraldehído y dos tipos de amonios cuaternarios (Cloruro de Alquil Dimetil Bencil Amonio 8% y Cloruro de Dimetil Didecil Amonio 2%), seguido de Neuthox y Amonio cuaternario los cuales presentaros valores aceptables de inhibición de cepas, sin embargo Clodos Puro y Biocidox empezaban a generar efecto en las cepas a partir de los 30 segundos de exposición, siendo estos dos últimos los menos efectivos de carácter inmediato.

Sin embargo, el producto desinfectante y la dosificación a aplicar, debe ser emitida por Agrocalidad y estos deben ser rotados cada año, evitando generar una resistencia adquirida en la plaga cuarentenaria de interés (A. Arias, 2021)

3.6.1.7 Control y vigilancia fitosanitaria especifica

Realizar control y vigilancia de manera periódica en todos los puntos de acceso a

territorio nacional y centros de producción bananera, haciendo cumplir todas las medidas fitosanitarias mencionadas en la estructura del ARP para evitar el ingreso del hongo, el personal encargado de dichas labores deben ser personas profesionales y capacitadas, para que el protocolo a seguir no sea vulnerado (Gallo, 2021).

4 CONCLUSIONES

Se concluye que la probabilidad de ingreso de *Fusarium oxysporum cubense* R4T a Ecuador es alta, debido a sus características fisiológicas y capacidad de sobrevivir en cualquier tipo de sustrato por mucho tiempo.

El amonio cuaternario de cuarta y quinta generación resultó ser el desinfectante más recomendado para desinfectar todos los artículos reglamentados que ingresen a territorio nacional.

La revisión física de equipajes y empaques importados, así como la desinfección de calzado de pasajeros, contenedores, neumáticos de vehículos, maquinaria agrícola en los puntos de control terrestres, marítimos y aéreos ayuda a evitar el ingreso del hongo patógeno a Ecuador.

En lo que confiere a los centros de producción bananera, el registro completo de todas las actividades que se realice, el establecimiento de estructuras de desinfección en los puntos de entradas y salidas, la limitación de ingreso solo al personal autorizado y la ejecución de limpieza, esterilización y desinfección de las herramientas e indumentaria que se utilice, reduce el riesgo de contagio de la enfermedad en la plantación de banano.

Queda estrictamente prohibido la importación de productos vegetales de musáceas desde países en donde *Foc* R4T esté presente. Todos los productos vegetales importados deben presentar un certificado de laboratorio en donde se exprese que están libres de la enfermedad cuarentenaria de interés.

5 REFERENCIAS

AGROCALIDAD. (2017). Guía de Trabajo para la Elaboración de Análisis de Riesgo de Plagas por Vía. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, 1-45. https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/arp13.pdf

AGROCALIDAD. (2020). *Medidas fitosanitarias de prevención en puntos estratégicos internos y sitios de producción*. https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/MAG-AGROCALIDAD-Recomendaciones-para-la-implementación-de-arcos-de-desinfección-rodiluvios-y-pediluvios.pdf

Aguilar Anccota, R., & Morales Pizarro, A. (2021). Fungi associated with necrosis of vascular bundles in organic banana crop : symptoms , isolation and identification , and integrated management alternatives. *Scientia Agropecuaria*, *12*(2), 249-256. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2133/1/Intriago Alava Ángel Freddy.pdf

Andrade, A. (2016). Pruebas de sensibilidad utilizando dos desinfectantes para tres cepas de Fusarium oxysporum aislado del cultivo de banano (Musa paradisiaca). En *Universidad Central del Ecuador*. http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12620012/index.pdf

Arias, A. (2021). *Medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (Fusarium oxysporum R4T) en el cultivo de banano*.

Arias, P. (2004). La economía mundial del banano 1985-2002. *FAO*. https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s03.htm

Borja, J. (2016). La producción de banano bajo el sistema de comercio justo: un análisis del caso ecuatoriano. *Siembra*, *3*(1), 7-10.

Carrión, A. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (Musa acuminata triploide A), aplicando un fertilizante a base de silicio en el cantón El Guabo , provincia de El Oro* . http://201.159.223.180/bitstream/3317/10345/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-138.pdf

Coporación Financiera Nacional. (2020). *Ficha sectorial: Agricultura, Ganadería, silvicultura y pesca*. Cultivo de flores. https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-3-trimestre-2020/FS_Cultivo-de-Flores_3T2020.pdf

Dita, M., Echegoyén, P., & Pérez, L. (2017). Plan De Contingencia Ante Un Brote De La Raza 4 Tropical De Fusarium oxysporum f. sp. cubense. *OIRSA*, *2*, 32. https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/Manuales OIRSA 2015-2018/Plan_conting_FOC_R4T_2017-V2-Final-FEB18-2017.pdf

FAO. (2020). *Standard setting*. Convencion Internacional de Protección Fitosanitaria. https://www.ippc.int/es/core-activities/standards-setting/

Fierro Ulloa, I. J., & Villacres Rojas, C. E. (2014). Diagnóstico de la cadena logística de exportación del banano Ecuatoriano hacia Estados Unidos de América. *Saber, Ciencia y Libertad*, *8*, 77-90. https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2014v9n1.1985

Gallo, M. (2021). Análisis del riesgo de introducción de Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador. En

Universidad técnica de cotopaxi. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf

Gonzabay, R. (2017). Cultivo de banano en el Ecuador. En *Revista Afese* (Vol. 58).

Hernadez, R., Fernandéz, C., & Baptista, M. (2010). *Metodologia de la investigación*.

Intriago, A. (2011). *Importancia De La Demanda Y Destinos De Las Exportaciones Bananeras Ecuatorianas 2008-2010*. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2133/1/Intriago Alava Ángel Freddy.pdf

Izquierdo García, L., Carmona, S., Zuluaga, P., Rodríguez, G., Dita, M., Betancourt, M., & Soto Suárez, M. (2021). Efficacy of Disinfectants against Fusarium oxysporum f . sp . cubense Tropical Race 4 Isolated from La Guajira , Colombia. *Journal of Fungi*, *3*, 1-12. https://www.mdpi.com/2309-608X/7/4/297/htm

Larch, M. (2003). El acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias: contenido y alcance para América Latina y el Caribe. En *CEPAL*. https://doi.org/10.2307/j.ctv2d6js28

León Serrano, L. A., Arcaya Sisalima, M. F., Barbotó Velásquez, N. A., & Bermeo Pineda, Y. L. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, *7*(2), 38-46. https://doi.org/10.26423/rctu.v7i2.521

Lopez, A. (2014). Estudio comparativo de dos alternativas nutricionales inyectadas en plantas de banano (Musa AAA) en el cantón Milagro, provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil*, 3. http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nature10402%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nature21059%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577%0Ahttp://

López, S., & Castaño, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [Fusarium oxysporum Schlechtend.: Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *22*(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1240

Martinez, G., Delgado, E., Pargas, R., Manzanilla, E., & Ramírez, H. (2007). Consideraciones generales sobre la producción y el comercio mundial de banano. I: Producción, exportación e importación. *Ceniap Hoy*, *13*, 12. http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/index.htm

Martínez Solórzano, G., Rey Brina, J., Pargas Pichardo, R., & Enrique Manzanilla, E. (2020). Fusarium wilt by tropical race 4: Current status and presence in the American continent. *Agronomy Mesoamerican*, *31*(1), 259-276. https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37925

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Plan nacional de contingencia para la prevención, detección y control de Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T). *Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario*, *1*, 70.

Morales Maridueña, I. A., Guadalupe Sánchez, K. W., Sánchez Jiménez, K. A., & Cedeño Salazar, P. A. (2022). Impacto de la actividad petrolera en las finanzas de Ecuador. *Reciamuc*, *6*(1), 284-293. https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.284-

293

OIRSA. (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 *ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA OIRSA*.

Ordoñez González, G. A., Toaza Mora, A. J., Yánez Altuna, J. M., Granda Moreno, E. I., & Marcial Coba, M. S. (2021). Evaluación de la eficacia de cinco desinfectantes comerciales, aplicables en la cadena productiva de musáceas, contra cinco cepas de Fusarium spp. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, *42*(1), 11-25. https://doi.org/10.26807/remcb.v42i1.884

Palacios, E. (2020). *Efecto de Aceite Ozonizado sobre el recimiento radial de Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza tropical 1 (Foc-Rt1)*. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50338

Porteles, M., Rodriguez, D., Ulacio, D., & Torres, J. (2015). Determinación de razas y grupos de compatibilidad vegetativa de Fusarium oxysporum f. sp. cubense en Musa, en los estados de Carabobo, Cojedes, Guárico y Miranda, Venezuela. *Saber*, *27*, 334-340. http://ve.scielo.org/pdf/saber/v27n2/art16.pdf

Prieto, O., & Montoya, D. (2022). *Análisis de producción, rendimiento y exportación de banano en los principales países afectados por el hongo Fusarium oxysporum F. sp. Cubense (Foc R4T) y recomendaciones para Colombia*.

Troya, J. (2007). Evaluacion de la efectividad de los desinfectantes en equipos y áreas de trabajo en una empresa procesadora de helados. En *Pontificia Universidad Javeriana*. http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis280.pdf

Valarezo, G. R., & Torres Dávila, V. Hu. (2004). El desarrollo local en el Ecuador: historia, actores y métodos. En *Abya-Yala*. http://0-site.ebrary.com.diana.uca.es/lib/bibucascb/detail.action?docID=10820529

Vicente, L., Viera, A., Chacón, J., & Montenegro, V. (2009). Reacción de clones naturales e híbridos de la Fhia de bananos y plátanos a las poblaciones de Cuba de Fusarium oxysporum f. sp. cubense, agente causal de la marchitez por Fusarium o mal de Panamá. *Fitosanidad*, *13*, 237-242. https://www.redalyc.org/pdf/2091/209114853003.pdf

ANEXOS

Marco conceptual

El banano (*Musa paradisiaca*) y su origen

El banano es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Musáceas, su fruto es un alimento con un alto valor nutritivo para la alimentación humana y animal (Gonzabay, 2017). Las especies de banano que se conocen actualmente provienen de una especie con semilla originarios de las regiones de Asia sudoccidental, con el transcurso del tiempo esta especie sufrió mutaciones dando lugar a frutos sin semillas que fueron distribuyéndose por todo el mundo. En el año de 1920, botánicos franceses descubrieron la variedad Gros Michel siendo este la más proliferada a nivel mundial en ese entonces, sin embargo, en el año 1960, esta variedad se sustituyó por la variedad Cavendish siendo esta ultima la más comercializada actualmente (Andrade, 2016).

Taxonomía del Banano

El banano es una hierba gigante, presenta un pseudotallo que nace de bulbos en los cuales se originan y desarrollan los hijuelos, esta planta no produce semillas viables por lo que su reproducción debe ser vegetativa (Lopez, 2014)

Tabla 1

Clasificación taxonómica del banano

Reino	*Plantae*
Clase	*Liliopsida*
Orden	*Zingiberales*
Familia	*Musácea*
Género	*Musa*
Especie	*Musa x paradiasiaca L.*

Fuente: elaboración propia a partir de la literatura de (Carrión, 2018)

Importancia Económica del Banano

La producción y comercialización del banano ecuatoriano representa el segundo rubro más importante de la economía nacional ecuatoriana después del petróleo, la exportación de banano en el 2019, generó un ingreso de 262 millones de dólares, aportando así el

3,84% al PIB nacional. Esta actividad permite que existan fuentes de empleos para muchas familias ecuatorianas, permitiéndoles tener un salario digno que les facilite cubrir la canasta básica y mejorar su estilo de vida (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Mal de Panamá

La enfermedad conocida como "mal de Panamá" es causado por un hongo patógeno del suelo *Fusarium oxysporum cubense* R4T, provoca amarillamiento y marchitez de la planta de banano, causando la muerte total del mismo en su etapa más crítica (Gallo, 2021).

Síntomas

Esta enfermedad produce síntomas externos e internos, los síntomas externos en la planta afectada inicia con el amarillamiento de los bordes de las hojas más viejas que gradualmente se disipa hacia las más jóvenes, una vez que estas colapsan en el peciolo quedan colgadas del pseudotallo y finalmente caen, también se aprecian la aparición de grietas longitudinales en el pseudotallo sin embargo, el desarrollo de la planta no se interrumpe, los frutos no presentan anomalías a excepción del tamaño de la fruta. Los síntomas internos presentan decoloración y amarillamiento de tejidos de los conductos vasculares que inician en las raíces del cormo, estas van tornándose de color marrón o café que poco a poco avanza hacia los haces vasculares de falso tallo, obstruyendo el transporte de agua y minerales desde el suelo hacia toda la planta, provocando la marchitez y posterior muerte total de la misma (Martínez Solórzano et al., 2020).

Fusarium oxysporum

Fusarium oxysporum es un hongo del suelo, considerado como un componente natural de la rizosfera floral, la mayoría de las cepas de esta especie es saprofita que tienen la capacidad de sobrevivir en la materia orgánica, sin embargo, existe cepas fitopatógenas que una vez ingresado en el hospedante produce marchitez vascular, estudios científicos indican que hay alrededor de 150 formas especiales y razas fisiológicas dentro de la cual esta *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (López & Castaño, 2019)

Actualmente no se conoce la fase sexual del hongo *Fusarium oxysporum*, siendo este de carácter amorfo, sus cepas no se pueden distinguir de manera morfológica, su mecanismo de dispersión y reproducción están dadas por macroconidios, microconidios

y clamidosporas siendo estas las responsables de causar la infección patogénica (A. Arias, 2021).

Fusarium oxysporum cubense (*Foc*) se divide en cuatro razas, R1, R2, R3 Y R4, a su vez esta última se subdivide en raza 4 subtropical (R4S) y raza 4 tropical (R4T) siendo esta la última raza identificada. La R4T es la raza más importante debido a que ataca a las variedades del subgrupo Cavendish en condiciones de tropicales y subtropicales (Vicente et al., 2009).

Taxonomía de *Foc* R4T

Tabla 2

Clasificación taxonómica de Fusarium oxysporum cubense raza 4 tropical

Dominio	*Eukaryota*
Reino	*Fungi*
Filo	*Ascomycota*
Subfilo	*Pezizomycotina*
Clase	*Sordariomycetes*
Subclase	*Hypocreomycetidae*
Orden	*Hipocreales*
Familia	*Nectriaceae*
Género	*Fusarium*
Especie	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 tropical

Fuente: obtenido de (Palacios, 2020)

Medidas fitosanitarias

Son todos aquellos principios y actividades que se enfocan en mantener un sitio específico libre de cualquier plaga (Larch, 2003).

Desinfectante

Los desinfectantes son sustancias químicas con las cuales se busca eliminar o reducir la carga de microorganismo de algún lugar específico, sin embargo, estos deben ser seleccionados en base al tipo de microorganismo que se quiere atacar (Troya, 2007).

Desinfección

Es el exterminio, inactivación y eliminación de seres microscópicos que puedan causar efecto dañino en la superficie de algún material vivo o inerte (Andrade, 2016).