



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES**

**APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA  
(*Mycosphaerella fijiensis* var. Morelet) EN EL CULTIVO DE BANANO  
(*Musa acuminata* AAA)**

**MONOGRAFÍA**

**Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención  
del título de**

**TECNÓLOGO EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
MANEJO FITOSANITARIO**

**AUTOR  
DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO**

**EL TRIUNFO – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES**

**APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA  
(*Mycosphaerella fijiensis* var. Morelet) EN EL CULTIVO DE BANANO  
(*Musa acuminata* AAA)**

**MONOGRAFÍA**

**Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención  
del título de**

**TECNÓLOGO EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES**

**AUTOR**

**DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO**

**TUTORA**

**Ing. Mónica Munzón Quintana Msc.**

**EL TRIUNFO – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Mónica Munzón Quintana, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutora, certifico que el presente trabajo de titulación: **APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *Morelet*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**, realizado por el estudiante **DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO**; ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Mónica Munzón Quintana, MSc.  
TUTORA

Milagro, 03 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la sustentación del trabajo de titulación **APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. Morelet) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)** realizado por el estudiante **DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Mariela Carrera Maridueña  
**PRESIDENTE**

Ing. Colón Cruz Romero  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

Ing. Mónica Munzón Quintana  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

Milagro, 03 de marzo del 2020

### **Dedicatoria**

Dedico esta monografía principalmente a Dios por brindarme salud y la fuerza para continuar con mis estudios.

A mis padres Sra. Julia Cedillo y Sr. Félix Fuentes por ser mi guía y apoyo moral e incondicional, económico que me han brindado día a día para seguir adelante con mis estudios además de haberme preparado en valores y enseñándome que por medio del esfuerzo se pueden conseguir las más grandes metas y objetivos.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud, sabiduría e inteligencia, a mi madre y padre por estar conmigo en todo momento apoyándome y ser mi motivo principal para llegar a cumplir mis metas.

Además, agradezco a:

La PhD. Martha Bucaram Leverone, Rectora de la Universidad Agraria del Ecuador

Al PhD. Jacobo Bucaram Ortiz, Rector Fundador de la Universidad Agraria del Ecuador.

Dra. Emma Jácome Murillo, MSc. Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador.

Ing. Mónica Munzón Quintana, MSc. Tutora por su colaboración desinteresada para la culminación de esta monografía.

Todos los catedráticos del Programa Regional de Enseñanza El Triunfo por su digna labor al brindarme sus enseñanzas, los cuales serán mi base principal para mi desenvolvimiento en el campo laboral y profesional.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *Morelet*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 03 de marzo del 2020

---

DUARTE FUENTES DANIEL FERNANDO  
C.I. 0942578899

## Índice

Portada.....	1
Aprobación del Tutor.....	3
Aprobación del Tribunal de Sustentación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Autorización de Autoría Intelectual.....	7
Resumen.....	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Importancia o caracterización del tema.....	15
1.2 Actualidad del tema.....	16
1.3 Novedad científica del tema.....	16
1.4 Justificación del tema.....	17
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	18
2.1 Materiales.....	19
2.1.1 Recursos Bibliográficos.....	19



2.1.2 Materiales y Equipos .....	19
2.2 Métodos .....	20
2.2.1 Modalidad y tipos de investigación.....	20
2.2.2 Tipos de métodos.....	21
2.2.3 Técnicas.....	21
2.3 Marco legal.....	21
3. Análisis y revisión de literatura .....	23
3.1. Agente causal, epidemiología y ciclo de vida de la Sigatoka Negra .....	23
3.1.1 Origen y distribución de la Sigatoka Negra .....	23
3.1.2 Agente causal de la Sigatoka Negra .....	23
3.1.3 Epidemiología de la Sigatoka Negra .....	24
3.1.4 Ciclo de vida de la Sigatoka negra .....	24
3.1.5 Sintomatología de la enfermedad.....	25
3.1.6 Síntomas .....	25
3.1.7 Taxonomía de la enfermedad.....	26
3.1.8 Formas de reproducción del patógeno .....	27
3.1.8.1 <i>Fase sexual</i> .....	27
3.1.8.2 <i>Fase asexual</i> .....	27
3.1.9 Importancia de la enfermedad.....	28
3.1.10 Resistencia de la enfermedad a fungicidas .....	29

	10
3.2 Equipos de atomización aérea para el control de sigatoka negra .....	30
3.2.1 Historia de la atomización aérea .....	30
3.2.1.1 Atomización aérea en Sigatoka Negra .....	31
3.2.1.2 Componentes de un atomizador aéreo .....	32
3.2.1.3 Tanque .....	32
3.2.1.4 Sistema de agitación .....	33
3.2.1.5 Bomba.....	33
3.2.1.6 Llave reguladora.....	34
3.2.1.7 Boquillas (Spraying Systems).....	34
3.2.1.8 Núcleo rotor o difusor .....	35
3.2.1.9 Boom de fumigación.....	35
3.2.1.10 Atomizador Micronair AU5000.....	35
3.2.1.11 Calibración de boquillas .....	36
3.2.1.12 Pulverización aérea.....	36
3.2.2 Cobertura área .....	37
3.2.3 Ciclo de fumigación de la sigatoka negra .....	37
3.2.3.1 Control químico de la enfermedad .....	38
3.2.3.2 Fungicidas para el control de sigatoka negra .....	39
Volley (Fenpropimorf).....	39
Silvacur (Tebuconazole).....	39

	11
Folicur (Tebuconazole).....	40
Tridemorph (Tridemorph) .....	40
Dithane (Mancozeb) .....	40
Bravo 720 (Chlorothalonil).....	41
Siganex (Pyrimethanil) .....	41
Opus team (Epoxyconazol + Fenpropimorf).....	41
3.2.3.3 Control y reducción de la sigatoka mediante deshoje .....	41
3.3 Tecnología GPS (Global Positioning System) en la aplicación precisa de los agroquímicos para el control de sigatoka negra.....	43
3.3.1 Historia de la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global).....	43
3.3.2 Definición de GPS .....	43
3.3.3 Funcionamiento del sistema GPS para aplicaciones aéreas.....	43
3.3.4 Sistema de trabajo de GPS para aplicación de precisión.....	44
3.3.5 Componentes de un GPS.....	45
3.3.6 Señal del GPS.....	45
4. Conclusiones.....	46
5. Recomendaciones.....	48
6. Bibliografía .....	49
7. Glosario.....	59
8. Anexos .....	60

## Índice de Anexos

Anexo N° 1: Plantación afectada por sigatoka negra .....	61
Anexo N° 2: Estadios de la sigatoka negra .....	61
Anexo N° 3: Hoja afectada por sigatoka negra.....	62
Anexo N° 4: Avioneta de fumigación .....	62
Anexo N° 5: Avión Turbo Thrush.....	63
Anexo N° 6: Boquillas de fumigación aérea .....	63
Anexo N° 7: Atomizador Micronair Au 5000 .....	64
Anexo N° 8: Llave reguladora.....	64
Anexo N° 9: Boom de fumigación.....	65
Anexo N° 10: Air Tractor .....	65
Anexo N° 11: Registro de una aplicación área .....	66
Tabla N° 1: Principales fungicidas comerciales para control de <i>Mycosphaerella</i> <i>fijiensis</i> en banano.....	67

## Resumen

Este trabajo explica la importancia de aplicación aérea para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. **Morelet**) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA). Tomando en cuenta los objetivos específicos, se describe el agente causal, epidemiología, ciclo de vida y sintomatología de la Sigatoka negra, detallando los equipos de atomización aérea y, describiendo la tecnología GPS en la aplicación precisa de los agroquímicos para el control de Sigatoka negra, el hongo de esta enfermedad es patrón de infección en el desarrollo en la hoja de banano reconociendo sus síntomas mediante una escala denominada Fouré, a través de seis estados. La fumigación aérea es uno de los métodos más usados en la actualidad, en el cual se realiza la aplicación de productos químicos para el control de la sigatoka negra en banano, para la aplicación de fungicidas por vía aérea. Está compuesto por los siguientes equipos de aspersión: tanque, sistema de agitación, bomba, llave reguladora, boquillas de cono o plano, núcleo rotor, boom de fumigación, atomizador micronair AU5000; entre los más empleados se encuentran los siguientes modelos: Turbo Thrush S2RT34. El sistema GPS también conocido por sus siglas en inglés como (Global Positioning System) utilizado para la aplicación precisa de agroquímicos en musáceas, está constituida por 24 satélites que orbitan alrededor del planeta, permitiendo reducir los costos en las fumigaciones. Aunque el avión solo necesita la señal de 3 satélites para poder volar con precisión 20 cm de desviación, el mismo que mide la aplicación durante el vuelo.

**Palabras claves:** Aeroatomización, Fumigación, GPS, Sigatoka, Sintomatología

### **Abstract**

This work explains the importance of aerial application for the control of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* var. **Morelet**) in banana cultivation (**Musa acuminata AAA**). Taking into account the specific objectives, it describes the causal agent, epidemiology, life cycle and symptomatology of the black Sigatoka, detailing the aerial atomization equipment and, describing the GPS technology in the precise application of agrochemicals for the control of black Sigatoka, the fungus of this disease is a pattern of infection in the development in the banana leaf recognizing its symptoms by a scale called Fouré, across six states. Aerial fumigation is one of the most widely used methods today, in which the application of chemicals for the control of black sigatoka in bananas is carried out for the application of airborne fungicides. It consists of the following spraying equipment: tank, stirring system, pump, regulating wrench, cone or plane nozzles, rotor core, fumigation boom, AU5000 micronair atomizer; among the most employees are the following models: Turbo Thrush S2RT34. The GPS system, also known by its acronym (Global Positioning System) used for the precise application of agrochemicals in musaceae, consists of 24 satellites orbiting the planet, allowing to reduce them costing in the Fumigations. Although the aircraft only needs the signal of 3 satellites to be able to fly with precision 20 cm deviation, the same that measures the application during flight.

**Keywords:** Aeroatomization, Fumigation, GPS, Sigatoka, Symptomatology

## 1. Introducción

### 1.1 Importancia o caracterización del tema

La Sigatoka negra es una enfermedad provocada por el hongo (***Mycosphaerella fijiensis***), el cual ocasiona grandes pérdidas de 100 % en el rendimiento de los cultivos susceptibles. Desde que se descubrió la existencia de esta enfermedad, han realizado varias investigaciones para su control (Alcívar , 2014, pág. 6).

Esta enfermedad es más agresiva en épocas lluviosas, ya que este hongo sobrevive y se adapta en la humedad y donde la presencia de una lámina de agua sobre las hojas, el cual ayuda a los procesos de liberación e infección de las esporas (Álvares, Pantoja, Lederson, & Cevallos, 2013).

Las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de banano provocan limitaciones para la exportación de la fruta, la presencia de enfermedades como la sigatoka negra han disminuido la cantidad de producción y rentabilidad. La sigatoka negra (***Mycosphaerella fijiensis***) es considerada la enfermedad más destructiva a nivel mundial afectando el área foliar de las hojas del banano (Espinoza, 2017, pág. 7).

La fumigación aérea es una técnica de aplicación de pesticidas, que se llevó a cabo después de la Segunda Guerra Mundial. Durante este periodo no se utilizaba este método para la utilización agrícola, posteriormente se dio la utilización de este sistema de fumigación aérea con fines de utilización en la agricultura (Moñar, 2013).

## 1.2 Actualidad del tema

En la actualidad, el combate de la Sigatoka negra en bananos depende principalmente de la aplicación de fungicidas lo que hoy en día ha provocado resistencia a ciertos grupos químicos como Benzimidazoles, Triazoles debido a la alta variabilidad genética y patogénica que posee este hongo; esta situación, hace necesario a nuevas búsqueda de alternativas para incluirlas dentro de un programa de manejo integrado de la enfermedad (Selva, 2016).

En la actualidad cultivo de banano (*Musa acuminata AAA*), representa la actividad agrícola con mayor importancia dentro de la economía del Ecuador. De acuerdo a las estadísticas de la superficie plantada a nivel nacional abarca el 27.48 % en la provincia de Los Ríos, en la provincia del Guayas el 29.76 %, para la provincia de El Oro el 20.43 % y el resto de las provincias del Ecuador corresponde el 22.32 %. La producción bananera aparte beneficia a la economía del país, otorgando fuentes de trabajos y alimentos sanos, con grandes contenidos vitamínicos que favorecen la salud del consumidor (Aguayo, 2018, pág. 18).

## 1.3 Novedad científica del tema

El nivel alcanzado en el Ecuador en 2017 pudo ser mayor. Si no se hubiera reducido la presencia de Ecuador en el mercado de los Estados Unidos de América, pero nuestro país siendo uno de los principales aportantes en divisas y en generación de trabajo, existen sombras de tiempos de inestabilidad (García, 2018).

La actual investigación acerca de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) realizada por la Universidad de Exeter (Reino Unido), demuestra que los cambios radicales que se han dado los últimos años condiciones de humedad y



temperatura han aumentado la propagación de esta enfermedad en más de un 44 % desde la década de 1960, disminuyendo la producción (La Vanguardia, 2019).

#### **1.4 Justificación del tema**

La actual investigación se adapta a la aplicación aérea para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* var. **Morelet**) en el cultivo de banano. La importancia que posee este tipo de cultivo en la economía del país mediante la exportación del producto. La aeroaplicación es una de la técnica de control más utilizada en la actualidad para el control de esta enfermedad, ya que esta es una de las más destructivas que afecta este cultivo importante para la economía ecuatoriana.

Mediante esta investigación se da a conocer los avances tecnológicos de la aplicación aérea para el control de la sigatoka negra, la cual afecta al cultivo de banano causando unas manchas en sus hojas y así disminuyendo 50% de la producción, de esta manera evitar que este hongo se volatilice y contagie a plantas sanas.

El presente trabajo de investigación y compilación bibliográfica estudia los siguientes objetivos:

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Definir la importancia de aplicación aérea para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. **Morelet**) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA).

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Describir el agente causal, epidemiología, ciclo de vida y sintomatología de la Sigatoka negra.
- Detallar los equipos de atomización aérea para el control de Sigatoka negra.
- Describir la tecnología GPS en la aplicación precisa de los agroquímicos para el control de Sigatoka negra.

## **2. Aspectos metodológicos**

### **2.1 Materiales**

El presente trabajo de investigación se realizó en base a recopilación y análisis de textos impresos y digitales de diferentes fuentes y bibliotecas con contenido agropecuario.

#### **2.1.1 Recursos Bibliográficos**

- Centro de Información de la Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo.
- Sitios web afines al tema investigado.
- Biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador
- Folletos y revistas agrícolas sobre la aplicación aérea para el control de sigatoka negra en el cultivo de banano
- Artículos científicos que traten sobre la aplicación aérea para el control de sigatoka negra en el control de banano
- Libros sobre sobre la aplicación aérea para el control de sigatoka negra en el control de banano
- Entrevistas a expertos conocedores del tema

#### **2.1.2 Materiales y Equipos**

- Textos impresos y digitales
- Computador con acceso a Internet
- Hojas A4
- Cuaderno de apuntes

### 2.1.3 Recursos humanos

- Estudiante
- Docente tutor
- Técnicos del sector
- Expertos en el tema

## 2.2 Métodos

En el presente estudio se utilizó el análisis bibliográfico para desarrollar el tema: **“APLICACIÓN AÉREA PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Myscopharella fijiensis* var. Morelet) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)”**, de los recursos bibliográficos digitales e impresos

### 2.2.1 Modalidad y tipos de investigación

Este trabajo de investigación es: no experimental, descriptivo y explicativo.

**No experimental:** Es realizado sin manipular deliberadamente variables. En la investigación no experimental se observan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

**Descriptivo:** La información es recolectada sin cambiar el entorno (es decir, no hay manipulación). Su propósito es identificar las características, propiedades, dimensiones y regularidades del fenómeno en estudio.

**Explicativo:** Su propósito es investigar por qué ocurren y en qué condiciones se manifiestan los fenómenos del tema investigado.

### 2.2.2 Tipos de métodos

Para analizar los conceptos se utilizaron los siguientes métodos:

**Método Deductivo**, es aquél que va de lo general a lo específico en donde los datos generales son aceptados como valederos, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones y obtener conclusiones sobre diversas cuestiones.

**Método de Análisis - Síntesis**, consiste en la separación de las partes de un todo para estudiarlas en forma individual (Análisis), y la reunión racional de elementos dispersos para estudiarlos en su totalidad (Síntesis).

### 2.2.3 Técnicas

Con el propósito de tener procedimientos e instrumentos que brinden apoyo a los métodos que permitan acceder al conocimiento de manera sistemática, racional y reflexiva, este trabajo utilizó la técnica de análisis documental para demostrar las teorías que respaldan el tema de estudio.

## 2.3 Marco legal

El presente trabajo se relaciona con los artículos 13 y 320 de la República del Ecuador.

**Art. 13.-** Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

**Art. 320.-** En las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, transparente y eficiente. La producción, en cualquiera de sus formas, se sujetará a principios y normas de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica y social (República del Ecuador, 2008).

Además, en cuanto a la utilización de agroquímicos, este trabajo considera los artículos 22 y 24 de la Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas:

**Art. 22.-** Se recomendará el uso de plaguicidas y productos afines cuando no existan enemigos naturales de las plagas a controlar o cuando su población sea muy baja y de acción poco significativa, propendiéndose a la utilización de productos biodegradables.

**Art. 24.-** Será responsabilidad del empleador, velar por la salud y seguridad del personal que participe en alguna forma en el manejo de plaguicidas y productos afines (Agrocalidad, 2004).

### 3. Análisis y revisión de literatura

#### 3.1. Agente causal, epidemiología y ciclo de vida de la Sigatoka Negra

##### 3.1.1 Origen y distribución de la Sigatoka Negra

La Sigatoka Negra se describió como una enfermedad en 1963, en las islas Fiji, en un país insular de la Oceanía ubicado en el océano Pacífico donde en un corto tiempo se esparció desplazándose en la mayoría de las regiones bananeras y plataneras en el mundo. La sigatoka negra fue detectada en Ecuador en febrero de 1987 al norte del país, en la provincia de Esmeraldas, para el año 1989 este hongo se descubrió en la provincia de Los Ríos y Guayas y extendiéndose para 1992 se diseminó en las bananeras de la provincia de El Oro, al sur del país. Por lo que a esta enfermedad le tomo 5 años en infectar todas las bananeras nacionales (Dávalos, 2017, pág. 22).

La primera detección de sigatoka negra en el Ecuador se detectó por primera vez en la hacienda “El Timbre”, ubicada en la provincia de Esmeraldas, sin embargo en la actualidad se ha esparcido en la mayoría de las áreas bananeras que son aproximadamente 120 mil hectáreas, incluso hay presencia de sigatoka negra en pequeñas áreas cultivadas en Galápagos (Loor, 2017, pág. 13).

##### 3.1.2 Agente causal de la Sigatoka Negra

Se presenta mediante una mancha negra en hoja causada por el hongo ***Mycosphaerella fijiensis* Morelet**. Es una de las principales causas de pérdidas en la producción de banano a nivel mundial representando un factor limitante de la

producción en la industria bananera ecuatoriana. El control más conocido se basa principalmente, en el uso de fungicidas químicos, productos que son altamente tóxicos para animales y plantas y crean resistencia en las cepas del patógeno con el uso excesivo (Castro, 2015).

### **3.1.3 Epidemiología de la Sigatoka Negra**

La Sigatoka es una enfermedad policíclica, en donde los conidios se encuentran influenciadas por las condiciones climáticas, susceptibilidad de la variedad sembrada y el manejo del cultivo. Los sectores más afectados por el hongo se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80% y temperatura promedio entre 26 a 28°C. La enfermedad suele ser más agresiva en épocas lluviosas, debido a que este hongo sobrevive en la humedad y donde la presencia de una lámina de agua sobre las hojas lo que le ayuda a los procesos de liberación e infección de las esporas (Álvares, Pantoja, Lederson, & Cevallos, 2013, pág. 2).

### **3.1.4 Ciclo de vida de la Sigatoka negra**

El hongo *Mycosphaerella fijiensis* se presenta depositando sus esporas (ascosporas o conidios) sobre las hojas de la planta de banano. Este hongo se desarrolla cuando las condiciones favorables como la humedad relativa con presencia de agua sobre las hojas. Bajo estas condiciones ayuda a las proliferaciones de las esporas del hongo y esta aumenta en un periodo de 2 a 6 horas dando a la formación de tubos germinativos que se ramifican en busca de los estomas. El tiempo de ingreso del hongo en la hoja tiene un tiempo de 2 a 3 días si



las condiciones de humedad son relativa, temperatura y mojadura foliar son las favorables (Granada & Yanuzzelly, 2018, pág. 20).

### 3.1.5 Sintomatología de la enfermedad

La sintomatología inicial de la Sigatoka negra está determinada por un patrón de infección en el desarrollo en la hoja de banano que se expande en forma de embudo, en donde nuevos tejidos son expuestos a la infección del hongo, que por medio del viento y el agua se dispersa. La infección que causa las esporas generalmente germinan dentro de 2 a 3 horas una vez infectado se encuentra establecida la esporodoquia, que son los grupos de conidióforos que están alineados dentro del estoma de la hoja infectada, y en el cual se desarrolla en la cavidad sub estomática de donde una o más hifas de *Mycosphaerella fijiensis* emergen del estoma en el envés de la hoja (Batallas, 2015, pág. 12).

### 3.1.6 Síntomas

Los síntomas iniciales de la enfermedad aparecen como pequeñas estrías de color café ligero en las hojas. Cuando la densidad de infección es baja, las estrías desarrollan lesiones ovales o elipsoidales con el centro gris. Sin embargo, cuando la densidad de infección es alta, las lesiones se necrosan, formando grandes áreas de tejido foliar. (Manzo, Orozco, Martínez, Garrido, & Canto, 2014).

Según la escala de Fouré, los síntomas de la Sigatoka negra se reconocen a través de seis estados. A continuación se describe los estados de la enfermedad:

En el primer estadio se presenta unas pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento o marrón, de 1 mm de longitud, visibles en el envés de las hojas, en el

segundo estadio presenta rayas cloróticas de 3-4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón. En el tercer periodo las rayas o estrías presentadas en el segundo estadio se alargan y amplían, no tiene bordes definidos y son de color de café, puede llegar hasta 2cm de largo. Durante el cuarto estadio presenta manchas ovaladas de color café en el envés y negro en el haz de las hojas. En la quinta fase muestra manchas negras en el folio, rodeadas de un anillo negro y en ocasiones un color amarillento. En el último periodo presenta manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón, envueltas de tejidos clorótico (Cuéllar, Cortéz, & Ceballos, 2013, pág. 2).

### 3.1.7 Taxonomía de la enfermedad

Clasificación de *Mycosphaerella fijiensis*

Reino: Fungí

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaerellaceae

Género: *Mycosphaerella* (fase sexual) *Cercospora* (fase asexual)

Especie: *fijiensis*

Clasificador: Morelet (Mendoza, 2017, pág. 13).

### 3.1.8 Formas de reproducción del patógeno

#### 3.1.8.1 Fase sexual

En la fase sexual ocurre en las lesiones maduras, con la producción de ascosporas. Estas son responsables de la infección a largas distancias, cuando son liberadas al ambiente en períodos de alta humedad y dispersadas por el viento. Para producir la forma sexual el hongo inicialmente desarrolla muchos espermogonios en la superficie inferior de la hoja al colapsar las lesiones. En condiciones húmedas estas estructuras pueden producir grandes cantidades de células de reproducción masculina (espermatias). Las espermatias son diminutas y cilíndricas y van a fertilizar las hifas hembras vecinas llamadas tricóginas (Nelida, 2019).

La biología del patógeno mediante la reproducción sexual por *Mycosphaerella fijiensis*, es por espermagonio (órgano de reproducción masculino), espermatias, peritecios (órgano de reproducción femenino), ascosporas (Calle & Yangali, 2014, pág. 7).

#### 3.1.8.2 Fase asexual

Se presenta en lesiones jóvenes de la enfermedad (estrías 2 y 3 y el primer estadio de mancha). Los conidios aparecen en conidióforos sencillos que emergen por los estomas, principalmente por la superficie abaxial de las hojas. Los conidios se dispersan por el salpique de la lluvia y se asocian con la diseminación de la enfermedad a corta distancia. La reproducción asexual (*Cercospora musae*) se da mediante conidióforo o conidios (Culebro, 2018, págs. 12,13).

### 3.1.9 Importancia de la enfermedad

La Sigatoka negra en Ecuador representa en las principales pérdidas en la producción bananera a nivel mundial. Esta enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas. Adicionalmente, infecciones severas de la sigatoka negra causan la madurez prematura del fruto (Cuéllar, Cortéz, & Ceballos, 2013, pág. 2).

En el año 1987 reemplazó a la sigatoka amarilla de menor amenaza. En el año 1992 ya estaba esparcida en todas las zonas bananeras del país, su agresividad se incrementó con el pasar del tiempo. Con esto se incrementaron los ciclos de aplicación, entre el 40 y 100% del 2007 al 2010 en adelante y a su vez elevación de costos se incrementaron en la misma proporción. En casos muy fuertes de agresividad se puede perderse la producción entre el 40 y 100%. (Valverde, 2019, pág. 5)

La sigatoka negra es la enfermedad foliar más desbastadora de los cultivos de banano alrededor del mundo. Esta enfermedad va reduciendo la capacidad fotosintética de la planta debido a las lesiones necróticas que presenta e induce alteraciones fisiológicas en la planta dando en consecuencia bajo rendimiento en los cultivos y reducción de calidad de la fruta causada por este hongo (Guevara, 2017, pág. 1).

### **3.1.10 Resistencia de la enfermedad a fungicidas**

La resistencia de la sigatoka negra a fungicidas es un factor crítico que limita la eficiencia de los programas de manejo integrado del hongo, al incrementar dosis o frecuencias de aplicaciones. Uno de los principales problemas en el control de este hongo teniendo en cuenta que la resistencia es causada por la misma aplicación de los fungicidas. Sin embargo su intensidad e impacto sí pueden ser controlados y para este fin se ha considerado que la herramienta más útil es hacer un monitoreo temprano y continuo de la evolución de la resistencia, que permita la identificación de los individuos resistentes a la acción de un fungicida (Sepúlveda, 2016).

El uso excesivo de fungicidas crea una resistencia genética en el hongo especialmente con los fungicidas sistémicos, ya que estos poseen un solo sitio de acción en su metabolismo celular del hongo que a diferencia de los protectantes que poseen varios sitios de control (Quevedo , Infante , & García , 2018).

## **3.2 Equipos de atomización aérea para el control de sigatoka negra**

### **3.2.1 Historia de la atomización aérea**

La historia de la aerofumigación se menciona que es el método de pulverización que se consolidó como aplicación de pesticidas, durante la Segunda Guerra Mundial. En aquel entonces, no se utilizaba con fines agrícolas, sino como arma química. Los objetivos a los que apuntaban estas aéreo aplicaciones a veces eran humanos y otras vegetales. En consecuencia, la utilización actual de la fumigación aérea a la agricultura y, por consiguiente, contra la población mundial. (Moñar, 2013, pág. 31).

La historia de la fumigación en Ecuador nace en 1966, ingresando al país los primeros equipos de fumigación Don Luis Noboa Naranjo, implementando un sistema de 4 helicópteros para el control de la sigatoka amarilla. Al incrementarse el hectareaje, incrementó dos aviones tipo Grumman en 1972 y dos más tipo Pawnee en 1976 se sumaron a la industria de la fumigación. En el 1988, Lan Ecuador enfrenta la Sigatoka Negra con dos aviones de peso ligero marca Grumman, para el año de 1990 brinda sus servicios a productores exclusivos, mediante el Programa Nacional del Banano (PNB), en 1992 llega con dos innovaciones importantes: la creación de un departamento técnico fitosanitario, y la conversión de todos los motores radiales a turbina. En 1997 Lan Ecuador se convierte en un soporte para el fenómeno del niño que ocurría alrededor ese año (Ruíz, 2014, pág. 27).

Luego del año 2000, Lan Ecuador realiza renovaciones constantes tanto en tecnología como en su capacidad para operar, para brindar un servicio de calidad y

mayor eficacia controla automáticamente el volumen de fungicida aplicado por hectárea. Dependiendo de la velocidad y la posición de la aeronave, el software calcula y ajusta, en tiempo real, el volumen de fungicida que se debe aplicar. Esto hace la cobertura más homogénea y el tratamiento (Aerofumigación, 2015).

### **3.2.1.1 Atomización aérea en Sigatoka Negra**

Los pulverizadores son equipos de aplicación que contiene productos para realizar una fumigación aérea en aviones o helicópteros, preferiblemente realizadas en helicópteros debido a su mayor precisión, ya que estos poseen doble hélice y pueden mantenerse en sobrevuelo, este tipo de fumigación tiene la posibilidad de realiza distintos tratamientos en diferentes volúmenes para la aplicación (Arboleda & Massuh, 2014).

La fumigación aérea mediante un avión ultraligero garantiza una atomización de productos agroquímicos y fertilizantes de manera focalizada, uniforme y efectiva sobre los cultivos y plantaciones. De esta manera se evita el desperdicio de los productos generando un beneficio económico para los productores, mayor protección a las plantaciones y contrarrestar los daños al medio ambiente y a las personas que viven alrededor de las plantaciones (Sánchez, 2018, pág. 16).

En el cultivo del banano se utiliza la técnica de aplicación de pesticidas conocida como aspersión o fumigación aérea utilizando avionetas equipadas con aspersores para el cumplimiento de esta tarea y empleando alrededor de 50 productos. El uso de plaguicidas en banano ha sido vinculado a la contaminación de suelos y agua. Normalmente la industria bananera y las empresas dedicadas a este cultivo

actualmente realizan un promedio de 22 a 29 ciclos de aspersiones aéreas al año. Esto significa una fumigación cada 15 días (Cuenca & Alarcón, 2013).

### **3.2.1.2 Componentes de un atomizador aéreo**

Entre los equipos de atomización aérea más utilizados se encuentran el modelo Turbo Thrush S2RT34, que tiene un motor turbo port Pratt & Whitney de 750 caballos de fuerza, con una capacidad de carga de 500 galones de mezcla y velocidad de aplicación de 130 millas por hora considerado el avión agrícola por excelencia (Acevedo, y otros, 2013, pág. 49)

Otro modelo de atomización aérea es el equipo Air Tractor AT 802. Es una aeronave compleja, superior a los 5700 kg. Es importante tener en cuenta que el AT 802 dispone de una capacidad de carga de hasta 3628 kg o 8000 lbs (Duncan, 2017, pág. 9).

Dentro de los principales elementos que posee un atomizador aéreo, se mencionan los siguientes:

### **3.2.1.3 Tanque**

Está ubicado frente a la cabina del piloto, para que le sirva de seguridad en caso de accidentes. Debe ser resistente a la corrosión, tener ventilación y a prueba de fugas. Hoy por hoy se fabrica en fibra de vidrio, posee en la parte superior una abertura con una tapa de cierre hermético y un filtro para impedir las impurezas o partículas extrañas, y asegurar que la mezcla depositada en él sea lo más limpia posible. En la parte inferior y dentro del tanque están dispuestas unas láminas con orificios



denominadas "rompe olas", cuya función es disminuir el golpe que se produce cuando el avión está en movimiento (Bornacelly, 2015, pág. 63).

#### **3.2.1.4 Sistema de agitación**

Para un mayor rendimiento en el sistema de agitación resulta conveniente instalar un sistema Venturi a la salida de cada manguera, con el objetivo de proyectar un flujo acelerado para que imprima un movimiento extendido al caldo de aspersión. En el caso de plaguicidas formulados como suspensiones, un molinillo hidráulico que se encuentra ubicado en el fondo de la cuba de aspiración contribuye a mantener en suspensión partículas que normalmente tapan los filtros y pastillas. El sistema de agitación da homogeneidad a una mejor mezcla plaguicida, agua, aceite. Los equipos de aspersión poseen un sistema de agitación por circulación, cuyo fin no es sólo agitar, sino devolver al tanque mediante la manguera de retorno parte del líquido que no se esparce (Leiva, 2013, pág. 8).

#### **3.2.1.5 Bomba**

Es un dispositivo utilizado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases. Las más usadas son las bombas centrifugas, los aviones con este tipo de bombas no pueden calibrarse en tierra por lo que es necesario hacerlo durante el vuelo. En todas ellas se toman medidas para evitar la cavitación, lo cual reduciría el flujo y dañaría la estructura de la bomba. Son empleadas para gases y vapores suelen llamarse compresores. (Morales, 2013, pág. 21).

### **3.2.1.6 Llave reguladora**

Esta llave controla el paso de los líquidos al aguilón o barra portaboquillas del avión conocido como "bay pass" o válvula de 3 pasos o de 3 vías ya que la palanca de control posee tres posiciones y es la única que en condiciones normales se opera. Durante la emisión esta válvula permite al líquido llegar a los aguilones o retornar al tanque para recircular el químico, es importante mantenerlo en circulación para evitar su sedimentación o separación (Holguín & Cancelado, 2014, pág. 128)

### **3.2.1.7 Boquillas (Spraying Systems)**

La boquilla es una herramienta útil en las aplicaciones agrícolas. Con forma circular para pulverizaciones dirigidas, esta garantiza una cobertura total debido a una aspersion finamente atomizada. Se utiliza principalmente para aplicar insecticidas y fungicidas. El número de boquillas instaladas depende del tipo de avión: Pawnce 235: 43 boquillas, Pawnce 260: 43 boquillas Cessna Awagon: 44 boquillas Cessna Truck: 64 boquillas. Las mayoría de las boquillas van sujetas en el boom de fumigación las cuales van atornilladas las más utilizadas son las tee jet (Unisem, 2014).

**Boquilla de cono:** La boquilla de cono hueco es utilizada más en herbicidas produciendo gotas más finas puede ser empleada en cobertura foliar puesto que causan más agitaciones a las hojas cuando la pulverización pasa por las plantas. Son recomendables para aplicar fungicidas, insecticidas y fertilizantes (Gómez, 2013, pág. 10).

**Boquilla de Abanico plano:** La boquilla tipo abanico con cuerpos, con un orificio de forma elíptica o rectangular en el extremo inferior, o punto de salida produciendo gotas más grandes. De donde emerge el líquido en forma de lámina triangular plana. Con estas boquillas normalmente se obtiene un patrón de distribución uniforme (Sesquile, 2014, pág. 11).

### ***3.2.1.8 Núcleo rotor o difusor***

También conocidos como cuerpos rayados, son discos perforados que hacen posible el paso del líquido al rotor. Esta es la parte encargada de proporcionar efectuar el movimiento de la carga representada en números para aplicación de fungicida se representa en 31,33, 35 y 56 (Reyes, 2016, pág. 23).

### ***3.2.1.9 Boom de fumigación***

El boom en fumigación aérea es un tubo largo al cual se acoplan las mangueras que van conectadas al tanque fumigador. En las mangueras van instaladas las boquillas por donde se expende el producto agroquímico, tiene aproximadamente 8,25 metros de envergadura, con ancho de pasada de 10 metros (Guerrero, 2015, pág. 26).

### ***3.2.1.10 Atomizador Micronair AU5000***

Para una eficiente atomización los atomizadores Micronair AU5000, requieren de una presión de entre 1.5 y 3 bares. Esto controla el tamaño de la gota para una aplicación eficiente y más económica de un amplio rango de productos. El flujo total desde el avión es regulado por la presión de la barra en forma exactamente igual a

la del sistema de rociado convencional. El monitor dentro de la cabina, brinda al piloto una exacta visión de la aplicación (Villamar, 2018, pág. 47).

Para no provocar pérdidas económicas en el momento de la aplicación existe una diferencia para aplicar fungicidas con boquillas y micronair, por unidad de descarga; para boquillas en avión turbo Thrush posee  $(24/60)=0,6$  metro lineal, y los micronair, por cada unidad tienen una área de cobertura mayor en el aplicado  $(24/12)=2.0$  y el tamaño de gota de 200 a 250 micras lo que permite una mejor aplicación (Aguilar, 2018, pág. 27).

#### **3.2.1.11 Calibración de boquillas**

En la calibración de boquillas, se efectúan medidas de precisión del manómetro, de la distribución del caudal en las boquillas y de la igualdad de presiones en diferentes secciones de la pértiga. Los ajustes necesarios para realizar un tratamiento correcto, en calibración de estos equipos de aspersion, consiste en calcular el flujo del agroquímico por minuto, lo cual es función de la velocidad de desplazamiento del avión en kilómetros por hora o en millas/hora, y la cantidad de líquido aplicado por hectárea en litros/ha, y el ancho de pasada en metros (Blanco, Gil, & Gamarra, 2013, pág. 13 ).

#### **3.2.1.12 Pulverización aérea**

El proceso de pulverización se considera como el proceso de desintegración o rompimiento del líquido para producir una gran cantidad de gotas de diferentes tamaños y velocidades, logrando la uniformidad requerida (Peña, 2014, pág. 4).

Para la pulverización aérea se utiliza un avión ultraligero de utilización agrícola, que ayuda a esparcir agua como plaguicidas, herbicidas y cualquier otro compuesto que sea necesario en los cultivos (Álvarez, 2016, pág. 23).

### **3.2.2 Cobertura área**

La cobertura se realiza con productos fitosanitarios aplicados para el control de enfermedades como la sigatoka negra, consiste en esparcir un líquido en forma de gotas muy pequeñas. La cobertura se realiza por ciclo dependiendo del tipo de enfermedad. La emulsión se realiza en base a una muestra de 36 puntos implementándose un sistema de monitoreo en cobertura con los productos fitosanitarios aplicados para el control de Sigatoka negra (Cañetaco, 2015, pág. 9).

### **3.2.3 Ciclo de fumigación de la sigatoka negra**

Para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en Ecuador se han realizado pulverizaciones aéreas con fungicidas, en un promedio de 24 ciclos. Se calcula que se realizan 15 y 60 aplicaciones anuales con fungicidas en el control de este hongo, que ha representado el 78% de inversión de pesticidas en el año, tomando en cuenta que a mayores ciclos de fumigación, mejores resultados se obtendrán en el control de la enfermedad (Aguilar, 2018, pág. 21).

Existen distintos métodos para el control de sigatoka negra, entre los cuales el químico y cultural son los más utilizados. A pesar de un uso intenso en prácticas culturales, el mejor control utilizado para la sigatoka negra se basa en la aplicación de agroquímicos, lo cual es preocupante por el incremento de casos de pérdida de sensibilidad del patógeno hacia fungicidas. Actualmente en la producción de

musáceas desde el punto de vista preventivo, debido a su naturaleza, es necesario incorporar otras técnicas de control como alternativa o complemento del control químico (Cedeño, y otros, 2017, pág. 30).

### **3.2.3.1 Control químico de la enfermedad**

En la actualidad el control más utilizado para reducir el daño de la sigatoka negra es el control químico, sin embargo, una de las mayores preocupaciones es la mala práctica en la aplicación de fungicidas, ayudando a crear resistencia genética en *M. fijiensis*. Este control se lo realiza en aplicaciones aéreas utilizando fungicidas, emulsificantes y aceites minerales. Estos se agrupan en dos categorías por su modo de acción, de contacto y sistémicos (Ordoñez, 2017, pág. 21).

**Fungicidas de contacto:** Los fungicidas de contacto, llamados también protectores, actúan solamente sobre la superficie de la planta donde el fungicida ha sido depositado y evitan que los esporangios germinen y penetren a las células. Por ello se recomienda cubrir la mayor parte de la planta con este tipo de productos. Son de acción preventiva, la recomendación para fungicidas de contacto es de 30-35 l/ha, ya que actúan en el lugar donde hacen contacto con la planta y no son capaces de penetrar al interior de la hoja, de esta forma protegen únicamente las partes de las hojas fumigadas, impidiendo la germinación de las esporas sin tener acción sobre las infecciones ya establecidas (Pérez & Forbes, 2017).

**Fungicidas sistémicos:** Poseen acción preventiva y curativa. La recomendación para fungicidas sistémicos es de 20-25 l/ha, ya que atraviesan la cutícula y trastocan hacia la vía floema a otros puntos distantes de la planta. Los fungicidas sistémicos poseen un componente activo el cual acciona en el lugar característico de las

células del hongo, el que impulsa a la creación de razas resistentes (Carrión, 2015, págs. 25, 26).

### **3.2.3.2 Fungicidas para el control de sigatoka negra**

Tridemorph y Folicur son ejemplos de fungicidas sistémicos y contacto, para la enfermedad de la sigatoka del banano. Son absorbidos por las hojas o trasladados a través de los tejidos vegetales. Atraviesan con rapidez al tejido exterior de la planta, que un tiempo corto después de su aplicación se introduce a las hojas, ya que estos productos poseen una acción preventiva y curativa bloqueando el desarrollo del patógeno (Daza & Nayive, 2017, pág. 37).

A continuación, se menciona algunos fungicidas que se utilizan para el manejo químico de la enfermedad:

#### **Volley (Fenpropimorf)**

Con Acción fitosanitaria fungicida con acción sistémica y de contacto, es ingresando por las hojas y llevado a través de los tejidos. Atraviesa con rapidez el tejido exterior de la planta, de tal modo que, poco tiempo después de la aplicación ha penetrado en las hojas gran parte del producto. Posee acción preventiva y curativa bloqueando el desarrollo del patógeno su dosificación recomendada es de 1 l/ha (Loor, 2017, pág. 21).

#### **Silvacur (Tebuconazole)**

Fungicida de acción sistémica hacia la lámina media y borde de la hoja sus ingredientes activos Tebuconazole + Triadimenol, pertenecientes a los Triazoles, controlan patógenos que son resistentes a otros fungicidas. Se recomienda una dosificación de 0,5 l/ha (Gallegos, 2016, pág. 14).

**Opal (Epoconazol)**

Es un fungicida de acción sistémica que inhibe el hongos, es bloqueado exitosamente la acción de la desmetilasa por un acoplamiento superior en el complejo mono-oxigenasa, este fungicida tiene toxicidad categoría IV su dosis recomendada es de 1.25 l/ha (Sabando, 2015, pág. 19).

**Folicur (Tebuconazole)**

Fungicida de acción sistémica cuyo ingrediente activo Tebuconazole, a una dosificación de 0.4 lt/ha, este fungicida tiene un mecanismo de acción que inhibe la biosíntesis en de *Mycosphaerella fijiensis* (Rotam Agro, 2015, pág. 3).

**Tridemorph (Tridemorph)**

Fungicida de acción sistémica cuyo ingrediente activo Tridemorph. En el cultivo de Banano y plátano se utiliza una dosis de 0.5 lts/ha para el control de la Sigatoka (Llarena, 2013, pág. 14).

**Dithane (Mancozeb)**

Fungicida de contacto o preventivo acondicionado con aceites vegetales y minerales que le brindan adherencia y distribución. El mancozeb pertenece al grupo de fungicidas más versátiles, pertenece al grupo químico de los Etilenbisditiocarbamatos. Los Ditiocarbamatos se vuelven tóxicos cuando son metabolizados por la célula del hongo en el radical isotiocianato, el cual inactiva al grupo sulfidril en aminoácidos y enzimas de la célula fungosa. De esta manera interrumpe la actividad enzimática, se recomienda una dosificación de 3.0-5.0 l/ha (Benítez, 2015, pág. 7).



**Bravo 720 (Chlorothalonil)**

Es un fungicida de contacto, de amplio espectro de control, que posee acción preventiva y evita la generación de resistencia. Se destaca por su persistencia en el cultivo y resistencia al lavado por lluvias lo cual le permite una redistribución del producto en los tejidos de la planta con una dosificación 1,5 l/ ha (Godoy, 2018, pág. 35).

**Siganex (Pyrimethanil)**

Siganex es un fungicida de contacto, con un ingrediente activo de Pyrimethanil pertenece al grupo químico de las anilino pirimidinas, recomendado para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo de banano y plátano. Su modo de acción es preventivo y translaminar. Tiene un mecanismo de acción que inhibe la biosíntesis de la metionina y la secreción de enzima en el hongo requerido para el proceso infeccioso en la planta, la destrucción del tubo germinativo y crecimiento. Se recomienda aplicar Siganex solo o en mezcla, para el control de la Sigatoka negra, en asociación con aceite agrícola a la dosis 0,5 – 0,7 L / ha (Santillán, 2017).

**Opus team (Epoxyconazol + Fenpropimorf)**

Fungicida con doble mecanismo de acción que actúa como preventivo y curativo contra el ataque de Sigatoka Negra, inhibe la biosíntesis impidiendo la germinación de las esporas del hongo y afectando la permeabilidad de la membrana celular del hongo. La dosis de aplicación es 1.25 l/ha (Rubio, 2016, pág. 35)

**3.2.3.3 Control y reducción de la sigatoka mediante deshoje**

Para la reducción de la sigatoka negra se recomienda un manejo temprano, mediante la aplicación de estrategias, que incluyen el deshoje, consiste en la poda

de las hojas a ras del pseudotallo. Las hojas a podar son aquellas dobladas aun cuando estén verdes; hojas amarillas o completamente afectadas por la enfermedad. Con el fin de obtener una mejor exposición de los racimos a la luz, el aire y el calor. Para mantener una asimilación adecuada se deben dejar entre 8 y 9 hojas por planta (Barrera, Barraza, & Campo, 2016).

### **3.3 Tecnología GPS (Global Positioning System) en la aplicación precisa de los agroquímicos para el control de sigatoka negra**

#### **3.3.1 Historia de la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global)**

El sistema GPS (Global Positioning System) creado en el año 1973 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares, basándose en la experiencia tomada de este satélite, el cual era de uso exclusivo militar. El sistema de localización por satélite en la actualidad, es utilizado para la comunidad civil y ha crecido junto con las aplicaciones y los fabricantes, por lo cual las nuevas técnicas diferenciales DGPS son alternativas para mejorar la precisión en las posiciones obtenidas (Agüero, Montilla, & Valero, 2018).

#### **3.3.2 Definición de GPS**

El GPS es una tecnología de navegación que está constituida por una red de 24 satélites que orbitan alrededor del planeta con un funcionamiento las 24 horas del día. Permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto con una precisión de hasta centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión (Cangas & Parra, 2018, pág. 6).

#### **3.3.3 Funcionamiento del sistema GPS para aplicaciones aéreas**

El funcionamiento del GPS, ayuda a verificar la dimensión del fungicida a aplicar. Dependiendo de la velocidad y la posición de la aeronave, el software calcula y ajusta, en tiempo real, el volumen de fungicida que se debe aplicar. Hace la cobertura más compleja y el tratamiento más eficiente, el cual que permite un

registro de las parcelas. Dependiendo de la velocidad y la posición de la aeronave, el software calcula y ajusta, en tiempo real, el volumen de fungicida que se debe aplicar. Tratamiento y calcular con mayor precisión los volúmenes de fungicida necesarios para cubrir el área (Vézina & Baena, 2016).

Esta tecnología permite mantener un excelente control y disminuir los costos en los planes fitosanitarios, con el propósito de alcanzar una buena aplicación. Un radio receptor establecido en el avión acoge señales con modificación diferencial de la estación. Estas pistas dirigen al piloto con una exactitud submétrica en tiempo real sobre 75 centímetros (Flores, 2015, pág. 11).

### **3.3.4 Sistema de trabajo de GPS para aplicación de precisión**

Este sistema trabaja actualmente hasta con 12 satélites, aunque el avión solo necesita de la señal de 3 satélites como mínimo para poder volar con precisión. El avión debidamente equipado recibe estas señales de los satélites guía al piloto, sobre cualquier área a tratar. El piloto debe de establecer primero una línea de referencia y proceder a volar a una distancia preestablecida equivalente al ancho del vuelo escogido (Amortegui, Betancurt, & Soler, 2016, pág. 70).

Cuando se escoge el ancho del vuelo, tanto como derecha como la izquierda, estas son líneas de referencia, con precisión de 20 cm de desviación. Este sistema también mide y anota la velocidad del vuelo durante la aplicación el tiempo total de asperjado altura del vuelo sobre el cultivo cantidad de caldo asperjado en: l/min, l/pasada, l/ha, l/total (Rodríguez, 2018, pág. 10).

### **3.3.5 Componentes de un GPS**

El GPS está compuesto por un Segmento Espacial, el cual es una constelación de satélites que transmite señales de radio a los usuarios, un Segmento de Control cuya misión es el seguimiento y control de los satélites, así como el cálculo de los datos sobre el movimiento del satélite en una red global terrestre, para el monitoreo de los satélites GPS, otro es el Segmento de Usuario, que lo integra los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posición tomando como base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal (Molina , 2018, pág. 12).

### **3.3.6 Señal del GPS**

El GPS tiene una organización de señal, los cuales son: Alta precisión en posición en tiempo real, navegación en tiempo real para usuarios con altas velocidades, cobertura mundial, tolerancia a las interferencias intencionadas y no intencionadas, conseguir una posición inicial en un tiempo (Urmeneta, 2014, pág. 21).

#### 4. Conclusiones

Una vez terminado el presente trabajo de recopilación bibliográfica, en base a los objetivos, se obtienen las siguientes conclusiones:

El agente causal de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) representa una de las principales enfermedades que destruyen grandes producciones de banano. Es una patología policíclica, en donde el desarrollo de afección se encuentra influenciado por las condiciones climáticas; este hongo suele ser agresivo en épocas lluviosas, ya que sobrevive en la humedad. Estas aumentan su proliferación en un periodo de 2 a 6 horas en busca de estomas; el ingreso del hongo a la planta dura de 2 a 3 días si las condiciones de humedad, temperatura son favorables. En la sigatoka negra su agresividad se la puede reconocer mediante una escala de 6 estadios, iniciando con pequeñas lesiones color blanco-amarillento en el envés de las hojas, en el estadio dos se observa estrías cloróticas, en el estadio tres las estrías se alargan de color café, en el cuarto estadio las manchas son ovaladas de color café presentándose en el envés de la hoja, el quinto estadio con manchas negras en el centro de la hoja, y el último estadio con manchas con centro seco y hundido, de color marrón.

La fumigación aérea es uno de los métodos más usados en la actualidad, mediante el cual se realiza la aplicación de productos químicos tales como: Volley, Silvacur, Opal, Folicur, Tridemorph, Dithane, Bravo 720, Siganex, Opus team utilizados para el control de la sigatoka negra en banano. Para la aplicación de fungicidas por vía aérea se utiliza un avión ultraligero que está compuesto por los siguientes equipos de aspersión: tanque, sistema de agitación, bomba, llave reguladora, boquillas de cono o

plano, núcleo rotor, boom de fumigación, atomizador micronair AU5000. Entre los más empleados se encuentran los siguientes modelos: Turbo Thrush S2RT34, un avión por excelencia para este tipo de trabajos, el cual posee una capacidad de carga de aproximadamente 500 galones y una velocidad de aplicación de 130 milla/h; otro modelo de atomización aérea es el equipo Air Tractor AT 802 con un peso superior a los 5700 kg, lo que hace este modelo pulverice más hectáreas por su gran tamaño.

El sistema GPS también conocido por sus siglas en inglés como (Global Positioning System) fue creado en el año 1973 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares, que con el pasar del tiempo es utilizado para la aplicación precisa de agroquímicos en musáceas. Esta tecnología, constituida con 24 satélites que orbitan alrededor del planeta, permite reducir los costos en las fumigaciones ya que en la actualidad se realiza con mayor precisión en los cultivos con el objetivo de efectuar buenas aplicaciones. Entre los componentes del GPS está el segmento espacial, el cual es una constelación de satélites alrededor de la tierra, estos son los que transmiten las señales de radio al usuario, segmento de usuario es el que recepta esas estas señales las cuales navegan en tiempo real.

## 5. Recomendaciones

Se recomiendan estrategias de manejo para tener niveles bajos de infección del hongo de la sigatoka negra y un control continuo del cultivo, para detectar su aparición a temprana edad y así realizar el programa anual de aplicaciones, mediante el uso adecuado de fungicidas sistémicos, de contacto o mediante control cultural como el deshoje en la plantación.

Es recomendable el uso de la fumigación vía aérea para lograr un control con mayor eficacia, utilizando aviones de peso ligero tales como el modelo Trush S2RT34 o el Air Tractor AT 802, que permiten la realización de labores con agilidad en terrenos libres de obstáculos.

Dentro de la utilización de la atomización aérea se recomienda el empleo del sistema de GPS, por su alta precisión de posición en tiempo real, que ayuda a reducir el alto costo de aplicación de químicos.



## 6. Bibliografía

- Acevedo, R., Camargo, C., Caro, P., Castillo, S., Cortés, J., Chaves, E., . . . Vallejo, J. (2013). Diseño preliminar del avión USB-001-X para aplicación de insumos agrícolas. Bogotá, Colombia: Universidad de San Buenaventura. Facultad de Ingeniería.
- Aerofumigación, L. (2015). Historia. Obtenido de Lan Ecuador: <http://www.lanecuadorsa.com/historia.htm>
- Agrocalidad. (2004). Ley de Comercialización y Empleo de Plaguicidas, Codificación. Quito, Ecuador: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro.
- Aguayo, P. (2018). Evaluación del efecto del ozono sobre las características morfoquímicas del fruto de banano. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
- Agüero, E., Montilla, A., & Valero, G. (2018). Medición de puntos GPS por el método estático con equipo diferencial. Una experiencia didáctica en el Instituto Pedagógico de Maturín. *Tecné, Episteme y Didaxis*, ISSN 0121- 3814, 1(43), 137-153.
- Aguilar, J. (2018). Control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) con dos sistemas de atomización en una finca orgánica. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Alcívar, B. (2014). Evaluación varios fungicidas y un entomopatógeno para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano orgánico. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Álvarez, E., Pantoja, A., Lederson, G., & Cevallos, G. (2013). La sigatoka negra en plátano y banano. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Álvarez, J. (2016). Manejo y uso eficiente del tamaño, uniformidad y distribución de la gota de pulverización en cultivo de soja (*Glycine max*). Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Amortegui, D., Betancurt, J., & Soler, A. (2016). Diseño e implementación de un controlador multivariable en un dispositivo uav tipo cuadricoptero para fumigación aérea . Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías.
- Arboleda, G., & Massuh, F. (2014). Análisis de factibilidad del uso de drones en plantaciones bananeras en la provincia de El Oro. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago Guayaquil. Facultad de Especialidades Empresariales.
- Barrera, J., Barraza, F., & Campo, R. (2016). Efecto del sombrero de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano cv Hartón (*Musa AAA simmonds*). Actualidad & Divulgación Científica, ISSN 0123-4226, 19(2), 317-323.
- Batallas, E. (2015). Caracterización morfológica de los hongos fitopatógenos en el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca* L.) sector Los Laureles, Cantón La Maná, Cotopaxi. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Benítez, E. (2015). Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de las hojas de *Myrcianthes oreophylla* "unkia" frente a *Candida albicans*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Farmacia y Bioquímica.
- Blanco, G., Gil, J., & Gamarra, J. (2013). Mantenimiento y calibración de maquinaria para productos fitosanitarios. Sevilla, España: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.
- Bornacelly, C. (2015). Técnicas de aplicación aérea de plaguicidas agrícolas. Bogotá, Colombia: Corpoica.
- Calle, H., & Yangali, J. (2014). La sigatoka negra en el Ecuador. Guayaquil, Ecuador: Sigat.
- Cangas, G., & Parra, C. (2018). Desarrollo de un sistema para monitoreo y control satelital de vehículos mediante el uso de GPS TK303G para comercializadora de dispositivos satelitales Genius EC. Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. Facultad de Biotecnología.
- Cañetaco, P. (2015). Cobertura aérea para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en fincas convencionales, provincia de El Oro. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Carrión, B. (2015). Análisis microbiológico del complejo orgánico actifol para determinar la efectividad en el control del hongo (*Mycosphaerella fijiensis*) causante de sigatoka negra en banano. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad Ciencias Agropecuarias.

- Castro, R. (2015). Efecto de cepa ecuatoriana de *Trichoderma harzianum* Rifai como antagonista de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en condiciones de casa de cultivo. *Revista de Protección Vegetal*, ISSN 2224-4697, 30(2), 133-138.
- Cedeño, G., Suárez, C., Vera, D., Fadda, C., Jarvis, D., & Santis, P. (2017). Detección temprana de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* en genotipos locales de musáceas en Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, ISSN 2077-9917, 8(1), 29-42.
- Cuéllar, A., Cortéz, J., & Ceballos, G. (2013). Innovaciones en el manejo de la sigatoka negra del banano y plátano en Colombia. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cuenca, C., & Alarcón, M. (2013). Las fumigaciones aéreas y su incidencia en las enfermedades epidérmicas en los trabajadores agrícolas que laboran en la Hacienda Los Cerritos del Cantón Pueblo Viejo durante el primer semestre del 2013. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias de la Salud.
- Culebro, J. (2018). Evaluación de productos orgánicos para el control de Sigatoka Negra del banano; Parcelamiento Caballo blanco, Retalhueleu. Coatepeque, Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- Dávalos, J. (2017). Evaluación de la incidencia del ozono sobre *Mycosphaerella fijiensis* (Sigatoka Negra) reproducida en condiciones in vitro en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

- Daza, F., & Nayive, I. (2017). Efectividad del uso de fungicidas sistémicos y de contacto para la prevención y control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en cultivos de *Musa paradisiaca* (plátano) en el municipio de San José del Guaviare. Cali, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ciencias Forestales.
- Duncan, J. (2017). Guide to Air Tractor AT-802/802A. Canberra, Australia: Air Tractor.
- Espinoza, R. (2017). Efecto fungistático de aceites minerales parafínicos para control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plantas de banano (*Musa spp.*). Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad Ciencias Agropecuarias.
- Flores, L. (2015). Aplicación aérea en caña de azúcar; Ingenio Santa Ana (2009-2012). La Asunción, Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- Gallegos, M. (2016). Evaluación de un coadyuvante con sistema de liberación de polímeros como alternativa para la reducción de aceite agrícola en el control de la Sigatoka negra, en la zona de Mariscal Sucre, Provincia del Guayas. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- García, E. (2018). 2017 se creció en volumen y rendimiento. Bananotas, ISSN-1390-521, 1(128), 1-52.
- Godoy, K. (2018). Análisis toxicológico y ecotoxicológico de los fungicidas en Guatemala. La Asunción, Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.

- Gómez, M. (2013). Mantenimiento y calibración de aspersores manuales en pequeños cultivos de banano y platano. Medellín, Colombia: Comunicaciones Augura.
- Granada, P., & Yanuzzelly, J. (2018). Aplicación de fungicidas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet.) mediante dos tipos de bomba en platilla de banano. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Guerrero, S. (2015). Diseño de una empresa de fumigación aérea con ultraligeros para optimizar cultivos tropicales. Ambato, Ecuador: Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Educación Comercial y Administración.
- Guevara, I. (2017). Análisis de regulación epigética del hongo *Mycosphaerella fijiensis* causante de la Sigatoka Negra. Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- Holguín, D., & Cancelado, J. (2014). Diseño conceptual de avión agrícola no tripulado. Bogotá, Colombia: Universidad de San Buenaventura. Facultad de Ingeniería.
- La Vanguardia. (2019). El plátano en riesgo por culpa del cambio climático. Obtenido de La Vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/natural/cambio-climático/20190506/462062336593/enfermedad-cultivo-platano-hongo-sigatoka-negra-cambio-climático.html>
- Leiva, D. (2013). Formulación de plaguicidas y mezclas de tanque. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Llarena, J. (2013). Efecto del uso del fungicida tridemorph como alternativa en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano. Cali, Colombia: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales.

- Loor, J. (2017). Respuesta de las plantas de banano (*Musa AAA Simmonds*, cultivar Williams) a las aspersiones foliares de diferentes fungicidas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Manzo, G., Orozco, M., Martínez, L., Garrido, E., & Canto, B. (2014). Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa sp.*) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, ISSN 0185-3309, 32(2), 89-107.
- Mendoza, R. (2017). Efectos biofungicidas de aceites esenciales para el control de sigatoka negra en el cultivo de banano. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Molina, J. (2018). Creación de sistema de rastreo satélital para personas con discapacidades físicas, mentales, visuales de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ingeniería.
- Moñar, P. (2013). Las fumigaciones aéreas y los daños que causan a la salud y medio ambiente en las zonas rurales de Santo Domingo. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Universidad Autónoma de los Andes. Facultad de Jurisprudencia.
- Morales, M. (2013). Implementación de una bomba de vacío para realizar procesos con materiales compuestos para los talleres del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Latacunga, Ecuador: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Nelida, B. (2019). El deshoje fitosanitario como alternativa para reducir la incidencia y severidad de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Ordoñez, J. (2017). Efecto del control de sigatoka negra, con un fungicida protectante aplicado bajo simulación de lluvia en una plantilla de banano. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Peña, J. (2014). Evaluación de la calidad de aplicación de plaguicidas en un cultivo de espinaca. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Pérez, W., & Forbes, G. (2017). Manejo integrado del tizón tardío. Centro Internacional de la papa, ISSN 978-92-9060-320-7, pp. 1-4.
- Quevedo , J., Infante , C., & García , M. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el área foliar de banano. Revista para la Transformación Agraria Sostenible, ISSN 2415-2862, 6(1), 128, 136.
- República del Ecuador. (2008). Elementos Constitutivos del Estado. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional de la República del Ecuador.
- Reyes, A. (2016). Vehículo teleoperado para dosificación de líquidos en cultivos de fase temprana. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, C. (2018). Implementación de sistema piloto automático en la labor de surqueo de caña. Escuintla, Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- Rotam Agro. (2015). Tribanex 86 OL. Guayaquil, Ecuador: Rotam Agro.
- Rubio, A. (2016). Evaluación del Fungicida orgánico Xilotrom en Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) bajo condiciones de campo y laboratorio. Quevedo,



- Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Ruíz, I. (2014). La ley de gestión ambiental y las fumigaciones aéreas en zonas bananeras del cantón Pueblo Viejo en el año 2011. Babahoyo. Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Jurídicas Sociales .
- Sabando, E. (2015). Fungicidas del grupo Triazoles para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plántulas de banano (*Musa paradisiaca*). Quito, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Sánchez, L. (2018). Plan de negocio para la creación de una empresa de fumigación aérea por helicóptero. Guayaquil, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Facultad de Administración.
- Santillán, D. (2017). Determinación de ingredientes activos utilizados en la preparación de cocteles para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Selva, B. (2016). Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y seguridad alimentaria. Escenarios bioclimáticos en bananos bajo efecto del cambio climático en Ciego de Ávila, Cuba. Journal of the Selva Andina Biosphere, ISSN 2308-3859, 4(2), 59-70.
- Sepúlveda, L. (2016). Caracterización fenotípica de *Mycosphaerella* y su relación con la sensibilidad a fungicidas en Colombia. Revista Mexicana de Fitopatología, ISSN 0185-3309, 34(1), 1-21.

- Sesquile, J. (2014). Evaluación de la calidad de aplicación de plaguicidas en un cultivo de espinaca. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Unisem. (2014). Semillas todo terreno. Obtenido de Unisem: <https://semillastodoterreno.com/2014/07/seleccione-la-boquilla-correcta>
- Urmeneta, B. (2014). GPS de precisión. Sevilla, España: Sistema de Información de Territorial de Navarra.
- Valverde, M. (2019). Manejo y prevención de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano, en la hacienda Banaloli 1, zona de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Vézina, A., & Baena, M. (2016). Tecnologías para reducir la aplicación de fungicidas. Obtenido de Promusa: <http://www.promusa.org/Tecnolog%C3%ADas+para+la+reducir+la+aplicaci%C3%B3n+de+fungicidas#GPS>
- Villamar, D. (2018). Diseño de un sistema dinámico para fumigar parcelas de banano usadas en la evaluación de fungicidas. Guayaquil, Ecuador: Universidad Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica.

## 7. Glosario

**Abaxial:** Órgano o parte de un órgano más alejado con respecto a un ejemplo en las hojas la cara abaxial corresponde al envés; se opone a adaxial.

**Ascomiceto:** Los ascomicetos o Ascomiceta constituyen una división dentro del reino Fungi. Son hongos con micelio tabicado que producen ascosporas endógenas

**Anamorfo:** Estado imperfecto de un hongo el cual solo se reproduce en forma asexual.

**Ascosporas:** Espora de los hongos ascomicetos producida en un saco (receptáculo) que contiene ocho ascosporas por meiosis.

**Conidias:** Espora asexual existente en hongos. Los conidios a veces se denominan **conidiósporos**. También se llaman mitósporos debido al proceso por el cual se forman.

**Cercosporas:** Es un género de hongos ascomicetos. Varias especies de este género causan enfermedades de las plantas, en su mayoría formas de mancha de la hoja. Es un género relativamente bien estudiado de los hongos.

**Esporodoquia:** es un tipo de estructura reproductiva asexual de hongos imperfectos. Sirve como carácter taxonómico para el orden *Moliniales*.

**Peritecios:** Ascoma de origen sexual, con forma de botella, con un cuello más o menos largo y un ostíolo en el extremo, con la pared formada por hifas. En la base de la cavidad se ubica el himenio con los ascos.

**Policíclica:** Enfermedad fúngica donde el agente causal es capaz de producir esporas y reinfectar plantas durante una temporada de crecimiento.

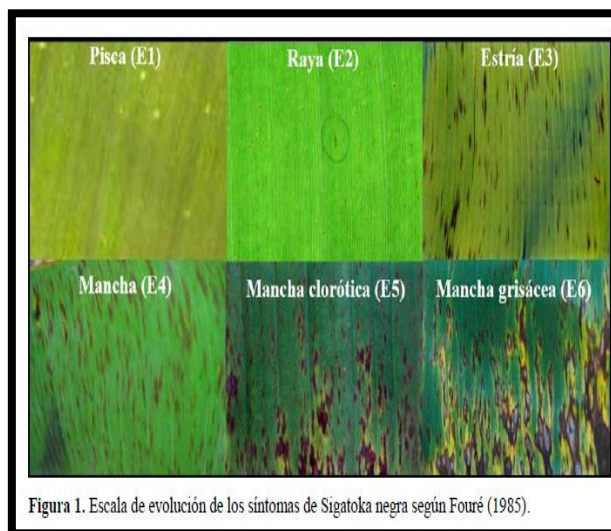
# ANEXOS



### Anexo N° 1: Plantación afectada por sigatoka negra

**Fuente:** Ecofloragro (2016)

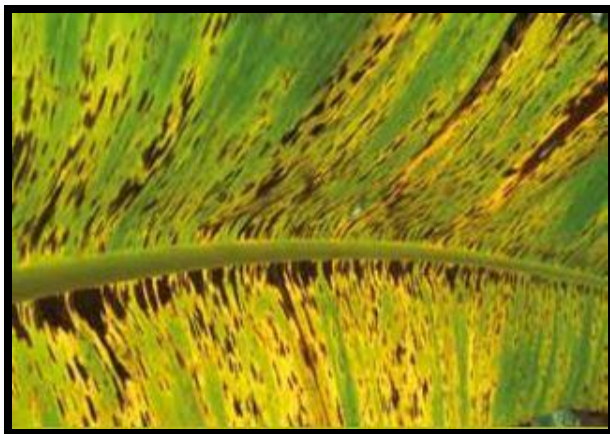
<http://www.ecofloragro.com/la-sigatoka-negra-enemiga-permanente-del-cultivo-de-banano/>



### Anexo N° 2: Estadios de la sigatoka negra

**Fuente:** Scientia Agropecuaria (2017)

<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n1/a03v8n1.pdf>



**Anexo N° 3:** Hoja afectada por sigatoka negra

**Fuente:** Manejos de las sigatokas del banano (2014)

[http://www.it2.fr/wp-content/uploads/2014/11/DOC\\_IT2\\_2014-Fiche-manuel-BGM-n1-Cercosporioses\\_ESP\\_BD1.pdf](http://www.it2.fr/wp-content/uploads/2014/11/DOC_IT2_2014-Fiche-manuel-BGM-n1-Cercosporioses_ESP_BD1.pdf)



**Anexo N° 4:** Avioneta de fumigación

**Fuente:** Obsa (2018)

<https://obsa.com.ec/ob/es/index.php/apacsa>



**Anexo N° 5:** Avión Turbo Thrush

**Fuente:** General Aviation (2017)

<https://generalaviationnews.com/2017/05/25/thrush-aircraft-hits-milestone/>



**Anexo N° 6:** Boquillas de fumigación aérea

**Fuente:** Aguas Negras (2012)

<https://sites.google.com/site/fumigacionesaereaschile/equipamiento-aviones-aspersores>



**Anexo N° 7:** Atomizador Micronair Au 5000

**Fuente:** Microin Group (2015)

[https://www.microngroup.com/micronair\\_au5000\\_atomiser](https://www.microngroup.com/micronair_au5000_atomiser)



**Anexo N° 8:** Llave reguladora

**Fuente:** Recambios Berengeno (2015)

<https://recambiosberengeno.com/mandos/11337-mando-regulador-de-presion-bzm50.html>





**Anexo Nº 9: Boom de fumigación**

**Fuente:** Bigstockphoto (2004)

<https://www.bigstockphoto.com/es/image-69477928/stock-photo-crop-duster-spray-nozzles>



**Anexo Nº 10: Air Tractor**

**Fuente:** OneSpotter 2013

<https://onespotter.com/manufacture/126/Air%20Tractor>



**Anexo N° 11:** Registro de una aplicación área

**Fuente:** Adaptado por El autor

**Tabla N° 1:** Principales fungicidas comerciales para control de *Mycosphaerella fijiensis* en banano

	ENFERMEDAD	DOSIS	FABRICANTE	CASA COMERCIAL
<b>FUNGICIDAS SISTEMICOS</b>				
<b>Volley</b>	Sigatoka negra	1 l/ha	Basf	Ecuaquimica
<b>Silvacur</b>	Sigatoka negra	0.5l/ha	Bayer	Bayer
<b>Opal</b>	Sigatoka negra	1.25 l/ha	Basf	Ecuaquimica
<b>Folicur</b>	Sigatoka negra	0.4 l/ha	Bayer	Bayer
<b>Tridemorph</b>	Sigatoka negra	0.5 l/ha	Basf	Adama
<b>FUNGICIDAS DE CONTACTO</b>				
<b>Dithane</b>	Sigatoka negra	3.0-5.0 l/ha	Dow AgroSciences	Farmagro
<b>Bravo 720</b>	Sigatoka negra	65 -1,5 kg/ ha	Syngenta	Syngenta
<b>Siganex</b>	Sigatoka negra	0,5 – 0,7 L / ha	Bayer	Bayer
<b>Opus team</b>	Sigatoka negra	1.25 l/ha	Basf	Edifarm

**Fuente:** Adaptado por El Autor