



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRIA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PREVIA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGÍSTER**

**TEMA: PRUEBAS DE HOJA SIMPLE CON PRODUCTOS
BIORRACIONALES, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA
Mycosphaerella fijiensis var. *difformis*, EN EL CULTIVO DE
BANANO *Musa acuminata* AAA.**

**AUTOR: MAIGUASHCA TAPIA FRANKLIN LUTHERO
DIRECTOR: FALCONÍ SAÁ CÉSAR**

SANGOLQUÍ 2018



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**PRUEBAS DE HOJA SIMPLE CON PRODUCTOS BIORRACIONALES, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, en EL CULTIVO DE BANANO *Musa acuminata AAA*” fue realizado por el señor **Maguashca Tapia Franklin Luther** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.**

Sangolquí, septiembre del 2018

Dr. César E. Falconí



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Maiguashca Tapia Franklin Luthero**, con cédula de identidad N°1708533052, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***Título "PRUEBAS DE HOJA SIMPLE CON PRODUCTOS BIORRACIONALES, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, EN EL CULTIVO DE BANANO *Musa acuminata* AAA"*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, septiembre del 2018

Ing. Agr. Franklin L. Maiguashca Tapia.



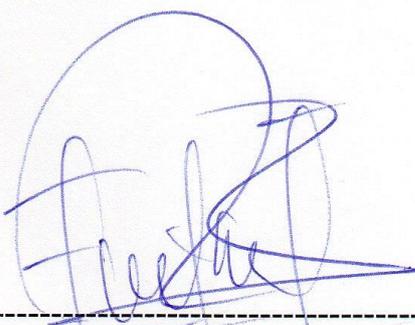
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, **Maiguashca Tapia Franklin Luthero**, con cédula de identidad N°1708533052, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título “PRUEBAS DE HOJA SIMPLE CON PRODUCTOS BIORRACIONALES, PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, EN EL CULTIVO DE BANANO *Musa acuminata AAA*”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, septiembre del 2018



Franklin L. Maiguashca Tapia
C.C: 1708533052

DEDICATORIA

Tributo el presente Trabajo de Investigación a Dios por su eterno amor y misericordia. A mi esposa Elizabeth por su amor, apoyo incondicional, cariño, y empuje en los momentos de alegría y de tristeza. A mis padres Franklin S. Maiguashca B y Marcia P. Tapia R, por sus sabios consejos, por inculcarme altos valores éticos y morales, por sus ejemplos de perseverancia y tenacidad que me han permitido luchar en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. César E. Falconí PhD, director de tesis por aceptar la dirección para realizar este trabajo de investigación, sus acertadas sugerencias, apoyo y guía hicieron posible la culminación de esta Tesis de Grado.

A mis Profesores de maestría, por el tiempo compartido en las aulas, por sus experiencias y enseñanzas sobre la investigación científica.

Agradezco también al Ing. Sergio Medina., compañero y amigo por su ayuda permanente en este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.ANTECEDENTES.....	1
1.1. El banano en Ecuador.....	1
1.1.1. Evolución de las exportaciones.....	2
1.1.2. Importancia económica.....	3
1.2. Planteamiento del problema de investigación.....	4
1.2.1. Descripción del Problema.....	4
1.3. Motivación y contexto.....	5
1.3.1. Pregunta de Investigación.....	5
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6

1.6.	Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II.....		8
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	Origen y taxonomía del banano.....	8
2.1.1.	Descripción botánica	9
2.1.2.	El cultivo de banano	10
2.1.3.	Plantación.....	11
2.1.4.	La fertilización en banano.....	13
2.1.5.	Sistema de Riego	13
2.1.6.	Prácticas agronómicas	14
2.1.6.1.	Deshije.....	14
2.1.6.2.	Deshoje	15
2.1.6.3.	Apuntalado	15
2.1.6.4.	Enfunde	16
2.1.6.5.	Deschive y cirugía	16
2.1.6.6.	Destore	16
2.1.6.7.	Deschante	17
2.1.7.	Protección de cultivos.....	17
2.1.7.1.	Manejo integrado de plagas (MIP).....	17
2.1.7.2.	Control integrado de malezas en el cultivo de banano	18
2.1.7.3.	Principales insectos y su control en el cultivo de banano	18
2.1.7.3.1.	Picudo negro <i>Cosmopolites sordidus</i>	18
2.1.7.3.2.	Larvas defoliadoras del banano.....	19
2.1.7.3.3.	Thrips de la mancha roja <i>Chaetanaphothrips signipennis</i>	19
2.1.7.3.4.	Thrips de la flor <i>Frankliniella parvula</i>	19
2.1.7.3.5.	Cochinillas <i>Dysmicoccus texensis</i>	20

2.1.7.3.6.	Escamas <i>Aspidiotus destructor</i> y <i>Diaspis boisduvalii</i>	20
2.1.7.3.7.	Control integrado de Nematodos	21
2.1.7.4.	Principal enfermedad y su control en el cultivo de banano	21
2.1.7.4.1.	Sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	21
2.1.7.4.2.	Epidemiología de sigatoka negra <i>M. fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	24
2.1.7.4.3.	Manejo de sigatoka negra <i>M. fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	26
2.1.7.4.4.	Control químico de sigatoka negra <i>M. fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	26
2.1.7.4.5.	Aplicación aérea	27
2.1.7.4.6.	Consideraciones FRAC en el control de sigatoka negra.	27
2.1.7.4.7.	Inhibidores de demetilación (DMIs)	27
2.1.7.4.8.	Aminas.....	28
2.1.7.4.9.	Inhibidor mitocondrial de la respiración celular (Qols)	28
2.1.7.4.10.	Anilino pirimidinas (APs).....	29
2.1.7.4.11.	Bencimidazoles (BCMs)	30
2.1.7.4.12.	Inhibidor del proceso de succinato deshidrogenasa (SDHI)	31
2.1.7.4.13.	Guanidinas	31
2.1.7.4.14.	N-fenilcarbamatos.....	32
2.1.7.4.15.	Fungicidas multisitio	33
2.1.7.4.16.	Fungicidas biológicos	34
2.1.7.4.17.	Fungicidas utilizados en las pruebas de hoja simple.	34
2.1.7.4.17.1.	<i>Bacillus pumilus</i> 13,8 g . L ⁻¹ cepa QST 2808.	34
2.1.7.4.17.2.	<i>Bacillus subtilis</i> 13,68 g . L ⁻¹ cepa QST 713.	35
2.1.7.4.17.3.	<i>Melaleuca alternifolia</i> 222,5 g . L ⁻¹	35
2.1.7.4.17.4.	Mancozeb 50SE g . L ⁻¹	36
CAPÍTULO III.....		36
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....		36

MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3. INSTALACIÓN DEL ENSAYO	36
3.1. Ubicación del Experimento	36
3.1.2. Datos meteorológicos.....	37
3.1.3. Cultivos y Cultivares.	37
3.1.4. Fase de crecimiento de la planta.....	37
3.1.5. Tipo de aplicación.....	38
3.1.6. Diseño experimental	39
3.1.7. Tamaño de parcelas	39
3.1.8. Tratamientos en estudio	39
3.1.9. Análisis de varianza.....	40
3.1.10. Variables evaluadas	40
3.1.11. Pruebas de significación.....	43
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Severidad	45
4.2. Porcentaje de Eficacia	49
4.3. Efecto sobre la fauna presente en el ensayo.....	51
4.4. Efecto Fitotóxico	52
4.5. Difusión.....	53
CAPÍTULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. CONCLUSIONES	56
5.2. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Superficie plantada, cosechada y rendimiento anual en miles de toneladas métricas en Ecuador.....</i>	2
Tabla 2. <i>Escala de evaluación de índice de fitotoxicidad.</i>	43
Tabla 3. <i>Severidad de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>, por efecto de productos biorracionales y un producto químico protectante. Los Ríos. Fumisa 2017.....</i>	46
Tabla 4. <i>Análisis de varianza para la AUDPC de la variable severidad de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>, con productos biorracionales. Los Ríos. Fumisa 2017.....</i>	48
Tabla 5. <i>Área bajo la curva de progreso de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var <i>difformis</i>, por efecto de productos biorracionales y un producto químico protectante. Los Ríos. Fumisa 2017.....</i>	48
Tabla 6. <i>Eficacia de productos biorracionales, en el control de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>. Los Ríos- Fumisa 2017.....</i>	50
Tabla 7. <i>Porcentaje de índice de toxicidad de productos biorracionales en el control de Sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>. Los Ríos- Fumisa 2017.....</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación diagramática de un plátano fructífero con retoños Champion, 1963).	12
Figura 2. Distribución mundial de la sigatoka negra. (países donde la sigatoka negra ha sido reportada.	24
Figura 3. Ciclo sexual y asexual de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	25
Figura 4. Severidad de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i> , con productos biorracionales. Los Ríos. Fumisa 2017	47

RESUMEN

El desarrollo de fungicidas biorracionales en los programas de control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, es de naturaleza estratégica para poder disminuir el daño ambiental y de salud que causan los fungicidas convencionales, para considerar el uso de este tipo de productos se implementó el estudio en el cultivo de banano de la variedad Williams en la Hacienda La Esperanza ubicada en la Provincia de Los Ríos durante el invierno del año 2017, se evaluó el desempeño de tres productos biorracionales y un producto convencional para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Este ensayo fue desarrollado en un diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones bajo la técnica de hoja simple, se analizaron las variables: severidad, eficacia, efecto sobre la fauna presente en el ensayo, y efecto fitotóxico. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos biorracionales y el convencional en cuanto a severidad y eficacia. Por otra parte, no se encontraron efectos negativos sobre la fauna presente en el ensayo, ni efecto fitotóxico en las plantas aplicadas de los diferentes tratamientos. Este trabajo concluye que el fungicida convencional es el mejor tratamiento cuando la presencia del inóculo es alta en el control de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Sin embargo, al comparar los fungicidas biorracionales con el control absoluto, estos mostraron un mejor desempeño.

Palabras clave:

BIORRACIONAL

CONVENCIONAL

SIGATOKA NEGRA

ABSTRACT

The development of biorational fungicides in *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* black sigatoka control programs has a strategic objective to reduce the environmental and health damage caused by conventional fungicides. The present study was implemented in the Williams variety banana cultivation at Hacienda La Esperanza, province of Los Ríos, in the winter of 2017. The performance of three biorational and one conventional products was evaluated for the control of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. The research design is based on a randomized complete block design with five (5) iterations applying the single leaf test. The following variables were analyzed: severity, efficacy, fauna and phytotoxic effects. Significant differences were found between the biorational products and the conventional ones, corresponding to the variables severity and efficacy. No negative effects on the fauna as well as no phytotoxic effects on the plants were the results of the application of the selected products. Consequently, this study concludes that the conventional fungicide (Mancozeb 50SE) is better than biorational fungicides due to the high presence of inoculum for the control of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. However, when comparing biorational fungicides with absolute control, these showed better performance.

Keywords:

BIORATIONAL

CONVENTIONAL

BLACK SIGATOKA / BLACK LEAF STREAK

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. ANTECEDENTES

1.1. El banano en Ecuador.

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo (INSTITUTO DE PROMOCIÓN EXPORTACIONES E INVERSIONES. PRO ECUADOR, 2016).

En el Ecuador actualmente existen aproximadamente 180.000 hectáreas de plantaciones de banano (Tabla1). El sector bananero representa el 12% de los puestos de trabajo en el país. Los tipos de banano que se cultivan son: Valery, Grand Cavendish, Grand Naine y Lacatan (Orozco, 2010)

El banano se produce principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro, Cañar y en otras provincias (Tabla1) su producción es clave para la economía del país, constituyéndose en el segundo rubro de importancia económica después del petróleo según datos de MAGAP.

El sector bananero genera alrededor de 2 a 2.5 millones de empleos tanto directos como indirectos, siendo un promedio de empleo directo de 0.8 hombres por hectárea de banano; este rubro incluye campo y empaque (INSTITUTO DE PROMOCIÓN EXPORTACIONES E INVERSIONES. PRO ECUADOR, 2016).

Tabla 1.

Superficie plantada, cosechada y rendimiento anual en miles de toneladas métricas en Ecuador.

El cultivo de banano en cifras 2016			
Provincias	Área Sembrada Provincias	Área Cosechada Provincias	Rendimiento anual en miles de Toneladas métricas
Los Ríos	62,710	61,937	2,822,585
Guayas	50,660	48,805	2,139,384
El Oro	42,513	42,340	1,075,395
Cañar	5,451	5,447	134,172
Cotopaxi	4,167	4,109	107,631
Loja	3,713	2,604	9,874
Esmeraldas	3,082	3,019	66,054
Bolívar	2,910	2,390	24,822
Azuay	1,096	867	6,901
Morona Santiago	591	573	21,529
Chimborazo	415	403	5,308
Zonas no delimitadas	1,616	1,613	15,466
Total	178,924	174,107	5,461,265

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua- ESPAC 2016

1.1.1. Evolución de las exportaciones

Ecuador se mantiene como el principal exportador de banano en el mundo, el 30% de la oferta mundial de banano proviene de Ecuador, representando el 15% del total de las exportaciones y es el segundo rubro de mayor exportación del país dada la demanda de consumidores de los mercados más exigentes, y el hecho de formar parte de la dieta diaria de millones de personas. La exportación de banano ecuatoriano ha tenido un constante crecimiento debido a que los productores han aumentado su productividad es decir, mayor número de cajas por hectáreas producidas (INSTITUTO DE PROMOCIÓN EXPORTACIONES E INVERSIONES. PRO ECUADOR, 2016).

En los 2 últimos años el valor FOB exportado se ha incrementado así en el 2016 alcanzó los US\$ 2,734 millones de dólares y en el 2017 llegó a US\$ 3,034 millones de dólares(BANCO CENTRAL DEL ECUADOR , 2018).

Los 10 mercados internacionales de destino más importantes para el banano ecuatoriano son: Rusia, Estados Unidos, Alemania, Turquía, Bélgica, China, Argentina, Chile, Italia y Reino Unido, las exportaciones realizadas a estos países de la variedad de Cavendish Valery, representan el 76.87% del total exportado(BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2016).

1.1.2. Importancia económica.

El banano es un producto agrícola muy importante, después del arroz, trigo y leche, es el cuarto alimento más valioso. En la exportación mundial ocupa el cuarto lugar entre todos los productos agrícolas y es la más significativa de todas las frutas, con un comercio global de \$ 2.5 billones anuales(Ploetz, 2001).

En el Ecuador las industrias colaterales o indirectas que dependen en más de un 60% del sector bananero tienen importantes inversiones en las áreas de: cartón, plásticos, transporte terrestre, navieras, agroquímicos, fertilizantes y abonos, verificadoras, certificadoras, fumigación aérea, productores de meristemas. Las inversiones en la actividad y en las Industrias colaterales generan trabajo para más de un millón de familias ecuatorianas, esto es más de 2,5 millones de personas

localizadas en nueve provincias que dependen de la Industria Bananera Ecuatoriana(Ledesma, 2010).

1.2. Planteamiento del problema de investigación

1.2.1. Descripción del Problema.

En el Ecuador, se ha venido realizando aplicaciones con diferentes grupos de fungicidas protectantes y sistémicos, llegando a aplicar 24 ciclos /año como promedio. El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura para controlar la enfermedad ha provocado, acumulación de residuos en el ambiente, destrucción de la flora y fauna silvestre benéfica e intoxicaciones así como también, enfermedades en el hombre, sumado a lo anterior la pérdida de sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* a ciertas moléculas químicas, situación que crea la necesidad de buscar medidas alternas que permitan reducir los daños causados por la enfermedad y disminuir el uso de fungicidas, por lo que la tendencia actual se dirige a la búsqueda de biofungicidas o productos biorracionales (Ayala *et al.* 2014).

La prueba de hoja simple es el primer paso para evaluar si un fungicida es eficaz para el control de sigatoka negra *M. fijiensis* var. *difformis*. Esta prueba se hace en el extremo derecho de la hoja 1 de la(s) planta(s) de banano, la aplicación se hace con un equipo especial para tener una cobertura perfecta y el resto de la hoja sirve como testigo(MONRERI, 2008)

1.3. Motivación y contexto

1.3.1. Pregunta de Investigación.

Pueden los micofungicidas y el fungicida botánico controlar al hongo causante de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* para ser incluidos en programas de control y remplazar a los fungicidas convencionales

1.4. Justificación e importancia

El uso de fungicidas biorracionales en los programas control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, será un punto clave y estratégico para disminuir el daño ambiental y de salud que causan los fungicidas convencionales, evitando así la contaminación de recursos claves como el agua, suelo y contribuyendo a conservar la biodiversidad animal y vegetal en todos los niveles de la cadena trófica.

Desde el punto de vista alimenticio los importadores de fruta son altamente exigentes y buscan que el banano que ingresa cumpla los estándares de calidad, que los Límites Máximos de Residuos (LMR) no sean un riesgo de contaminación

para los consumidores y que no afecte su salud, es decir que él o los pesticida(s) fueron aplicado(s) de acuerdo a las buenas prácticas agrícolas (BPA o GAP) siguiendo las recomendaciones de la etiqueta y considerando las condiciones ambientales(Heinzen, 2015).

Como respuesta a esta problemática empresas multinacionales, han desarrollado varios fungicidas biorracionales que pueden ser una alternativa para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, bajo los aspectos antes mencionados, este ensayo busca contribuir a mejorar la calidad ambiental de los cuales depende la agricultura, aportando a un manejo integrado y sostenible del agroecosistema del cultivo de banano sin degradar el ambiente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- a. Valorar el desempeño en campo de tres productos biorracionales para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* bajo la técnica de hoja simple

1.5.2. Objetivos Específicos

- a. Evaluar la eficacia de *Bacillus pumilus* QST 2808, *Bacillus subtilis*, QST 713, *Melaleuca alternifolia*, en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, bajo la técnica de hoja simple.
- b. Observar él ó los efecto(s) de los productos biorracionales evaluados sobre la fauna presente en este estudio.
- c. Evaluar él ó los efecto(s) fitotóxico(s) de los productos biorracionales en prueba.
- d. Realizar difusión mediante un día de campo con productores bananeros en la parcela experimental (Sujeta a resultados del ensayo).

1.6. Hipótesis

Ho: Los productos biorracionales **no son efectivos** en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, bajo la técnica de hoja simple.

H1: Los productos biorracionales **son efectivos** en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, bajo la técnica de hoja simple.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen y taxonomía del banano

El banano fue domesticado en los bosques calurosos y húmedos que se extienden desde la India a las Islas Salomón, donde las especies silvestres de bananos son nativas. La evidencia arqueológica más antigua de bananos domesticados es de Papúa Nueva Guinea y se han registrado por lo menos 7,000 años antes del presente (ProMusa, 2016).

El banano pertenece a:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: *M. x acuminata*

La mayoría de bananos cultivados son híbridos entre diferentes subespecies de *Musa acuminata*, que donaron el genoma A y *Musa balbisiana*, que donó el genoma B. Para clasificar los cultivares, que no pudieron identificarse confiablemente utilizando binomios latinos, Norman Simmonds y Kenneth Shepherd desarrollaron un sistema de nomenclatura basado en el genoma. Los dos eventos claves de la domesticación del banano son la transición de los diploides silvestres a comestibles y la formación de triploides a partir de diploides comestibles (ProMusa, 2016).

2.1.1. Descripción botánica

El plátano es una planta herbácea grande que consiste en un tallo subterráneo ramificado (un rizoma en el sentido botánico estricto, pero también llamado un cormo) con las raíces y los brotes vegetativos, y un pseudotallo derecho erguido compuesto de bases de hoja firmemente empaquetadas (Jones, 2000)

Raíz: Son superficiales, distribuidas radialmente en los primeros 30 cm. Del suelo y alcanza un largo de 1,5 a 2 metros.

Rizoma o cormo: Llamado comúnmente cepa, produce una yema vegetativa que sale de la planta madre y sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos y al

crecer diametralmente forma el rizoma que alcanza una considerable altura(Fagiani & Tapia, s.f.).

Hojas: Poseen diferentes formas, y sirven para estimar las etapas morfológicas y fonológicas del cultivo, se distinguen tres partes importantes; vaina, pecíolo y lámina.

Tallo falso o Pseudotallo: Formado por la disposición imbricada de las vainas dispuestas en forma alternada y helicoidal (120°), soporta a toda la parte aérea de la planta(Fagiani & Tapia, s.f.).

Inflorescencia: Dispuesta en forma de racimo, contiene las flores femeninas (dan origen a las manos y dedos) y flores masculinas(Fagiani & Tapia, s.f.).La inflorescencia que es larga y pedunculada; al principio se sostiene erecta u oblicuamente, pero se dobla hacia abajo a medida que crece. Está cubierta con brácteas de colores rojo oscuro, dispuestas en forma de espiral, la yema forma una terminal grande, en forma de cono en el tallo de la flor. Durante el curso de su desarrollo los frutos se doblan hacia atrás geotrópicamente (Guía Banascopeio, 2010).

Fruto: Se desarrolla de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento del volumen de las tres celdas del ovario, opuestas al eje central. Los ovarios abortan y salen al mismo tiempo los tejidos del pericarpio o cáscara y engrosan, la actividad de los canales de látex disminuye, cesando por completo cuando el fruto está maduro.(Fagiani & Tapia, s.f.). A su madurez un racimo puede contener de 5 a 10 manos, cada una con 2 a 20 frutos color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo, según la variedad(Guía Banascopeio, 2010) (Fig. 1).

2.1.2. El cultivo de banano

2.1.3. Plantación

El rendimiento del cultivo de banano depende de la selección de una densidad de población adecuada para una determinada región en cuestión, teniendo en cuenta parámetros tales como variedad, heliofanía, precipitación, propiedades físicas y químicas del suelo, sistema de siembra y sistema de deshijado, la siembra es favorable desde el inicio de las lluvias hasta el mes de septiembre. Sin embargo la siembra puede hacerse durante todo el año dependiendo de las facilidades del

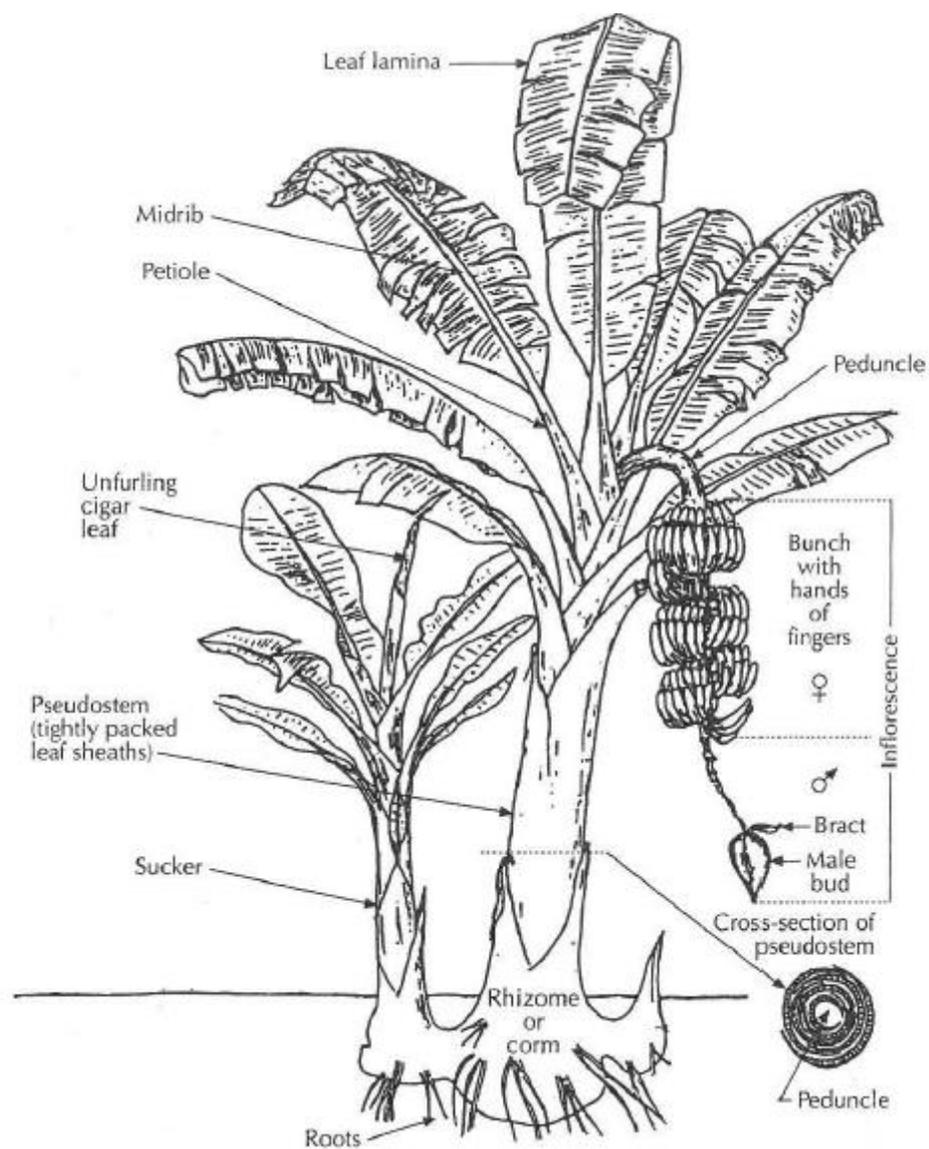


Figura 1. Representación diagramática de un plátano fructífero con retoños
 .Adaptado de: (Jones, 2000)

Riego (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro -
 AGROCALIDAD, 2013)

2.1.4. La fertilización en banano

Para realizar esta tarea se debe realizar un análisis de raíz y agua previo a la fertilización, el plan de fertilización es para suplir los requerimientos nutricionales de la planta, el mismo que debe ser documentado y registrado.

Los elementos nutricionales más importantes en la nutrición del banano son el potasio, el nitrógeno, fósforo, el manganeso, zinc, boro y sílice. El fertilizante debe ser aplicado en la zona de máxima absorción, es decir más o menos desde la base de la planta hasta 50cm hacia afuera en un semicírculo y alrededor del hijo seleccionado para la producción, mientras que en plantillas, la fertilización se hará en bandas anchas circulantes alrededor del pseudotallo hasta la floración (Andrade, 2013).

2.1.5. Sistema de Riego

En el proceso de preparación y adecuación del terreno es necesario el diseño, construcción e instalación de sistemas de riegos, que pueden ser: por gravedad, aspersión suprafoliar, aspersión subfoliar o por goteo. Su elección se basa en la disponibilidad del recurso y el acceso a la tecnología, y para su efectividad debe considerarse, la retención de humedad del suelo, la infiltración básica, la evaporación potencial y el balance hídrico del sistema. La cantidad o frecuencia del riego dependen del tipo de suelo, las condiciones ambientales, las necesidades

hídricas del cultivo, el sistema utilizado y, principalmente, de la cantidad y distribución de las lluvias (Andrade, 2013)

2.1.6. Prácticas agronómicas

2.1.6.1. Deshije

Es una práctica cultural que tiene por objeto: mantener una densidad poblacional adecuada por unidad de superficie, un espaciamiento uniforme entre plantas, regular el número de hijos por unidad de producción, seleccionar los mejores hijos eliminando aquellos que sean improductivos o que estén mal ubicados. En una planta de banano hay tres clases de hijos: hijo de espada, hijo de agua e hijo de rebrote.

Los hijos de espada, son los que nacen profundos y alejados de la base de la planta madre, crecen fuertes y vigorosos. El follaje termina en punta, de ahí su nombre y es el mejor ubicado.

Los hijos de agua, son los que desarrollan hojas anchas a muy temprana edad debido a deficiencias nutricionales. Siempre deben ser eliminados y se mantienen cuando hay un solo hijo de espada.

Los rebrotes, son los hijos que vuelven a brotar luego de haber sido cortados, también desarrollan hojas anchas prematuramente y se parecen a los hijos de agua con la diferencia que se nota la cicatriz donde se hizo el corte. Las herramientas empleadas para el deshije deben ser desinfectadas frecuentemente y no se deben usar en plantas que se sospeche la presencia de alguna plaga para evitar su

diseminación.(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.6.2. Deshoje

La finalidad de esta labor es de reducir las hojas que pueden causar daño al racimo, se le denomina deshoje de protección; cuando se deslaminan, despuntan o eliminan hojas afectadas con *Sigatoka negra M. fijiensis var. difformis*, óaquellas que ya no son funcionales a la planta, esta actividad se denomina deshoje fitosanitario.

El corte que se realiza en las diferentes hojas debe ser a ras del pseudotallo, para evitar la acumulación de agua, lo que provoca pudriciones, adicionalmente las herramientas utilizadas deben desinfectarse(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.6.3. Apuntalado

Es una labor que se debe realizar en todas las plantas que tienen racimo para evitar que se caigan y se pierda la fruta. Los materiales que sirven para este trabajo son: caña de bambú, caña brava, pambil, piola de yute, piola de plástico o nylon(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.6.4. Enfunde

Es una práctica que ofrece grandes beneficios, ya que protege al racimo del daño producido por insectos, las hojas y los productos químicos, lográndose obtener una fruta más limpia y de calidad. Además el enfunde crea un microclima favorable para el desarrollo del racimo de banano. Para el enfunde se puede usar una funda de polietileno tratada con plaguicida, esta actividad debe realizarse en estado de bellota no abierto(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.6.5. Deschive y cirugía

Esta labor de uso diario que elimina la última mano o “mano falsa” y la primera, segunda o tercera siguientes, dependiendo de las condiciones climáticas y fitosanitarias, que se estima no llegarán a adquirir el tamaño mínimo requerido, para favorecer el desarrollo de las manos restantes. La cirugía consiste en eliminar manualmente los dedos laterales de cada mano requerida del racimo, que permite una mejor formación y llenado de la mano. Esta práctica se realiza normalmente entre las semanas 2 y 3 después del enfunde(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.6.6. Destore

Esta práctica consiste en la eliminación, manual o con una herramienta de madera o caña, del resto de inflorescencia o cucúla; esta práctica se realiza normalmente entre la semana 3 y 5, después de la cirugía (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.6.7. Deschante

Esta práctica consiste en el retiro de las vainas o chantas superficiales de los pseudotallos se retiran únicamente las vainas que estén completamente secas y se desprendan fácilmente al tirarlas. Nunca deben eliminarse vainas verdes, desgarrándolas o rasgándolas, porque por las heridas ocasionadas puede penetrar la bacteriosis, al igual que otros agentes infecciosos (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7. Protección de cultivos

2.1.7.1. Manejo integrado de plagas (MIP)

Es un enfoque de ecosistema que considera todas las técnicas disponibles de control de plagas y la posterior integración de diferentes medidas y estrategias apropiadas que desalienten el desarrollo de poblaciones de plagas y mantengan los pesticidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. El MIP hace hincapié en el crecimiento de un cultivo saludable con la menor alteración posible a

los ecosistemas agrícolas y fomenta los mecanismos naturales de control de plagas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017).

2.1.7.2. Control integrado de malezas en el cultivo de banano

El control de malezas en el cultivo y sus alrededores es una actividad que se debe realizar permanentemente para evitar la competencia por nutrientes y que éstas se conviertan en hospederas de plagas. El control puede ser manual o químico mediante la aplicación de plaguicidas. El control manual se realiza mediante “rozos o chapias” con machete, desbrozadoras y/o motoguadañas. El control químico, se efectúa con plaguicidas registrados y autorizados por AGROCALIDAD. Siguiendo las instrucciones de uso que se recomienda en la etiqueta De ahí que la información referente al control de malezas debe ser consignada en un registro (Andrade, 2013).

2.1.7.3. Principales insectos y su control en el cultivo de banano

2.1.7.3.1. Picudo negro *Cosmopolites sordidus*.

El adulto es un gorgojo de color negro. Cuando está presente una gran cantidad de larvas en el cormo, se nota el debilitamiento general de la planta y la producción de racimos pequeños y mal formados; en la mayoría de los casos, se puede producir el volcamiento de la planta debido al daño en raíces y cormo.

Control: Uso de entomopatógenos, prácticas culturales (selección, saneamiento y desinfección del material de siembra, deshije, deschante, uso de trampas) y control

químico. (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.7.3.2. Larvas defoliadoras del banano

Las tres especies más comunes son Caterpillar *Ceramidia viridis*, monturita *Sibine apicalis* y vaquita verde *Caligo teucer*, las cuales se alimentan de las hojas del banano y producen perforaciones.

Control: Estas larvas son muy susceptibles al control biológico por parte de algunos predadores y parásitos, y en caso de ser necesario se controla químicamente o biológicamente con aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*. (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7.3.3. Thrips de la mancha roja *Chaetanaphothrips signipennis*

Es un insecto pequeño que produce manchas de color rojizo en el peciolo de las hojas y en la corteza de los frutos desmejorando notoriamente su aspecto. La ninfa se alimenta de la fruta produciendo incisiones con su aparato bucal. El látex que se derrama por estas lesiones se oxida y produce la mancha roja.

Control: Se logra reducir el daño mediante el enfunde temprano. (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7.3.4. Thrips de la flor *Frankliniella parvula*

Las lesiones llamadas punciones son asociadas a la oviposición del insecto en la epidermis de los frutos y como resultado se producen pequeñas perforaciones, que se tornan de color marrón a negro de aspecto áspero al tacto. El insecto se introduce desde la emergencia de la inflorescencia y su daño es principalmente en la epidermis de frutos jóvenes (Cubillo, 2017).

Control: Se logra reducir el daño mediante el enfunde temprano (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7.3.5. Cochinillas *Dysmicoccus texensis*

Se localizan en las raíces, pseudotallos y también infestan los racimos. Además, son transmisoras del virus del estriado del banano BSV. La fruta es rechazada cuando es detectada durante el proceso de exportación e importación por ser plaga cuarentenaria.

Control: Realizar deschantes, no utilizar los protectores infestados, tratar los protectores con agua caliente, detergentes o guardarlos durante 5 a 6 semanas para causarles la mortalidad por inanición. Utilizar agua a presión y con detergentes durante el proceso en la empacadora. (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7.3.6. Escamas *Aspidiotus destructor* y *Diaspis boisduvalii*

Infestan hojas, pseudotallos y frutos. Son de importancia cuarentenaria debido a que la fruta no puede ser exportada por la presencia de estos insectos.

Control: Realizar cirugía de las hojas cuando están infestadas, deschantes, desflores, utilizar agua a presión y con detergentes durante el proceso en la empacadora(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013).

2.1.7.3.7. Control integrado de Nematodos

Los nematodos parásitos de la planta del banano están diferenciados en tres grupos: endoparásitos como el *Radopholus similis* que causan lesiones profundas en las raíces; endoparásitos facultativos como el *Helicotylenchus multicinctus* que provoca lesiones menos profundas; y, endoparásitos sedentarios como el nemátodo agallador representado por el género *Meloidogyne spp.*

Control: prácticas culturales (barbecho por un año, preparación y selección de material de siembra, sistema de drenaje), control químico, rotación de nematicidas, dosis, época y frecuencias de aplicación, control biológico y orgánico(Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD, 2013)

2.1.7.4. Principal enfermedad y su control en el cultivo de banano

2.1.7.4.1. Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*

El patógeno fúngico *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, causa la enfermedad conocida como Sigatoka negra, en la mayoría de los cultivares comestibles del banano (Pérez-Vicente, 2012).

Según Stover (1980) el centro de origen y distribución de la Sigatoka negra se encontró en Asia y de ahí el patógeno se propagó al resto del mundo. El primer lugar donde se encontró *M. fijiensis* var. *difformis* fuera de su centro de origen, fue Honduras en el año 1972 (Stover, 1980)(Fig.2)

El patógeno destruye rápidamente el tejido foliar, como consecuencia se reduce la fotosíntesis y se afecta el crecimiento de la planta y la producción, su combate constituye uno de los principales rubros para la industria bananera ya que puede alcanzar hasta un 27% del costo total de la producción. En ausencia de medidas de combate la enfermedad puede reducir hasta en un 50% el peso del racimo y causar pérdidas del 100% de la producción debido al deterioro en la calidad (longitud y grosor del fruto) (Martínez, Villalta, Soto, Murillo, & Guzmán, 2011).

Aunque la enfermedad reduce significativamente el rendimiento, la mayor pérdida probablemente se produzca como resultado de la maduración prematura de la fruta, que puede ocurrir en el campo y durante el transporte y el almacenamiento. Stover 1980 demostró que la simple defoliación o reducción en el área fotosintética por medios mecánicos no desencadenó la maduración prematura que se observó a niveles de severidad de la enfermedad que no afectaron el rendimiento o el tiempo de madurez (Marín , Romero , Guzmán, & Sutton , 2003).

La investigación realizada en la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), encontró que la maduración temprana se produjo en frutas inyectadas con extractos crudos de cultivos de *M. fijiensis*, además indicaron que una sustancia o sustancias específicas estaban relacionadas con la maduración temprana (Marín , Romero , Guzmán, & Sutton , 2003).

En el Ecuador se la reportó en la provincia de Esmeraldas, en la Hacienda “Timbre” en el mes de Enero de 1987 remplazando a la sigatoka amarilla de menor severidad, para el año 1992 ya estaba diseminada en todas las zonas bananeras del país, su severidad se incrementó a medida que pasaba el tiempo, los ciclos de aplicación aérea se incrementaron año tras año al igual que los costos de control. En casos severos la producción puede perderse entre el 50 y 100%(Calle & Yangali, 2014).



Figura 2. Distribución mundial de la sigatoka negra.

- (Países donde la sigatoka negra ha sido reportada. Adaptado de: (Marín , Romero , Guzmán, & Sutton , 2003)

2.1.7.4.2. Epidemiología de sigatoka negra *M. fijiensis* var. *difformis*

M. fijiensis var. *difformis* se reproduce en forma asexual (conidias) y sexual (ascosporas), tanto las conidias como las ascosporas desempeñan papeles importantes en la propagación de la enfermedad, las conidias se forman en condiciones de alta humedad, especialmente si hay agua libre en las hojas, durante el desarrollo de las primeras etapas de la enfermedad, especialmente durante el estado 2 (pisca), el estado 3 (estría) y el estado 4 (mancha) (Marín , Romero , Guzmán, & Sutton , 2003).

Las conidias aparecen en conidióforos sencillos que emergen de los estomas, principalmente por la superficie abaxial de las hojas, éstas se dispersan por el salpique de la lluvia y se asocian con la diseminación de la enfermedad a corta distancia (Martínez, Villalta, Soto, Murillo, & Guzmán, 2011).

Las conidias no son desprendidas por el viento éstas se asocian principalmente con la propagación local de la enfermedad y son importantes durante los períodos de alta humedad, frecuentes rocíos intensos y lluvias intermitentes, las conidias son capaces de causar cantidades significativas de inóculo, los síntomas causados por las conidias son idénticos a los causados por la infección de las ascosporas (Marín , Romero , Guzmán, & Sutton , 2003).

La fase sexual de mayor importancia en el desarrollo de la enfermedad, se reproduce en las lesiones maduras en estructuras denominadas pseudotecios, en cuyo interior se encuentran las ascosporas las cuales son liberadas al ambiente en períodos de alta humedad para ser dispersadas hasta largas distancias por las corrientes de aire (Martínez, Villalta, Soto, Murillo, & Guzmán, 2011) (Fig.3).

Las ascosporas son el principal medio de dispersión como ya se mencionó a larga distancia, dentro de las plantaciones y en nuevas áreas. Meredith y Lawrence informaron que los pseudotecios se producen en ambos lados de la superficie de la hoja, pero los números más altos están presentes en la superficie abaxial (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003).

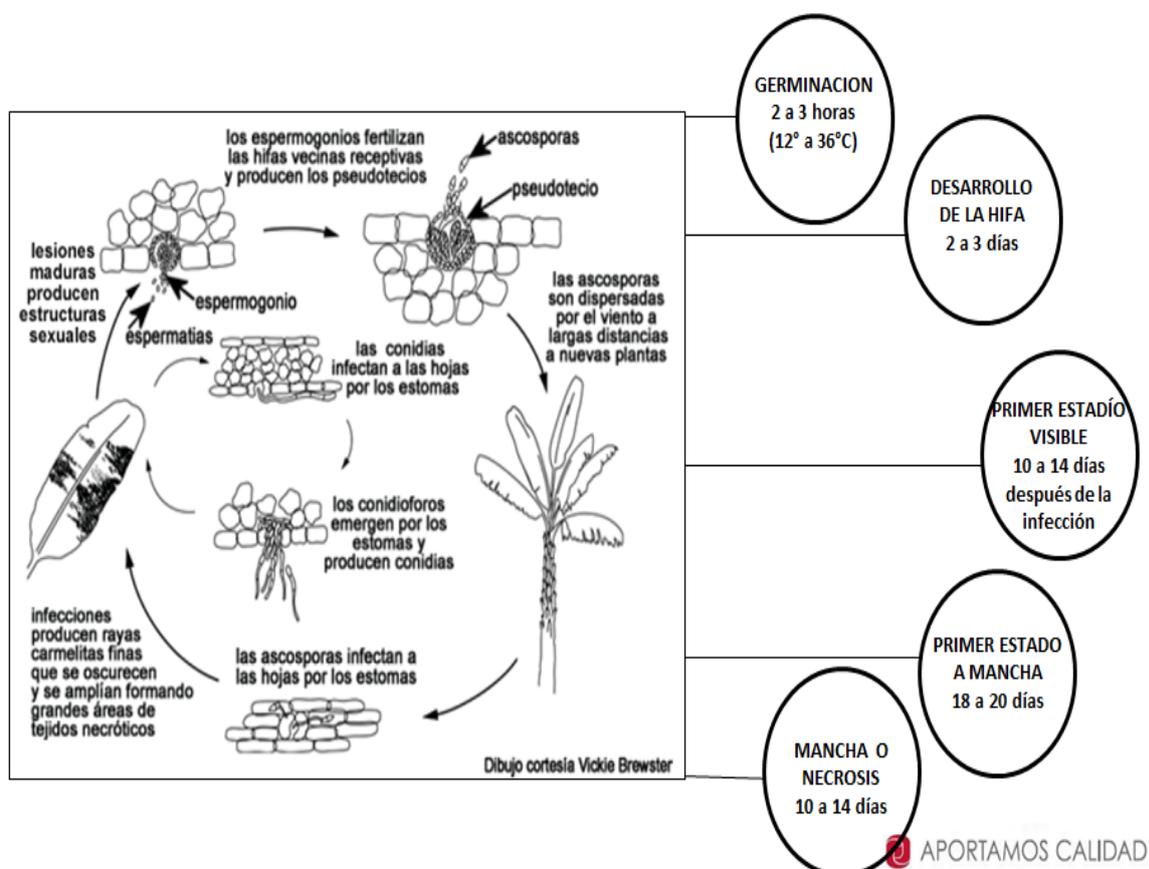


Figura 3. Ciclo sexual y asexual de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Adaptado de: (Internacional Richard O. Custer, 2014)

2.1.7.4.3. Manejo de sigatoka negra *M. fijiensis* var. *difformis*

Para el manejo integrado de sigatoka negra en el cultivo de banano se utilizan estrategias que incluyen: monitoreo de la enfermedad, relación clima-Sigatoka negra, buen manejo del cultivo (riego, drenaje, fertilización, población/distribución, sanidad de la plantación, deshoje, poda fitosanitaria y el control químico que abarca la aplicación aérea de fungicidas sistémicos, protectantes y biológicos(Calle & Yangali, 2014)

2.1.7.4.4. Control químico de sigatoka negra *M. fijiensis* var. *difformis*

El control químico de sigatoka negra se lleva a cabo después de haber realizado el monitoreo en la plantación y contar con los datos del preaviso biológico + Stover, preaviso Meteorológico y revisar el calendario de rotación de los diferentes grupos químicos para realizar la aplicación aérea o terrestre.

Para la aplicación de los fungicidas vía aérea que es la más utilizada se debe revisar y cumplir con ciertos requisitos como: aprobación EPA y de Unión Europea, registro de Agrocalidad para el cultivo de banano, monitoreo de sensibilidad, pruebas de eficacia, estabilidad de las mezclas (emulsiones y suspensiones), calidad del aceite mineral, calidad del emulsificante, y la cadena de seguridad de fungicidas que evitan la aplicación de producto(s) adulterado(s).

2.1.7.4.5. Aplicación aérea

La aplicación aérea de los fungicidas para el control de sigatoka negra debe cumplir con los siguientes requisitos: viento menor a 3Km/hora, temperatura máxima 28°C, humedad relativa mayor al 70%, hojas secas, no amenaza de lluvia, alta calidad de la aplicación (cobertura) tanto para los fungicidas de contacto (70 gotas/cm²) y sistémicos (50 gotas/cm²), altura de vuelo 3 – 4 metros sobre el follaje.

2.1.7.4.6. Consideraciones FRAC en el control de sigatoka negra.

2.1.7.4.7. Inhibidores de demetilación (DMIs)

Se recomiendan las siguientes pautas para el uso de fungicidas DMIs contra la sigatoka negra en el cultivo de banano:

- Los DMIs se deben usar sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.
- Se recomienda el uso de fungicidas DMIs en alternancia y a dosis completa de la etiqueta, con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada.
- Realice un máximo de 8 aplicaciones que contengan fungicidas DMIs, pero no más del 50% de la cantidad total de aplicaciones.

- Las aplicaciones que contienen fungicidas DMIs deben comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.8. Aminas

Los fungicidas del grupo de las aminas se deben aplicar según las siguientes indicaciones:

- Las aminas se pueden usar solos o en mezclas, se prefiere la aplicación en mezclas.
- Se puede usar un máximo de 2 aplicaciones consecutivas (bloque) que contienen fungicidas del grupo amina.
- Se prefiere la alternancia completa de aminas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada.
- Realice un máximo de 15 aplicaciones que contengan fungicidas amínicos, pero no más del 50% del número total de aplicaciones (FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.9. Inhibidor mitocondrial de la respiración celular (Qols)

Para los ingredientes activos que pertenecen a la clase de fungicidas Qols, se dan las siguientes pautas de uso contra la sigatoka negra:

- Aplique fungicidas Qols sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.
- .Aplique fungicidas Qols en alternancia con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada. No se deben realizar aplicaciones de fungicidas Qols consecutivas.
- Aplique un máximo de 3 ciclos que contengan fungicidas Qols pero no más del 33% de la cantidad total de aplicaciones. Las fumigaciones que contienen fungicidas Qols deben comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad y deben ser usados en momentos de menor presión de la enfermedad.
- Las aplicaciones deben estar separadas por al menos 3 meses de un período libre sin aplicaciones de fungicidas Qols(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.10. Anilinopirimidinas (APs)

Los fungicidas que pertenecen al grupo químico anilinopirimidinas, se deben aplicar de acuerdo con las siguientes:

- Los fungicidas APs deben aplicarse sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.

- No se recomiendan aplicaciones consecutivas o llamadas "en bloque" para este grupo químico.
- Aplique un máximo de 8 ciclos que contengan fungicidas APs pero no más del 50% del número total de aplicaciones(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.11. Bencimidazoles (BCMs)

Los fungicidas que pertenecen al grupo químico bencimidazoles, se deben aplicar de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Aplique fungicidas BCMs sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.
- Para los fungicidas BCMs no se recomiendan aplicaciones consecutivas o llamadas "en bloque".
- Aplique un máximo de 3 ciclos que contengan fungicidas del grupo BCMs, pero no más del 33% de la cantidad total de aplicaciones.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas BCMs, deben comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad y aplicarse en momentos de menor presión de la enfermedad.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas BCMs, deben estar separadas por al menos 3 meses de un período libre de este grupo químico(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.12. Inhibidor del proceso de succinato deshidrogenasa(SDHI)

Los fungicidas que pertenecen al grupo químico SDHI, se deben aplicar de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Aplique fungicidas SDHI sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.
- Para los fungicidas SDHI no se recomiendan aplicaciones consecutivas o llamadas "en bloque".
- Aplique un máximo de 3 ciclos que contengan fungicidas del grupo SDHI, pero no más del 33% de la cantidad total de aplicaciones.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas SDHI deberían comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad y aplicarse en momentos de menor presión de la misma.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas SDHI, deben estar separadas por al menos 3 meses de un período libre de este grupo químico (FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.13. Guanidinas

Los fungicidas que pertenecen al grupo químico guanidinas, se deben aplicar de acuerdo con las siguientes pautas:

- Aplique fungicidas guanidinas sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.
- Para los fungicidas del grupo químico guanidinas no se recomiendan aplicaciones consecutivas o llamadas "en bloque".
- Aplique un máximo de 6 ciclos que contengan fungicidas del grupo guanidinas, pero no más del 33% de la cantidad total de aplicaciones.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas guanidinas deberían comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad y aplicarse en momentos de menor presión de la misma.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas guanidinas, deben estar separadas por al menos 6 semanas de un período libre de este grupo químico(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.14. N-fenilcarbamatos

Los fungicidas que pertenecen al grupo químico N-fenilcarbamatos, se deben aplicar de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Aplique fungicidas N-fenilcarbamatos sólo en mezclas con otros fungicidas de diferente modo de acción que no presenten resistencia cruzada, las dosis efectivas serán recomendadas por los fabricantes.

- Para los fungicidas N-fenilcarbamatos no se recomiendan aplicaciones consecutivas o llamadas "en bloque".
- Aplique un máximo de 3 ciclos que contengan fungicidas del grupo N-fenilcarbamatos, pero no más del 33% de la cantidad total de aplicaciones.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas N-fenilcarbamatos deberían comenzar preferiblemente al inicio de la curva anual de progreso de la enfermedad y aplicarse en momentos de menor presión de la misma.
- Las aplicaciones que contienen fungicidas N-fenilcarbamatos, deben estar separadas por al menos 3 meses de un período libre de este grupo químico (FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.15. Fungicidas multisitio

Los fungicidas multisitio (Mancozeb, Chlorothalonil, Propineb, Thiram, Metiram y otros fungicidas de bajo riesgo de resistencia) se pueden aplicar para el control de Sigatoka negra de la siguiente manera:

- Los fungicidas multisitio se pueden usar solos o en mezclas en dosis efectivas de control recomendadas por los fabricantes.
- No existen limitaciones o restricciones con respecto al número de aplicaciones, el tiempo o la secuencia, siempre que se encuentre dentro de

los límites de las etiquetas del fabricante(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.16. Fungicidas biológicos

Los fungicidas biológicos pertenecientes a las clases FAC y F7 de FRAC, basadas en cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* (sin. *B. subtilis*) QST 713, FZB24, MBI600 y D747, o *Melaleuca alternifolia*, que se describen para romper membranas, se pueden aplicar para el control de Sigatoka negra de la siguiente manera:

- Los productos biológicos pertenecientes a las clases FRAC F6 y F7 se pueden usar solos o en mezclas en dosis efectivas de control recomendadas por los fabricantes.
- No hay limitaciones o restricciones con respecto al número de aplicaciones, el tiempo o la secuencia, siempre que se encuentre dentro de los límites de las etiquetas del fabricante(FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE, 2017).

2.1.7.4.17. Fungicidas utilizados en las pruebas de hoja simple.

2.1.7.4.17.1. *Bacillus pumilus* 13,8 g . L⁻¹ cepa QST 2808.

Fungicida de contacto con poder preventivo y prolongado período de residualidad. Los amino-azúcares antifúngicos presentes en el producto compiten

por la enzima que forma la glucosa para construir las paredes celulares, que resulta en la inhibición de la formación del tubo germinativo, inhibición de la formación de una nueva pared celular, destrucción de la integridad celular y muerte de la célula patógena. La presencia de las esporas del *B. pumilus* crean una barrera física bloqueando el acceso del patógeno a la superficie de la planta y actúan como activadores en las plantas(BAYER, 2015).

2.1.7.4.17.2. *Bacillus subtilis* 13,68 g . L⁻¹cepa QST 713.

Fungicida - bactericida biológico, preventivo de amplio espectro que produce una zona de interferencia en la adherencia del patógeno, frena la germinación de esporas, interrumpiendo el crecimiento del hongo(BAYER, 2015).

2.1.7.4.17.3. *Melaleuca alternifolia*222,5 g . L⁻¹

Fungicida de origen botánico, de contacto conexcelente capacidad de penetración en el tejido de la planta a través de la cutícula (capa cerosa) hasta el mesófilo de empalizada.

La actividad fungicida y antimicrobiana del extracto de *Melaleuca alternifolia* contra hongos fitopatógenos es consecuencia de su capacidad de alterar la

permeabilidad de la membrana, provocando: destrucción de la membrana celular, incremento de la permeabilidad de membranas, pérdida de citoplasma, inhibición de la respiración y el proceso de transporte de iones(SYNGENTA, 2016)

2.1.7.4.17.4. Mancozeb 50SE g . L⁻¹

Fungicida de contacto con actividad preventiva, pertenece a la familia de los ditiocarbamatos. Dispone de un mecanismo de acción multisitio, sin riesgos de resistencia su mecanismo multisitio provoca una inhibición enzimática múltiple y de la respiración. Fungicida estratégico para programas anti resistencia(Quimi, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

3. INSTALACIÓN DEL ENSAYO

3.1. Ubicación del Experimento

Provincia: Los Ríos

Cantón: Buena Fé

Recinto: Fumisa

Hacienda: La Esperanza

Coordenadas: X = 0°45'1.1" (S) Y = 79° 25' 2.2' '(W)

3.1.2. Datos meteorológicos.

Precipitación promedio anual: 2250 mm.

Temperatura media anual: 24.7 °C

Humedad relativa: 84%.

Altitud: 120 msnm

Fuente: Estación Meteorológica Hacienda La Esperanza.

3.1.3. Cultivos y Cultivares.

Para implementar el estudio en el cultivo de banano, se utilizaron plantas meristemáticas de la variedad Williams.

3.1.4. Fase de crecimiento de la planta.

La aplicación de los productos biorracionales se realizó en plantas que se encontraban en pleno crecimiento vegetativo.

3.1.5. Tipo de aplicación

Se realizó una sola aplicación sobre el envés de la hoja 1 de banano, con un equipo de aplicación de presión de CO₂ a 35 PSI y se evaluó cada semana, hasta que el testigo presentó un porcentaje de quema superior al 80%, donde los niveles de infección de *M. fijiensis* var. *difformis* fueron registrados en la bitácora de campo. Se evaluó usando una cuadrícula de mica transparente con 4 cuadrantes y 25 recuadros por cuadrante, cada recuadro pequeño representó 1% del área evaluada. Al final se obtuvo un promedio de los niveles de infección evaluados (severidad).

Los tratamientos se aplicaron en invierno con alta fuente de inóculo en campo, cuando las plantas se encontraron susceptibles a la infección y en etapa de crecimiento activo. Las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana evitando altas temperaturas, las plantas previamente fueron marcadas con diferente color de cinta para diferenciar un tratamiento de otro.

Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- La aplicación fue uniforme en el envés de las hojas de las plantas en cada repetición para evaluar la acción de los productos biorracionales.
- Se acondicionó la dureza y pH del agua para la aplicación evitando factores que puedan reducir la eficacia de los productos en estudio.

La cantidad de agua utilizada fue calibrada de acuerdo a un volumen equivalente a $19 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, aplicada con bomba de presión de CO_2 , además se utilizaron equipos de protección como mascarilla, guantes, botas, gafas y overol durante la manipulación y aplicación de los tratamientos.

3.1.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 repeticiones por cada tratamiento.

3.1.7. Tamaño de parcelas

- **Tamaño del ensayo experimental:** El área total aproximada del ensayo experimental fue de **507 m²**. En total fueron 5 tratamientos con 5 repeticiones
- **Parcela experimental:** Cada parcela estuvo constituida por una área de **99 m²** por tratamiento, que corresponde a 11 m de largo x 9 m de ancho.
- **Parcela neta:** Estuvo constituida por **52 m²** formados por 10 m de largo y 5.2 m de ancho.
- **Número de plantas evaluadas por parcela neta:** En total se evaluaron 4 plantas por parcela neta.

3.1.8. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Ingrediente activo	Concentración g . L ⁻¹	Dosis PC (L . ha ⁻¹)
T1	<i>Bacillus pumilus</i> QST 2808	13,8 g . L	1L . ha
T2	<i>Bacillus subtilis</i> , QST 713	13,68 g . L	1L . ha
T3	<i>Melaleuca alternifolia</i>	222,5 g . L	0.4L . /ha
T4	Mancozeb50SE	500g . L	2.1L . ha
T5 Testigo absoluto	Sin aplicación de tratamientos.		

3.1.9. Análisis de varianza

Fuente de Variación	GL
Tratamientos (5-1)	4
Repeticiones (5-1)	4
Error experimental. (5-1)(5-1)	16
Total	24

3.1.10. Variables evaluadas

Se evaluaron:

- **Severidad:** Se marcaron 6 plantas por tratamiento con sus respectivas repeticiones por unidad experimental, luego se procedió a la aplicación de los diferentes tratamientos para sus respectivas evaluaciones en base de la siguiente escala:

Severidad de la enfermedad en hojas	
Grado	Descripción del daño en la hoja
0	Sin síntomas
1	Hasta 10 manchas por hoja
2	Menos del 5% del área foliar enferma
3	De 6 a 15% del área foliar enferma
4	De 16 a 33% del área foliar enferma
5	De 34 a 50% del área foliar enferma
6	Más del 50% del área foliar enferma

Fuente: Escala de Stover modificada por Gauhl 1989

Con los datos de severidad se calculó el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (AUDPC), según la siguiente fórmula:

$$\text{AUDPC} = (L_1 + 2(L_2 + L_3 + L_4 + \dots + L_{N-1}) + L_N) \times T/2$$

En donde:

L = Lectura (expresada en porcentaje)

L_N = Última lectura

L_{N-1} = Penúltima lectura

T = Tiempo entre lecturas

- **Porcentaje de Eficacia:** La eficacia del producto se determinó por el grado promedio por unidad experimental neta de cada tratamiento con respecto al testigo, el método utilizado para hallar el porcentaje de eficacia fue la fórmula de Abbott:

Fórmula de Abbott

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{(C_d - T_d)}{C_d} \times 100$$

Dónde:

T_d=Severidad por planta en parcela tratada después del tratamiento

C_d= Severidad por planta en parcela testigo después del tratamiento

- **Efecto sobre la fauna presente en el ensayo:** Para determinar esta variable se realizó la recolección y conteo de insectos presentes antes y después de 24 horas de la aplicación de los productos biorracionales.
- **Efecto Fitotóxico:** Esta variable se evaluó según la siguiente escala para determinar la fitotoxicidad de los productos biorracionales.

Tabla 2.

Escala de evaluación de índice de fitotoxicidad.

Grado	Calificativo	Descripción de daño	Índice de Fitotoxicidad (%)
0	LIMPIO	Libre de daño	0
1	LEVE	Clorosis ligera y pequeña en área foliar	1-10%
2	MODERADO	Clorosis hasta 20% de área foliar	11-20%
3	SEVERO	Clorosis con rasgos de quema mayor del 20% del área foliar	21-50%
4	QUEMA	Quema masiva de lámina foliar	> 51%

Fuente: (Calle & Yangali, 2014)

- **Difusión:** El día de campo se realizó a productores bananeros de la zona en la parcela de ensayo para dar a conocer los resultados obtenidos con los productos biorracionales en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*

3.1.11. Pruebas de significación

Se realizó un análisis de varianza y cuando hubo diferencias estadísticas se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% para determinar las diferencias entre tratamientos.

Evaluación de resultados y validación

El desarrollo de este trabajo de investigación, contribuyó a determinar la severidad, eficacia e índice de fitotoxicidad de los productos biorracionales sobre *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* en el período lluvioso con alto nivel de inóculo en campo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Severidad

Después de la aplicación de los tratamientos se observó que desde los 0 y 7 días de evaluación no se presentaron síntomas de la enfermedad, es a partir de los 14 días de aplicación cuando empezaron a presentarse diferentes valores de severidad en los tratamientos evaluados.

El tratamiento que mejor controló el hongo causante de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* fue con el tratamiento T4 (Mancozeb 50SE) que no supero el 7.75% de severidad a los 35 días , Quimí (2013), menciona que el ingrediente activo Mancozeb inhibe la germinación de las esporas y la formación del tubo germinativo sobre la superficie de la hoja, características que lo convierten en un ingrediente activo estratégico para programas anti-resistencia.

En segundo lugar se ubicó al tratamiento T3 (*Melaleuca alternifolia*) con el 64.05% de severidad, el tercer lugar el análisis detectó al tratamiento T1 (*Bacillus pumilus* QST 2808), en cuarto lugar se ubicó al tratamiento T2 (*Bacillus subtilis*. QST 713), todos estos tratamientos presentaron valores de severidad del 84.70% y 86.45% respectivamente, valores menores comparados con el tratamiento T5 (T. absoluto), cabe señalar que el tratamiento T3 (*Melaleuca alternifolia*), fue eficiente

durante las cinco evaluaciones desde los 0 a los 35 días, pero ningún producto biorracional cumple con las expectativas de control (reducir a cero infección) al agente causal de la sigatoka negra en las parcelas del ensayo ubicadas en el recinto Fumisa.

Tabla 3.

*Severidad de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, por efecto de productos biorracionales y un producto químico protectante. Los Ríos. Fumisa 2017.*

Tratamientos	Porcentaje de severidad de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i> , a lo largo de 6 evaluaciones. Los Ríos. Fumisa 2017					
	(0 días)	(7 días)	(14 días)	(21 días)	(28 días)	(35 días)
T1: <i>B. pumilus</i> QST 2808	0,00	0,00	8.48 b	34.50 c	49.00 c	84.70 c
T2: <i>B. subtilis</i> QST 713	0,00	0,00	6.90 c	38.25 b	52.30 b	86.45 b
T3: <i>M. alternifolia</i>	0,00	0,00	5.48 d	24.80 d	37.10 d	64.05 d
T4: Mancozeb 50SE	0,00	0,00	0.00 e	2.85 e	4.20 e	7.75 e
T5: T. Absoluto	0,00	0,00	35.76 a	46.85 a	57.25 a	89.45 a

Al día 7 no hubo síntomas, ya que el ingrediente activo de los productos biorracionales y químico estuvieron actuando sobre el agente causal de la sigatoka negra. A los 14 días el efecto del fungicida protectante se mantuvo pero el de los productos biorracionales disminuyó. En su investigación Yáñez-Mendizábal & Falconí (2018), demostraron que las cepas de *Bacillus spp* después de 5 días de incubación inhibieron por completo el crecimiento del micelio y la esporulación conidial de *Colletotrichum acutatum* comparado con el control no tratado, el cual presentó una colonia de hongos típica esporulada, este resultado nos da la pauta

para que se estudie el efecto de aplicaciones de productos biorracionales a corta frecuencia.

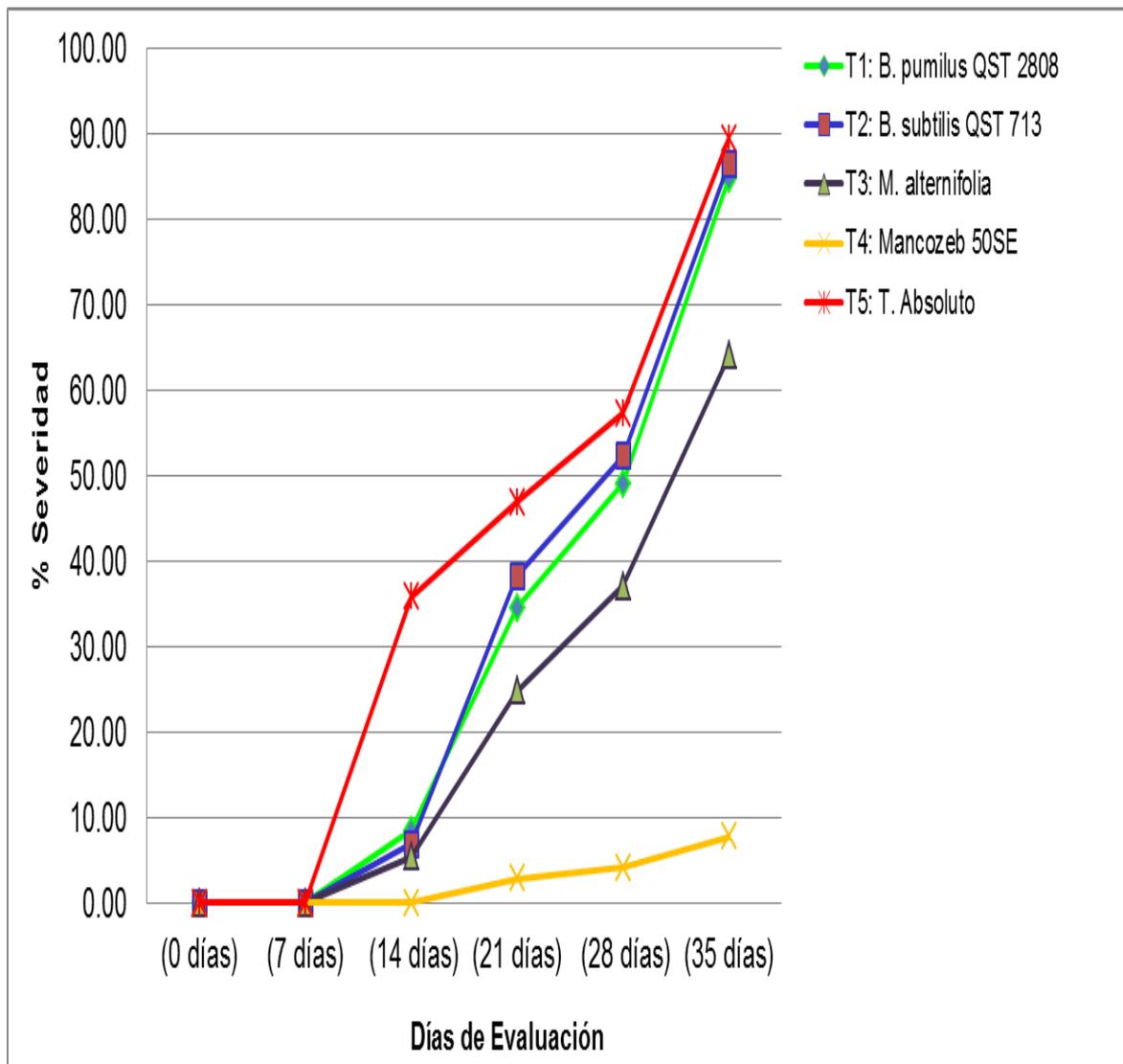


Figura 4. Severidad de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, con productos biorracionales. Los Ríos. Fumisa 2017

El análisis de varianza (Tabla 4) para la AUDPC de la variable severidad determinó alta significación estadística para tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1.44%.

Tabla 4.

*Análisis de varianza para la AUDPC de la variable severidad de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, con productos biorracionales. Los Ríos. Fumisa 2017.*

ANOVA					
F de V	GL	SC	CM	Fc	P
Bloques	4	1,058.233	264.558	1.083	0.398
Tratamientos.	4	6,550,433	1,637,608	6,703.690	0.000**
Error	16	3,908.554	244.285		
Total	24	6,555,400.1			
		CV	=	1.44%	

La prueba de Tukey al 5% (Tabla 5) detectó cinco rangos de significación estadística, el tratamiento T4 (Mancozeb 50SE) obtuvo el menor AUDPC de 159.60 significativamente menor los productos biorracionales ocuparon rangos intermedios en comparación con el tratamiento T5 (T. absoluto) que presentó un AUDPC 1661.17 siendo el valor más alto en este estudio.

El tratamiento T3 (*Melaleuca alternifolia*) presentó un rango intermedio de AUDPC, se resalta que este tratamiento podría incorporarse a un plan de rotación con productos químicos, en el cual la disminución de toxinas será menor reduciendo la carga química en el medio ambiente. Aplicaciones a corta frecuencia con

productos de origen biológico como *Bacillus spp.* ó sus metabolitos (lipopéptidos) podrían ejercer un control más eficiente (Yáñez-Mendizábal & Falconí, 2018).

Tabla 5.

Área bajo la curva de progreso de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*, por efecto de productos biorracionales y un producto químico protectante. Los Ríos. Fumisa 2017.

Tratamientos	AUDPC	Rango estadístico	
T1: <i>B. pumilus</i> QST 2808	1292.76	c	
T2: <i>B. subtilis</i> QST 713	1343.30	b	
T3: <i>M. alternifolia</i>	976.01	d	
T4: Mancozeb 50SE	159.60	e	Menor AUDPC
T5: T. Absoluto	1661.17	a	Mayor AUDPC

4.2. Porcentaje de Eficacia

El porcentaje de eficacia de los tratamientos biorracionales evaluados en este ensayo se determinó por fórmula de Abbott.

Tabla 6.

Eficacia de productos biorracionales, en el control de sigatoka negra Mycosphaerella fijiensis var. difformis. Los Ríos- Fumisa 2017

Tratamientos	3era Evaluación	4ta Evaluación	5ta Evaluación	6ta Evaluación	Promedio
T1 <i>B. pumilus</i> QST2808	76.36%	26.36%	14.41%	5.31%	30.61%
T2 <i>B. subtilis</i> QST713	80.70%	18.36%	8.65%	3.35%	27.76%
T3 <i>M. alternifolia</i>	84.76%	47.07%	35.20%	28.40%	48.85%
T4 Mancozeb 50SE	100%	93.92%	92.66%	91.34%	94.48%
T5 T. Absoluto	0%	0%	0%	0%	0%

A lo largo de las evaluaciones realizadas y con una sola aplicación de los productos evaluados en campo, de acuerdo a la fórmula de Abbott se obtuvo que el mejor promedio del porcentaje de eficacia en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis var. difformis*, fue el tratamiento T4 (Mancozeb 50SE) con 94.48%, los tratamientos T3 (*Melaleuca alternifolia*), T1 (*Bacillus pumilus* QST 2808) y T2 (*Bacillus subtilis*. QST 713) presentaron porcentajes bajos de eficacia demostrando un pobre desempeño en campo, detectándose valores porcentuales de 48.85%, 30.61%, y 27.76% respectivamente.

Alcívar (2014), obtuvo similares resultados, con una sola aplicación encontró una baja eficacia en el control de sigatoka negra con productos biológicos como los *B. subtilis*, *B. pumilus*, *M. alternifolia*, y *T. harzianum*.

En el estudio realizado por Gutiérrez *et al.*, (2015) el hongo *Bacillus subtilis* EA-CB0015 aplicado en cultivo de banano en una solución de agua a las dosis de 0,15 L . ha⁻¹ y 1,5 L . ha⁻¹ cada 11 días durante 10 semanas redujeron la necrosis de la sigatoka negra en 20,2% y 28,1%, respectivamente, reducciones comparables a los obtenidos con fungicidas protectantes.

Los trabajos de investigación de Gutiérrez *et al.*,(2015) y de Yáñez-Mendizábal & Falconí (2018), indican que las aplicaciones de productos biorracionales ó de sus metabolitos a corta frecuencia pueden ser una nueva estrategia de control de sigatoka negra. Un estudio de dinámica poblacional sobre la filósfera del banano confirmaría la adaptabilidad y sobrevivencia de los productos biorracionales.

4.3. Efecto sobre la fauna presente en el ensayo

La evaluación de esta variable no se pudo realizar según lo planificado ya que en el conteo de insectos presentes antes y después de 24 horas de la aplicación de

los productos biorracionales no se encontraron insectos en el cultivo de banano, esto se explica por dos razones:

- El campo utilizado en la Hacienda La Esperanza para este ensayo nunca fue sembrado con el cultivo de banano, previamente fue un cultivo de soya y luego fue cultivado maíz, así la diversidad de plantas en espacio y tiempo fue factor determinante en el arribo y establecimiento de plagas.

Los mosaicos de cultivos, cultivos asociados, y las rotaciones obstaculizan la oportunidad para la instalación, ataque y daño de plagas (Vásquez, 2010)

- Las plantas meristemáticas utilizadas en este ensayo tenían una sanidad del 100%, en el momento de la aplicación de los productos biorracionales, las plantas estaban en una etapa temprana del desarrollo del cultivo donde no se presentan ataque de plagas, ya que éstas en su mayoría atacan y dañan las flores y los frutos (Cubillo, 2017)

4.4. Efecto Fitotóxico

Esta variable fue evaluada según la escala de índice de fitotoxicidad (tabla 3) para determinar el posible efecto fitotóxico de los productos aplicados en este estudio.

Tabla 7.

Porcentaje de índice de toxicidad de productos biorracionales en el control de Sigatoka negra Mycosphaerella fijiensis var. difformis. Los Ríos- Fumisa 2017

Tratamientos	Dosis	Envés	IFT*	Grado	Calificativo
	L/ha	Hoja 1			
T1 <i>Bacillus pumilus</i> QST 2808	1	1	0%	0	Limpio
T2 <i>Bacillus Subtilis</i> QST 713	1	1	0%	0	Limpio
T3 <i>Melaleuca alternifolia</i>	0.4	1	0%	0	Limpio
T4 Mancozeb 50 SE	1.4	1	0%	0	Limpio
T5 Testigo Absoluto	-----	1	0%	0	Limpio

*IFT: Índice de fitotoxicidad.

Los ensayos realizados por las multinacionales representantes de los productos biorracionales indican que *B. pumilus*, *B. subtilis* y *M. alternifolia* no son fitotóxicos aplicados a las dosis recomendadas (BAYER, 2015) (SYNGENTA, 2016), siendo esta información corroborada en la evaluación de este ensayo, donde los valores fueron 0% y limpio para todos los tratamientos, es decir los productos evaluados fueron seguros en las aplicaciones realizadas.

4.5. Difusión

La etapa de difusión del ensayo estuvo ligada con la capacitación de los técnicos fitosanitarios de la zona de influencia, ésta se inició con el establecimiento de la parcela experimental en la Hacienda la Esperanza, seguido de una reunión

previa a los técnicos aledaños donde se hizo conocer los tratamientos, dosis, objetivos y la metodología utilizada en esta investigación.

Subsiguientemente, la capacitación se la realizó el 11 de mayo del 2017 en un día de campo en la parcela experimental, mediante una charla técnica se explicó los resultados obtenidos con los productos biorracionales en el control de sigatoka negra, todo esto con la finalidad de que los usuarios-técnicos estén enterados de los resultados obtenidos y puedan tomar decisiones técnicas en el control de sigatoka negra que les permitan manejar la enfermedad de una manera efectiva.

En las fotografías se puede observar como los técnicos de la zona de influencia contrastan el control de los productos biorracionales con el producto convencional





Elaboración: El Autor

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Bajo la técnica de hoja simple y con una sola aplicación de los tratamientos el porcentaje de eficacia de los productos biorracionales T1 (*Bacillus pumilus* QST 2808), T2 (*Bacillus subtilis*. QST 713) y T3 (*Melaleuca alternifolia*), fueron bajos en el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* en comparación con el tratamiento T4 (Mancozeb 50SE), sin embargo al comparar con el testigo absoluto resultaron con mejor desempeño en campo.

No se encontraron insectos en las evaluaciones realizadas debido a que las plantas meristemáticas utilizadas aseguraron completa sanidad del cultivo, además el lote utilizado en este estudio fue previamente un cultivo de soya y luego fue un cultivo de maíz, donde la diversidad de plantas en espacio y tiempo fue un factor determinante en el arribo y establecimiento de las plagas.

En la evaluación del índice de fitotoxicidad se concluye que en todos los tratamientos evaluados no se presentó fitotoxicidad, el valor porcentual fue 0% y de grado limpio, es decir los productos fueron seguros en las aplicaciones realizadas.

De la difusión realizada en el día de campo con los agricultores bananeros de la zona se concluye que el T4 (Mancozeb 50SE) fue el de mejor control con un porcentaje de eficacia del 94.46%

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar el efecto de los productos biorracionales aplicando cada 7 días para cuantificar su eficacia realizar el estudio de eficacia mediante el método de hoja simple en condiciones controladas de invernadero.

Se recomienda seguir en la búsqueda de metabolitos secundarios (lipopéptidos) de productos biorracionales que presenten un nivel alto en el control de Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*.

Realizar el método de hoja simple con productos biorracionales en la época seca de menor incidencia del agente causal de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* con una réplica en invernadero, para evaluar un potencial uso integrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD. (2013). *Buenas prácticas agrícolas para banano*. Quito.
- Andrade, E. (2013). *FERTILIZACIÓN DE NATURALEZA INORGÁNICA O QUÍMICA*. Quito.
- Alcívar, B. (2014). *EVALUACIÓN VARIOS FUNGICIDAS Y UN ENTOMOPATOGENO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (Mycosphaerella fijiensis) EN BANANO ORGÁNICO*. Machala: Tesis de Maestría .
- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., . . . Cárdenas, H. (2014). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL QUITOSANO CONTRA EL HONGO *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet QUE PRODUCE LA Sigatoka negra QUE ATACA EL PLÁTANO. *Revista Iberoamericana de Polímeros* , 313.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. (Abril de 2016). *REPORTE DE COYUNTURA SECTOR AGROPECUARIO*. Quito: Publicaciones económicas. Banco Central del Ecuador.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR . (2018). *Información Estadística Mensual*. Quito.
- BAYER. (26 de Noviembre de 2015). *Bayer CropScience*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de Sitio web Bayer: <http://www.bayercropscience-ca.com/Productos/Biologicos/Sonata.aspx>

- Calle, H., & Yangali, J. (2014). La Sigatoka Negra en el Ecuador. *I Seminario Internacional Metodología para la Evaluación de Prueba de Eficacia para Plaguicidas en los principales cultivos del Ecuador* (págs. 1-128). Guayaquil: Agrocalidad.
- Cubillo, D. (01 de 11 de 2017). *cubillodouglas.wix.com*. Obtenido de cubillodouglas.wix.com: <http://cubillodouglas.wix.com/insectos-plagas-del-banano>
- Fagiani, M., & Tapia, A. (s.f.). *Ficha del Cultivo de Banano*. Jujuy: Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (01 de 11 de 2017). *FAO*. Obtenido de AGP - Integrated Pest Management: <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/ipm/en/>
- FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. (02 de 11 de 2017). *FRAC*. Obtenido de Banana Working-Group: <http://www.frac.info/working-group/banana-group/general-use-recommendations>
- Gutiérrez, J., Mosquera, S., González, L., Mira, J., & Villegas, V. (2015). Effective control of black Sigatoka disease using a microbial fungicide based on *Bacillus subtilis* EA-CB0015 culture. *Biological Control*. <http://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.04.012>
- Guía Banascopeo*. (01 de 01 de 2010). Recuperado el 12 de 12 de 2016, de Banascopeo.com: http://www.campoeditorial.com/banascopeo/ab_guia_tecnica.html
- Guzmán, M. (2003). Situación de la Sigatoka negra en banano y plátano en el trópico americano. *Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra*,

nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos.

(págs. 11-13). Guayaquil: Galileo Rivas & Franklin Rosales .

Heinzen, H. (2015). VI CONGRESO IBEROAMERICANO DE NUTRICIÓN. *Qué son los MRL?* (pág. 18). Montevideo: Confelandyd.

INSTITUTO DE PROMOCIÓN EXPORTACIONES E INVERSIONES. PRO ECUADOR. (2016). *ÁNÁLISIS SECTORIAL BANANA 2016*. Quito.

Instituto nacional de estadísticas y censos INEC. (2016). *Encuesta de Superficie y producción Agropecuaria Continua ESPAC*. Quito: INEC.

Internacional Richard O. Custer. (2014). *Capacitación Cultivo de Banano*. Guayaquil: (s.n.).

Jones, D. (2000). *Diseases of Banana, Abacá and Enset*. Wallingford, Oxon (GBR): CABI Publishing.

Ledesma, E. (2010). *LA INDUSTRIA BANANERA ECUATORIANA*. Guayaquil: AEBE.

Marín , D., Romero , R., Guzmán, M., & Sutton , T. (2003). Black Sigatoka An Increasing threat to Banana Cultivation . *Plant Disease*, 210.

Marín , D., Sutton, T., & Barker, K. (2002). Diseminación del banano en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 63.

Martínez, I., Villalta, R., Soto, E., Murillo, G., & Guzmán, M. (2011). *Manejo de la Sigatoka negra en el cultivo del banano*. San José: Corbana.

MONRERI. (1 de Enero de 2008). *MONRERI LABORATORIO AGRICOLA*. Recuperado el 15 de 12 de 2016, de <http://www.monreri.com/home.html>

- Orozco, R. (2010). *El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador*. Viena: Afese. Revista tecnológica.
- Pérez-Vicente, L. (2012). *A HOLISTIC INTEGRATED MANAGEMENT APPROACH TO CONTROL BLACK SIGATOKA DISEASE OF BANANA CAUSED BY *Mycosphaerella fijiensis**. s/c: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Ploetz, R. (26 de Febrero de 2001). *The American Phytopathological Society*. Recuperado el 25 de 11 de 2016, de Black Sigatoka of Banana: The most important disease of a most important fruit: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/pages/blacksigatoka.aspx>
- ProMusa. (14 de Diciembre de 2016). *ProMusa org*. Recuperado el 28 de Enero de 2017, de Sitio web ProMusa: <http://www.promusa.org/Banana+plant>
- Quimi, V. (2013). Importancia del mancozeb en la agricultura. *Utilización racional del mancozeb en la agricultura*, (págs. 6-10). Guayaquil. Obtenido de Sitio web Quickagro-Edifarm.
- Stover, R. (1980). Sigatoka Leaf Spots of Bananas and Plantains. *Plant Disease*, 1-7.
- SYNGENTA. (28 de Diciembre de 2016). *SYNGENTA*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de Sitio web SYNGENTA: <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/fungicidas/timorex-goldr-1>
- Yáñez-Mendizábal, V., & Falconí, C. (2018). Efficacy of *Bacillus spp.* to biocontrol of anthracnose and enhance plant growth on Andean lupin seeds by lipopeptide production. *Biological Control* (2018), [doi.https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.004](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.004)

