

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a crown on top, a lion on the right, and a figure on the left. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin text "CAETERA SPERABIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M.) EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.) Y SU PROPUESTA DE MANEJO EN LA FINCA "LA MOYUTECA", PARCELAMIENTO "LA BLANCA", OCÓS, SAN MARCOS.

ANGEL ALBERTO VALLE PÉREZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var.
difformis M.) EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.) Y SU PROPUESTA DE MANEJO EN
LA FINCA “LA MOYUTECA”, PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN
MARCOS.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ANGEL ALBERTO VALLE PÉREZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnaldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	P. Contador Carlos Alberto Monterroso González
SECRETARIO	Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre de 2009

Guatemala, noviembre de 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M.) EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.) Y SU PROPUESTA DE MANEJO EN LA FINCA “LA MOYUTECA”, PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Angel Alberto Valle Pérez

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS

Gracias Señor, por permitirme compartir esta meta con tu persona y mis seres queridos. Por ser la luz que me guía cada día y crecer como persona a tu lado.

MI MADRE

Liana Marlena Pérez Poggio, por ser lo más lindo de mi vida, por tus cuidados, amistad, confianza y amor. Tu sacrificio valió la pena Mami, que bendición es tenerte y el privilegio más grande es decirte Te Amo, misión cumplida.

MI PADRE

Angel Alberto Valle Santos, porque es un orgullo decir que sos mi padre, por tu amor reflejado en la persona que soy. Gracias por todo lo que has hecho por mí, por tus consejos, apoyo y por demostrarme que Sí se puede. Te amo.

MIS HERMANAS

Ana Lucía y Sofía Anaité, les deseo lo mejor del mundo, sé que las voy a ver alcanzando sus metas, sigan adelante, las quiero mucho.

MIS ABUELITOS

Graciela Poggio, Hilda Santos, Angel Valle, por darme la fuerza de seguir adelante, compartir sus experiencias y consejos y hacer de mí una mejor persona. Especialmente a mi abuelito **Enrique Pérez** (QEPD) que en el cielo esta festejando este logro, siempre estarás en mi mente. ¡Como me haces de falta!

MIS TÍOS Y TÍAS

Con mucho cariño, gracias por estar siempre pendientes de mi y por su apoyo en lograr una de mis metas.

**MIS PRIMOS Y
PRIMAS**

Mauricio, Fernando, Adriana, Enrique Alejandro, Carlos Enrique, Melany Alejandra, Margarita, Valeria, María Belén, Ventura, Sebastián, Emiliano y Luz María.

**MI FAMILIA EN
GENERAL**

Por su cariño incondicional y por estar siempre a mi lado. Que Dios los bendiga a todos, los quiero mucho.

ESPECIALMENTE

A Claudia Guerra Bone, con mucho cariño, gracias por ser una motivación para seguir adelante, por tu confianza, apoyo y amistad. Te deseo lo mejor en tu vida y que logres todas las metas planteadas. Te quiero mucho.

MIS AMIGOS Y AMIGAS

Antonio Rodríguez, Mauricio Franco, Estuardo Vela, Haviv Abularach, Karla Martínez, Luis Alberto Hernández, Selvin Vásquez, Luis Córdón, Juan Carlos Pérez, Luis Ceballos, Marissa Montepeque, Oswal Castillo, Carlos Martínez, Gabriel León, Mauricio Warren, Rita Estrada, Marvin Vásquez, Ignacio Flores, Juan José Mejía, Álvaro Samayoa, Giovanni Portillo, Antonio Castellanos, Juan Carlos Roque, Álvaro Aceituno. Gracias por estar ahí siempre cuando los necesite, tantas tristezas y enojos que hicieron que creciera aún más nuestra amistad, por tantos momentos de alegría que juntos compartimos y seguiremos compartiendo. Les deseo lo mejor en sus vidas y que cada uno de sus sueños se haga realidad. Los quiero mucho.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS

Por hacer que este sueño se haga realidad. Porque sos el amigo que me dio la fuerza y la sabiduría para seguir adelante, gracias Señor.

MI FAMILIA

Por motivarme a seguir adelante, le doy gracias a Dios por haberme dado la dicha de tenerlos a mi lado.

GUATEMALA

Tierra de ganadores, con bellos paisajes y lugares únicos, contribuiré a enriquecer esta joya que Dios nos dio.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Mi Alma Mater, orgullo nacional, Gloriosa Tricentenaria, siempre llevaré en alto tu nombre.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Gracias por brindarme los mejores años de mi vida, tantas noches de desvelo y angustias, pero sobre todo tantas alegrías que me has dado. La Facultad número uno, la mejor de todas, la que siempre se pronuncia, es un honor ser un egresado tuyo. Te llevo siempre presente.

**PERSONAL DE SOLUCIONES
ANALÍTICAS**

En especial a Cristian Rodríguez, Luis Orellana, Raúl Chacón, Julio del Cid, Isabel Godoy, Maylin Fuentes, Héctor Donis, Marisol Robles, Carolina Caballeros y Fernando Samayoa. Por todo el apoyo y confianza recibida.

AGRADECIMIENTOS

A

DIOS

Señor, gracias por tantas bendiciones, por guiarme en mi vida y darme la fortaleza para afrontar los momentos difíciles.

MIS PADRES

Porque son el motivo más importante por el que lucho día con día, el pilar más sólido en mi vida. Gracias por darme la oportunidad de culminar mis estudios y motivarme a seguir adelante, los amo.

FAMILIA RODAS SANTOS

Gracias totales por hacerme sentir en casa, este sueño fue posible gracias a ustedes. Que Dios derrame bendiciones sobre todos ustedes, especialmente a mi **Tía Aída** y **Pepe**.

LAS FAMILIAS

Rodríguez Vásquez, Pérez Trujillo y Hernández Navas por todos los momentos compartidos durante estos años.

Ing. Agr. RAÚL CHACÓN

Por el apoyo y confianza depositada en mi persona. Gracias por tu amistad sincera y por compartir tus experiencias conmigo.

Ing. Agr. PEDRO PELÁEZ

Por el apoyo brindado en la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado y en la elaboración del presente documento.

Dr. DAVID MONTERROSO

Por su valiosa asesoría y colaboración en la elaboración de este documento. Porque uno debe de abrir su forma de pensamiento y atreverse a salirse de lo habitual.

CATEDRÁTICOS

Rolando Lara, Waldermar Nufio, Willy Quintana, Walter Reyes, Myrna Ayala, Oscar Medinilla, Aníbal Sacbajá, David Monterroso, Francisco Vásquez, Mario Alberto Méndez, Álvaro Hernández, Enrique Flores, Marco Estrada Muy, Rolando Barrios, David Juárez, por compartir sus conocimientos y experiencias para mi formación académica.

“LA BANDA”

Mil gracias por estar ahí siempre, la amistad incondicional que tenemos no tiene precio, gracias por las tristezas y emociones compartidas, pero sobretodo por tantos momentos alegres que hemos pasado. Que Dios los bendiga y permita que sigamos siempre todos unidos.

SEÑORES

Ricardo Valenzuela, Julio Peña y Calimán por su amistad, consejos y momentos compartidos.

A todas las personas que ayudaron en la elaboración de este documento y en mi formación académica, mil gracias por todo su apoyo y saben que pueden contar conmigo siempre.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i> MORELET) EN PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i> L.), EN LA FINCA “LA MOYUTECA”, PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS	
1.1 Presentación.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 Metodología.....	4
1.3.1 Fase de gabinete I.....	4
1.3.1.1 Revisión de literatura	4
1.3.1.2 Determinación del área de estudio	4
1.3.1.3 Ubicación del área de estudio.....	4
1.3.1.4 Elaboración de la boleta de campo.....	4
1.3.2 Fase de campo.....	5
1.3.2.1 Caminamiento por la plantación	5
1.3.2.2 Selección de plantas evaluadas	5
1.3.2.3 Evaluación del estado de infección de la sigatoka negra	5
A. Variables evaluadas.....	6
1.3.3 Fase de gabinete II.....	6
1.4 Resultados.....	7
1.5 Conclusiones	8
1.6 Bibliografía.....	9
CAPÍTULO II	10
MANEJO ALTERNATIVO DE LA SIGATOKA NEGRA CAUSADA POR EL HONGO <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i> MORELET EN PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i> L.), PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS	
2.1 Introducción	11
2.2 Definición del problema	13
2.3 Justificación	14
2.4 Marco teórico.....	15
2.4.1 Marco conceptual	15
2.4.1.1 Cultivo del plátano	15
A. Origen	15
B. Clasificación.....	15
C. Morfología.....	16
a. Sistema radical.....	16
b. Estructura subterránea del tallo.....	16
c. Tallos aéreos.....	17
d. Vainas y hojas.....	18
e. Inflorescencia	19

D.	Requerimientos edafoclimáticos	19
E.	Propagación	20
a.	Propagación <i>in vitro</i>	20
b.	Propagación rápida	20
F.	Preparación del terreno.....	21
G.	Establecimiento de la plantación.....	21
H.	Siembra.....	21
a.	Sistema de siembra al cuadrado	21
b.	Sistema de siembra hexagonal (Tresbolillo).....	22
c.	Sistema de siembra en doble surco	22
I.	Prácticas culturales	22
a.	Control de malezas	23
b.	Deshije	24
c.	Deshoje	25
d.	Fertilización	26
J.	Enfermedades.....	27
2.4.1.2	Sigatoka negra.....	28
A.	Historia y distribución	28
B.	Clasificación	30
C.	Organismo causal	30
D.	Ciclo de vida	34
E.	Planta huésped	36
F.	Áreas de infección.....	36
G.	Condiciones favorables para el desarrollo del inóculo	37
H.	Sintomatología	37
I.	Epidemiología	38
J.	Evaluación del estado de infección	41
a.	Metodología de Stover modificada por Gauhl	41
b.	Grados de severidad (Escala de Stover modificada por Gauhl).....	42
K.	Metodología para la evaluación de sigatoka negra en el campo	43
a.	Numeración de las hojas de la planta	43
b.	Total de hojas por planta (PHP)	45
c.	Hoja más joven afectada por el hongo (HJA)	45
d.	Hoja más joven con pizca causada por el hongo (HJP)	45
e.	Hoja más joven con estría causada por el hongo (HJE)	45
f.	Hoja más joven con mancha causada por el hongo (HJM)	45
g.	Porcentaje de hojas infectadas por grado (% H.I.)	46
h.	Promedio ponderado de infección (P.P.I.).....	47
L.	Control cultural de la enfermedad	47
M.	Control biológico de la enfermedad.....	48
a.	Uso de microorganismos eficaces (EM).....	48
N.	Control químico de la enfermedad	49
a.	Ejemplos de fungicidas para el control de sigatoka negra	51
b.	Resistencia a fungicidas.....	55
2.4.2	Marco referencial.....	56
2.4.2.1	Historia.....	56

2.4.2.2	Localización	56
2.4.2.3	Vías de acceso	58
2.4.2.4	Clima	58
2.4.2.5	Suelos.....	58
2.4.2.6	Recursos hídricos	59
2.4.2.7	Producción de plátanos en Guatemala	60
2.4.2.8	Importaciones y exportaciones de plátano en Guatemala	61
2.4.2.9	Variedades cultivadas de plátano en Guatemala.....	63
2.4.2.10	El cultivo del plátano en el parcelamiento “La Blanca”	63
2.4.2.11	Productos biológicos para el manejo alternativo de sigatoka negra	64
A.	Dosificación de productos	66
B.	Aplicaciones de los productos biológicos.....	66
2.5	Hipótesis.....	68
2.6	Objetivos.....	68
2.6.1	Objetivo general	68
2.6.2	Objetivos específicos.....	68
2.7	Metodología.....	69
2.7.1	Fase de gabinete I.....	69
2.7.1.1	Revisión de literatura	69
2.7.1.2	Determinación del área de estudio	69
2.7.1.3	Ubicación de la unidad experimental	69
A.	Tamaño de la unidad experimental.....	69
2.7.1.4	Número de repeticiones.....	70
2.7.1.5	Selección de plantas evaluadas	70
A.	Identificación de plantas evaluadas	71
2.7.1.6	Elaboración de la boleta de campo.....	71
2.7.2	Fase de laboratorio.....	72
2.7.2.1	Dosificación de productos en el manejo alternativo.....	72
2.7.3	Fase de campo.....	73
2.7.3.1	Preparación de la mezcla a aplicar en el manejo alternativo	73
2.7.3.2	Aplicación de los productos en el manejo alternativo	73
2.7.3.3	Evaluación de la incidencia de sigatoka negra	73
A.	Variables evaluadas.....	74
2.7.3.4	Saneamiento de la plantación	75
2.7.3.5	Deshije de la plantación.....	75
2.7.3.6	Análisis de suelo y planta	76
2.7.4	Fase de gabinete II.....	76
2.7.4.1	Análisis de los resultados	76
2.7.4.2	Determinación de la tasa de crecimiento del patógeno	76
2.7.4.3	Análisis económico	77
A.	Relación beneficio / costo (B/C) y rentabilidad.....	77
2.8	Recursos	78
2.9	Resultados y su discusión	79
2.9.1	Variables evaluadas del follaje	79
2.9.1.1	Promedio de hojas por planta (PHP)	79
2.9.1.2	Hoja más joven afectada (HJA)	80

2.9.1.3	Hoja más joven con pizca (HJP)	81
2.9.1.4	Hoja más joven con estría (HJE)	82
2.9.1.5	Hoja más joven con mancha (HJM)	83
2.9.1.6	Porcentaje de hojas infectadas (% H.I.)	84
2.9.1.7	Promedio ponderado de infección (P.P.I.)	85
2.9.1.8	Hojas emitidas por planta (HEmP)	86
2.9.1.9	Hojas eliminadas por planta (HEP)	87
2.9.1.10	Hojas funcionales a cosecha (HFC)	88
2.9.2	Variables evaluadas de la cosecha de frutos	89
2.9.2.1	Peso promedio del racimo (PPR)	90
2.9.2.2	Peso promedio de la mano (PPM)	91
2.9.2.3	Promedio de manos por racimo (PMR)	92
2.9.2.4	Promedio de frutos por mano (PFM)	93
2.9.2.5	Grado promedio del fruto (GPF)	94
2.9.2.6	Longitud promedio del fruto (LPF)	95
2.9.3	Fungicidas químicos utilizados en el manejo convencional	96
2.9.4	Resumen de aplicaciones en los manejos alternativo y convencional	97
2.9.5	Tasa de crecimiento de la sigatoka negra	98
2.9.6	Relación beneficio / costo (B/C) y rentabilidad	101
2.10	Conclusiones	102
2.11	Recomendaciones	104
2.12	Bibliografía	105
2.13	Apéndice	108
CAPÍTULO III		109
SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA SOLUCIONES ANALÍTICAS S. A. DURANTE EL PERÍODO NOVIEMBRE 2008 A MAYO 2009		
3.1	Servicio I	110
3.1.1	Antecedentes	110
3.1.2	Objetivo	112
3.1.3	Metodología	113
3.1.3.1	Fase de gabinete I	113
A.	Revisión de literatura	113
B.	Selección del área de ensayo	113
C.	Reconocimiento del área de ensayo	113
D.	Selección de plantas evaluadas	114
E.	Elaboración de la boleta de campo	114
3.1.3.2	Fase de laboratorio	114
A.	Dosificación de los productos con microorganismos eficaces	114
3.1.3.3	Fase de campo	116
A.	Preparación de la mezcla de los productos biológicos	116
B.	Aplicación de la mezcla de los productos biológicos	116
C.	Saneamiento de la plantación	116
D.	Evaluación de la emisión foliar	116
3.1.3.4	Fase de gabinete II	117
3.1.4	Resultados	118
3.1.5	Conclusiones	121

3.2 Servicio II.....	122
3.2.1 Antecedentes	122
3.2.2 Objetivos	123
3.2.3 Metodología.....	124
3.2.3.1 Fase de gabinete I.....	124
A. Revisión de literatura	124
B. Selección de clientes en la base de datos	124
C. Reconocimiento del área de ensayo.....	124
D. Selección de macetas	125
E. Elaboración de la boleta de campo.....	125
3.2.3.2 Fase de laboratorio.....	125
A. Dosificación de los productos con microorganismos eficaces	125
3.2.3.3 Fase de campo	127
A. Preparación de la mezcla de los productos biológicos.....	127
B. Aplicación de la mezcla de los productos biológicos.....	127
C. Saneamiento de la plantación.....	127
D. Evaluación de incidencia de sigatoka negra	127
3.2.3.4 Fase de gabinete II	128
3.2.4 Resultados	128
3.2.5 Conclusiones	132
3.3 Servicio III.....	133
3.3.1 Antecedentes	133
3.3.1.1 Muestreo de suelos	133
3.3.1.2 Muestreo foliar	136
3.3.1.3 Identificación de las muestras.....	138
3.3.2 Objetivos	140
3.3.3 Metodología.....	140
3.3.4 Resultados	141
3.3.5 Conclusiones	142
3.3.6 Bibliografía	143

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1 Clasificación taxonómica del plátano.....	15

Cuadro 2	Densidad de plantas por hectárea según el número de plantas por macolla en un sistema de siembra al cuadrado.	22
Cuadro 3	Clasificación taxonómica del hongo causante de la sigatoka negra.	30
Cuadro 4	Escala visual para evaluar el grado de infección de sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i> Morelet) en el cultivo de plátano.	42
Cuadro 5	Descripción de los fungicidas Amistar 50 WG y Manzate 43 SC.	51
Cuadro 6	Descripción de los fungicidas Impulse 80 EC y Baycor 50 SC.	52
Cuadro 7	Descripción de los fungicidas Sico 250 EC y Stratego 25 EC.	53
Cuadro 8	Descripción de los fungicidas Silvacur combi 30 EC y Tega 25 SC.	54
Cuadro 9	Área cosechada, producción y rendimiento del cultivo del plátano en Guatemala durante el período 2003 – 2007.	60
Cuadro 10	Exportaciones de plátano en Guatemala durante el período de 2001 a 2009.	62
Cuadro 11	Importaciones de plátano en Guatemala durante el período de 2001 a 2009.	63
Cuadro 12	Detalle de las aplicaciones al suelo del manejo alternativo.	66
Cuadro 13	Detalle de las aplicaciones al follaje del manejo alternativo.	66
Cuadro 14	Dosificaciones de los productos biológicos para aplicaciones al suelo en la parcela con manejo alternativo.	72
Cuadro 15	Dosificaciones de los productos biológicos para aplicaciones al follaje en la parcela con manejo alternativo.	72
Cuadro 16	Datos de cosecha en el manejo alternativo de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”, durante el año 2008.	89
Cuadro 17	Datos de cosecha en el manejo convencional de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”, durante el año 2008.	89
Cuadro 18	Resumen de aplicaciones en los manejos para sigatoka negra en la finca “La Moyuteca” durante la época lluviosa del año 2008.	97
Cuadro 19	Tasa de crecimiento (r) de la sigatoka negra.	98
Cuadro 20	Relación beneficio / costo y rentabilidad de los manejos evaluados.	101
Cuadro 21	Dosificación utilizada en la parcela demostrativa.	115
Cuadro 22	Promedio de hojas por planta y por semana en la finca “Primavera”.	118
Cuadro 23	Dosificación utilizada en las 8 macetas demostrativas.	126
Cuadro 24	Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) y del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) en las macetas demostrativas.	128
Cuadro 25	Promedio ponderado de infección (P.P.I.) en las macetas demostrativas.	131
Cuadro 26	Cultivos en los que se realizaron muestreos de suelos y/o foliares.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

Página

Figura 1	Plantación de plátano en la finca “La Moyuteca” con presencia de sigatoka negra en el follaje.	5
Figura 2	Parámetros para medir la incidencia de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”.....	7
Figura 3	Distribución de la sigatoka negra en Mesoamérica a partir de la finca “Guaruma I” en Honduras	29
Figura 4	A. Peritecio seccionado mostrando las ascas que contiene 8 ascosporas. B. Ascosporas emergiendo del peritecio	31
Figura 5	Esquema de un corte transversal del espermatogonio	32
Figura 6	Esporodocio con conidióforos y conidios individuales	33
Figura 7	Ciclo de vida de la sigatoka negra	35
Figura 8	Estados de avance de los síntomas de sigatoka negra	40
Figura 9	Escala de Stover modificada por Gauhl	43
Figura 10	Numeración de las hojas de plátano	44
Figura 11	Ejemplo para la determinación de la hoja más joven manchada por sigatoka negra en plátano	46
Figura 12	Ubicación de la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocós, San Marcos, Guatemala.	57
Figura 13	Croquis del área de investigación.....	70
Figura 14	Identificación de las plantas de plátano en las parcelas experimentales.....	71
Figura 15	Evaluación realizada en el follaje de una planta de plátano.....	74
Figura 16	Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) por semana en los manejos para sigatoka negra.	79
Figura 17	Comportamiento de la hoja más joven afectada (HJA) por semana en los manejos para sigatoka negra.....	80
Figura 18	Comportamiento de la hoja más joven con pizca (HJP) por semana en los manejos para sigatoka negra.....	81
Figura 19	Comportamiento de la hoja más joven con estría (HJE) por semana en los manejos para sigatoka negra.	82
Figura 20	Comportamiento de la hoja más joven con mancha (HJM) por semana en los manejos para sigatoka negra.	83
Figura 21	Comportamiento del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) por semana en los manejos para sigatoka negra.	84
Figura 22	Comportamiento del promedio ponderado de infección (P.P.I.) por semana en los manejos para sigatoka negra.	85
Figura 23	Total de hojas emitidas por planta (HEmP) en cada uno los manejos para sigatoka negra.	86
Figura 24	Total de hojas eliminadas por planta (HEP) en cada uno los manejos para sigatoka negra.	87
Figura 25	Total de hojas funcionales a cosecha (HFC) en cada uno los manejos para sigatoka negra.	88
Figura 26	Peso promedio del racimo (PPR) en cada uno los manejos para sigatoka negra.	90
Figura 27	Peso promedio de la mano (PPM) en cada uno los manejos.....	91
Figura 28	Promedio de manos por racimo (PMR) en cada uno los manejos	92
Figura 29	Promedio de frutos por mano (PFM) en cada uno los manejos	93

Figura 30	Grado promedio del fruto (Diámetro) (GPF) en cada uno los manejos para sigatoka negra.	94
Figura 31	Longitud promedio del fruto (LPF) en cada uno los manejos	95
Figura 32	Distribución de la enfermedad en el tiempo de acuerdo al manejo aplicado.	99
Figura 33	Distribución linear de la enfermedad de acuerdo al manejo aplicado.	100
Figura 34	Plantas de banano antes de iniciar el ensayo.	114
Figura 35	Estados de hoja candela o cigarro en Musáceas.	117
Figura 36	Promedio de hojas por planta en el ensayo realizado en la finca “Primavera”	118
Figura 37	Promedio de hojas por semana en el ensayo realizado en la finca “Primavera”	119
Figura 38	Hoja candela o cigarro en las plantas de banano en la finca “Primavera”	120
Figura 39	Plantas de banano al término del ensayo en la finca “Primavera”	120
Figura 40	Área del ensayo con las macetas con banano.	125
Figura 41	Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) por semana en las macetas demostrativas.	129
Figura 42	Comportamiento del porcentaje hojas infectadas (% H.I.) por semana en las macetas demostrativas.	130
Figura 43	Promedio ponderado de infección (P.P.I.) en las macetas demostrativas.	131
Figura 44	Patrones de muestreo utilizados en el muestreo de suelos.	135
Figura 45	Muestreo de suelos realizado en plátano en Ocós, San Marcos.	142

ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M.) EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.) Y PROPUESTA DE MANEJO EN LA FINCA “LA MOYUTECA”, PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS

STATE OF INFECTION OF THE BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M.) IN PLANE TREE (*Musa paradisiaca* L.) AND OFFER OF MANAGING IN THE ESTATE “LA MOYUTECA”, PARCELING “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS

RESUMEN

Mediante un acuerdo entre la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la empresa Soluciones Analíticas S. A., se autorizó realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) durante el período agosto 2008 a mayo 2009 en la división agrícola de la empresa antes citada. Soluciones Analíticas S. A. es una empresa privada que se dedica a encontrar innovaciones tecnológicas, así como servicios de consultoría, asesoría y análisis en la agricultura, industria y ambiente. En el área de agricultura, se busca promover nuevos productos y técnicas para los cultivos, que favorezcan su manejo en los aspectos de nutrición, protección vegetal y sistemas de riego.

Guatemala, un país que posee variedad de condiciones edafoclimáticas para el desarrollo de los cultivos agrícolas, tiene que buscar constantemente nuevas técnicas y productos que contribuyan al desarrollo del país y fortalezcan la economía de los agricultores. Entre los principales cultivos que Guatemala posee se encuentran los bananos y los plátanos, ambos miembros de la familia de las Musáceas, los cuales para el año 2008 generaron divisas de US\$ 367,929,806.00 para la economía nacional, solamente superados por el café y la azúcar.

Como todo cultivo agrícola, el plátano y el banano son amenazados por varias enfermedades que causan fuertes pérdidas económicas para los agricultores, siendo la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* M.) la más devastadora enfermedad que ataca el follaje de éstas Musáceas. Es por ello que Soluciones Analíticas S. A. se planteó el interés de implementar un manejo alternativo con productos biológicos para la sigatoka negra en las Musáceas, que contribuya a reducir los índices de infección de la enfermedad, mejore la producción y que sea amigable con el ambiente.

Para la implementación de dicho manejo alternativo se seleccionó la plantación de plátano de la finca “La Moyuteca”, ubicada en el parcelamiento “La Blanca”, Ocosingo, San Marcos, en la cual se elaboró el diagnóstico del estado de infección de la enfermedad, confirmándose la necesidad de encontrar un manejo alternativo al manejo convencional con productos químicos utilizado por el productor.

Al ser implementado el manejo alternativo se demuestra que en base a la utilización de los productos biológicos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano, se obtiene un promedio ponderado de infección (P.P.I.) de 0.54, comparado con 0.60 del manejo convencional, presentando 1.15 lesiones nuevas por día por cada 100 lesiones existentes contra 1.58 lesiones nuevas por día por cada 100 lesiones existentes en el manejo convencional. El ángulo de retraso de la epidemia o diferencia entre las tasas de crecimiento (r) es de 0.43 % a favor del manejo convencional, indicando mayor incidencia de la enfermedad en este manejo, demostrando el efecto positivo de los microorganismos en el manejo alternativo de la enfermedad con la mitad de aplicaciones del manejo convencional basado en productos químicos.

Entre los servicios realizados dentro del Ejercicio Profesional Supervisado se encuentra la implementación de ensayos con microorganismos eficaces para determinar su influencia en el manejo que ejercen contra la sigatoka negra y la emisión foliar en el banano, así como actividades de muestreos de suelos y muestreos foliares en distintas regiones del país

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA
(*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* MORELET) EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca*
L.), EN LA FINCA “LA MOYUTECA”, PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN
MARCOS**

1.1 Presentación

Soluciones Analíticas S. A. es una empresa privada que constantemente busca técnicas y productos innovadores para optimizar los recursos y maximizar la ganancia de cada uno de sus clientes en las áreas de agricultura, industria y ambiente. A través de la mejora continua, los valores de ética y responsabilidad son la base para lograr una excelencia profesional apoyada en características claves como lo son la preparación técnica y profesional, proactividad, tenacidad, creatividad y detalle para la atención al cliente.

A través del Área de Investigación Agrícola y Biotecnología de la empresa, se busca promover nuevos productos y técnicas para los cultivos agrícolas que favorezcan el manejo de los cultivos en los aspectos agronómicos de nutrición, protección vegetal y sistemas de riego.

Entre los principales cultivos de Guatemala se encuentran los de la familia de las Musáceas, específicamente en el género *Musa*, esta el plátano (*Musa paradisiaca* L.), que es una de las especies cultivadas más utilizadas para la alimentación humana, tanto en presentaciones en fresco como en seco. Esta especie ha adquirido en las últimas décadas una gran importancia económica por concepto de exportación hacia los mercados de Europa y Norte América. Como cualquier cultivo agrícola, el plátano presenta problemas de plagas y enfermedades, siendo la llamada sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la más devastadora enfermedad que ataca el follaje de la planta, con repercusiones en el fruto de la misma.

Es por ello que en Soluciones Analíticas S. A. se planteó el interés de realizar el presente diagnóstico para determinar el estado de infección de esta enfermedad en la plantación de plátano de la finca “La Moyuteca” para observar, analizar y determinar si es necesario impulsar una mezcla de productos biológicos que representen un manejo alternativo de la enfermedad en las Musáceas en forma amigable con el ambiente, dado la importancia que tienen este grupo de plantas en la economía nacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- ④ Elaborar el diagnóstico del estado de infección de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en plátano (*Musa paradisiaca* L.), en la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocos, San Marcos.

1.2.2 Específicos

- ④ Evaluar el estado de infección de sigatoka negra en la plantación de plátano chifle de la finca “La Moyuteca”.
- ④ Determinar la magnitud del daño al follaje por sigatoka negra de la plantación de plátano chifle de la finca “La Moyuteca”.
- ④ Establecer si es necesario implementar un manejo alternativo para la sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”.

1.3 Metodología

1.3.1 Fase de gabinete I

1.3.1.1 Revisión de literatura

Se consultaron libros, tesis, documentos, páginas Web, revistas, con literatura correspondiente al cultivo del plátano y a la enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la sigatoka negra. La información recabada sirvió de base para elaborar el presente diagnóstico de este problema fitosanitario en la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocos, San Marcos.

1.3.1.2 Determinación del área de estudio

En julio de 2008 se realizó una búsqueda en la base de datos de los clientes de Soluciones Analíticas S. A. que son productores de Musáceas en la costa del departamento de San Marcos.

A partir de la búsqueda en la base de datos, se realizó el contacto con los encargados de la finca “La Moyuteca” para observar el estado fitosanitario de la plantación y establecer si es posible implementar un manejo alternativo para la sigatoka negra con productos biológicos en sus terrenos, encontrándose una respuesta positiva de su parte.

1.3.1.3 Ubicación del área de estudio

La finca “La Moyuteca” se encuentra en el parcelamiento “La Blanca”, localizado en el municipio de Ocos, en el departamento de San Marcos; en una zona intermedia entre los ríos Ocosito o Tilapa y El Naranjo. Se localiza geográficamente en las coordenadas 14°32'07.4” Latitud Norte y 92°09'03.7” Longitud Oeste, respecto al Meridiano de Greenwich, a una altitud de 10 m.s.n.m.

1.3.1.4 Elaboración de la boleta de campo

Para determinar la magnitud del daño al follaje por sigatoka negra en la plantación de plátano en la finca “La Moyuteca”, se elaboró una boleta de campo tomando en cuenta el número de planta evaluada, la cantidad de hojas presentes en cada una y el síntoma y grado de infección de sigatoka negra que presentaba cada hoja.

1.3.2 Fase de campo

1.3.2.1 Caminamiento por la plantación

Se realizó un caminamiento dentro de la plantación de plátano junto con personal de Soluciones Analíticas S. A. y el propietario del lugar, quien iba enseñando la plantación de plátano y mostrando los problemas que presentan algunos lotes por el ataque de sigatoka negra como se puede observar en la Figura 1.



Figura 1 Plantación de plátano en la finca “La Moyuteca” con presencia de sigatoka negra en el follaje.

1.3.2.2 Selección de plantas evaluadas

Para la determinación del estado de infección de sigatoka negra se seleccionaron 30 plantas de plátano al azar dentro de la plantación de la finca “La Moyuteca”.

1.3.2.3 Evaluación del estado de infección de la sigatoka negra

Se realizaron observaciones detalladas en cada una de las 30 plantas seleccionadas y mediante la escala de Stover modificada por Gauhl, que ha mostrado una buena sensibilidad en la observación de las tendencias en el comportamiento de la sigatoka negra, se realizó la evaluación de la incidencia de la enfermedad. Con base en los seis estados de desarrollo de la enfermedad y sus grados de severidad, se pudo determinar el

promedio ponderado de infección (P.P.I.) en la plantación que nos indica la magnitud del daño al follaje de la plantación.

A. Variables evaluadas

A partir de la información obtenida en la boleta de campo para cada una de las 30 plantas evaluadas, se tabularon los datos para obtener las siguientes variables:

PHP: Promedio de hojas por planta.

HJA: Hoja más joven afectada por el hongo.

HJP: Hoja más joven con pizca causada por el hongo.

HJE: Hoja más joven con estría causada por el hongo.

HJM: Hoja más joven con mancha causada por el hongo.

% H.I.: Porcentaje de hojas infectadas.

P.P.I.: Promedio ponderado de infección.

1.3.3 Fase de gabinete II

Se recopiló toda la información que se obtuvo en la fase de campo, se analizaron los resultados mediante gráficas y se procedió a realizar las conclusiones de los mismos.

1.4 Resultados

En la Figura 2 se observa los parámetros utilizados para medir la incidencia de sigatoka negra en las 30 plantas evaluadas en la plantación de plátano de la finca “La Moyuteca”.

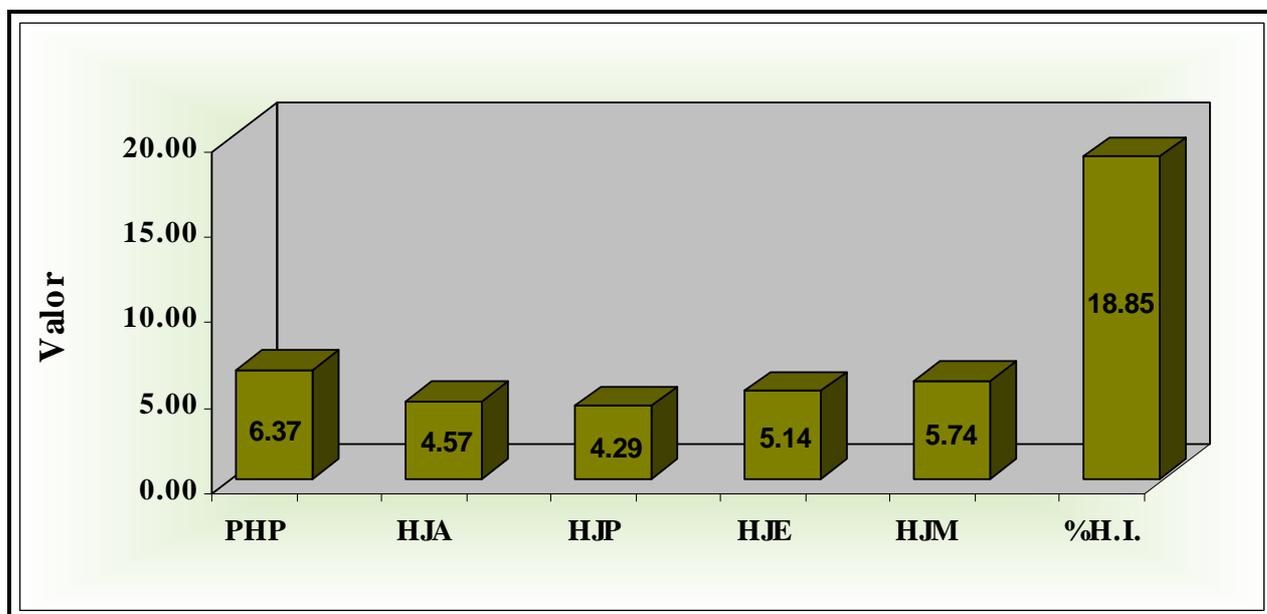


Figura 2 Parámetros para medir la incidencia de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”.

El promedio de hojas por planta (PHP) en las plantas evaluadas fue de 6.37 hojas, de las cuales 18.85 % se encuentra infectadas con el patógeno *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet según el porcentaje de hojas infectadas (% H.I.), es decir 1.20 hojas están con daño en el follaje por la enfermedad. La hoja más joven afectada por el hongo (HJA) es la hoja 4.57, lo cual indica que si hay 6.37 hojas en promedio por planta, solamente 1.8 hojas se encuentran libres de sigatoka negra. La hoja más joven con pizca (HJP) se presentó en la hoja 4.29, ya que no todas las plantas presentaban este síntoma de la enfermedad. La hoja 5.14 fue la hoja más joven con estría causada por el hongo (HJE) y la hoja más joven con mancha (HJM) fue la hoja 5.74.

Con los valores antes descritos se establece que el promedio ponderado de infección (P.P.I.) para las 30 plantas evaluadas en la finca “La Moyuteca” es de 0.26, este valor nos indica la magnitud del daño al follaje a causa de la sigatoka negra en una escala de 0 a 1.

1.5 Conclusiones

- La evaluación del estado de infección de la plantación de plátano chifle en la finca “La Moyuteca” se realizó mediante un caminamiento realizado en la plantación, evaluando en el follaje de 30 plantas seleccionadas al azar, la incidencia de la enfermedad mediante la utilización de la metodología de Stover modificada por Gauhl.
- El promedio ponderado de infección (P.P.I.) nos indica que la magnitud del daño al follaje por sigatoka negra de la plantación de plátano chifle de la finca “La Moyuteca” es de 0.26 en una escala de 0 a 1.
- Es necesario implementar un manejo alternativo para la sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”, que favorezca la reducción de los índices de infección de la enfermedad, promueva una mejor cosecha para el agricultor y sea amigable con el ambiente.

1.6 Bibliografía

1. Betancourt, G. s. f. La sigatoka negra del plátano y el banano (en línea). España, INFOAGRO. 35 p. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.infoagro.net/shared/docs/a3/4Sigatoka_negra.pdf
2. Chinchilla S, JS. 2004. Análisis del cultivo del plátano *Musa* AAB Simmonds en la unidad de riego del parcelamiento "La Blanca", Ocós, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 67 p.
3. Pérez L, EA. 1979. Monografía del parcelamiento "La Blanca", municipio de Ocós del departamento de San Marcos. EPSA, monografía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 45 p.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

**MANEJO ALTERNATIVO DE LA SIGATOKA NEGRA CAUSADA POR EL HONGO
Mycosphaerella fijiensis var. *difformis* MORELET EN PLÁTANO (*Musa paradisiaca*
L.), PARCELAMIENTO “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS**

**ALTERNATIVE MANAGING OF THE BLACK SIGATOKA CAUSED BY THE FUNGI
Mycosphaerella fijiensis var. *difformis* MORELET IN PLANE TREE (*Musa paradisiaca*
L.), PARCELING “LA BLANCA”, OCÓS, SAN MARCOS**

2.1 Introducción

El plátano es una de las especies cultivadas más utilizadas en la alimentación humana, la cual ha adquirido en las últimas décadas una gran importancia en los mercados de Europa y Norte América. El plátano a diferencia de otros cultivos de importancia económica, se cultiva a todo lo largo de la costa del pacífico y costa del atlántico guatemalteco, desde los 0 hasta los 2,000 metros sobre el nivel del mar, dentro de un rango de temperatura comprendido entre los 17 y los 35° C.

En total, el plátano y el banano constituyen el cuarto producto alimenticio en importancia a nivel global después del arroz, trigo y maíz, en términos del PIB. Alrededor de 90 % de la producción mundial total (63 millones de toneladas) se consume localmente en los países productores, dejando sólo 10 % para la exportación según B. K. Dadzie.

En los últimos veinte años, la producción de plátanos continuó su declive como resultado de la disminución de la fertilidad de los suelos, fenómenos de disminución del rendimiento, problemas de plagas (picudos y nemátodos principalmente) y lo más importante, la propagación de la enfermedad denominada Raya negra de la hoja, llamada sigatoka negra, que es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet (fase sexual) o *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton (fase asexual).

La sigatoka negra se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo, en Guatemala se reportó por primera vez en 1977. Es una de las enfermedades más destructivas de los plátanos, aún cuando su importancia económica varíe con la región. Ocasiona pérdidas al disminuir la superficie foliar funcional de la planta en proporción a la severidad del ataque, lo cual da como resultado la reducción de la actividad fotosintética, también se altera el proceso normal de maduración de la fruta con una producción de plátanos pequeños e irregularmente maduros que se desprenden de la planta y no llegan a la madurez.

Según B. K. Dadzie, la sigatoka negra puede ser controlada, pero el costo de los fungicidas químicos, que oscila en alrededor de US\$ 800 a 1,000 por hectárea por año, es prohibitivo. En Guatemala, por ejemplo, algunos productores de bananos y plátanos realizan aspersiones aproximadamente 50 veces al año. La aplicación masiva de químicos en las plantaciones bananeras y plataneras también causa la indignación de los ambientalistas y consumidores preocupados. Por lo tanto, encontrar un manejo alternativo para la reducción de la incidencia de la sigatoka negra en plátano es de vital importancia para los agricultores. Es por ello que se planteó la presente investigación como una herramienta de beneficio económico para los productores de plátano, esperando obtener una cosecha de alta calidad y cantidad, así como un control efectivo sobre el patógeno *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet causante de la sigatoka negra.

2.2 Definición del problema

Guatemala es un país que cuenta con las condiciones edafoclimáticas aptas para la explotación del cultivo del plátano, sobretodo en las costas Sur y Nor-oriental del país. Este cultivo genera alrededor de 1,286,250 jornales / año, lo cual es equivalente a 4,564 empleos directos, además aporta divisas para la economía guatemalteca de US\$ 27,563,058.00 para el año 2008.

El plátano se encuentra amenazado por la enfermedad llamada sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la cual es la enfermedad foliar más destructora que se conoce en el cultivo de las Musáceas. La misma se ha diseminado en la mayoría de regiones plataneras del mundo, estando presente en territorio guatemalteco desde el año de 1977.

Esta enfermedad puede causar pérdidas en el rendimiento de los cultivares de plátano entre un 50 y 100 %, afectando de manera notoria la economía del productor. El daño se encuentra principalmente en el área foliar de las plantas, produciendo un rápido deterioro de las hojas cuando no se combate, afectando además el crecimiento y productividad de las plantas al disminuir la capacidad fotosintética. También produce una reducción en la calidad de fruta, al favorecer la maduración de los racimos, lo cual es la mayor pérdida.

El control de esta enfermedad ha demandado el uso excesivo de agroquímicos, los cuales han provocado la resistencia por parte del hongo hacia los mismos. También han modificado el medio ambiente en forma negativa, sin mencionar, que han sido vinculados con efectos sobre animales y seres humanos, es por ello que un control alternativo de la sigatoka negra mediante el uso de productos biológicos, traería beneficios ambientales, sociales y sobretodo de volúmenes de producción.

2.3 Justificación

El plátano es un producto indispensable para la economía nacional, desde la generación de empleos, las divisas por concepto de exportaciones y la elaboración de platillos de comida.

El problema causado por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet en plantaciones de plátano a nivel nacional es de mucha importancia ya que antes de la emergencia de la inflorescencia, una planta de plátano sana puede presentar de 14 a 16 hojas, que son suficientes para llevar el racimo a su madurez fisiológica en 84 días, pero si son afectadas por la sigatoka negra, las plantas son severamente dañadas, pudiendo tener de 4 a 5 hojas funcionales a la madurez del racimo y aún menos. En casos de alta infección las plantas solo presentan de 2 a 3 hojas a la cosecha y a veces ninguna. Esto ocasiona racimos pequeños, madurez prematura, pulpa de los racimos ligeramente rosada, sabor y aroma anormales, los cuales limitan la calidad para exportar.

El hecho de proponer un manejo alternativo para sigatoka negra en plantaciones de plátano, basado en el uso de productos biológicos que evitan la propagación del hongo, permite a los productores de esta valiosa musácea tener una nueva opción para tomar acciones y reducir la incidencia de la enfermedad, evitando el riesgo de que llegue a dimensiones catastróficas, obteniendo así un mejor volumen y calidad en sus cosecha, porque al existir un follaje vigoroso y sano en la planta, se llegan a obtener racimos de primera calidad, representando una excelente oportunidad de negocio para los agricultores.

2.4 Marco teórico

2.4.1 Marco conceptual

2.4.1.1 Cultivo del plátano

A. Origen

Cuando a principios del siglo XVI, el padre misionero Fray Tomás de Berlanga se embarcó en las Islas Canarias rumbo al Nuevo Mundo, cargó en sus libros religiosos la muy estimada mata de plátano. Nunca pudo imaginar que aquellas pocas raíces habrían de prosperar a tal grado que el plátano cundiría por todo el ámbito de América Tropical (López, 1996).

Históricamente suponen que el plátano se originó en el Asia Meridional y con el transcurso de los siglos se extendió a Europa y al Occidente, llegando al momento actual en que se encuentra cultivado en todos los países tropicales. Entre los hombres más primitivos de quienes se tiene memoria, los hubo que conocieron y saborearon el fruto. Los mahometanos llaman a la mata del plátano “el árbol del paraíso” y los hindúes la tienen consagrada a su diosa Cali (López, 1996).

B. Clasificación

La clasificación taxonómica del plátano es la siguiente:

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del plátano.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Zingiberidae
Orden	Escitaminales
Familia	Musaceae
Subfamilia	Musoideae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa paradisiaca</i> L.

(Chinchilla, 2004)

Los plátanos pertenecen a la familia Musaceae, del orden Escitaminales. El género *Musa* es el más importante de esta familia y comprende especies que producen fibras como *Musa textiles* o *Musa abacá*, especies ornamentales como *Musa coccínea* y comestibles, originados de las especies *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (López, 1996).

Los nombres científicos más comunes propuestos para los plátanos comestibles son: *Musa paradisiaca* L., para el plátano macho o para cocer y *Musa sapientum* L. para el banano. Ambas especies incluyen un gran número de clones o cultivares a los cuales se les asignan nombres locales en las diferentes regiones (López, 1996).

C. Morfología

a. Sistema radical

En las plantas establecidas a partir de renuevos, el sistema radical es adventicio desde el principio. Las raíces brotan, normalmente en grupos de cuatro, en la superficie del cilindro central del cormo. Las raíces tienen de 5 a 8 mm de espesor, son blancas y carnosas al principio sí están sanas, tornándose algo suberosas con el tiempo. Varían considerablemente en número, según el estado de salud de la planta, se dice que un cormo sano presenta de 200 a 300 raíces, con un máximo de 500. Estas raíces brotan principalmente de las partes superiores del cormo y desde esta posición se extienden lateralmente por las capas superiores del suelo. Las raíces que brotan de las partes inferiores del cormo tienden a tomar, aún más, una orientación casi vertical. Las raíces que se extienden lateralmente llegan hasta una distancia de 5.2 m de la planta, a una profundidad de 75 cm. Sin embargo, la mayoría de raíces se encuentra en los primeros 15 cm., excepto cuando las condiciones del suelo son más favorables (Simmonds, 1973).

b. Estructura subterránea del tallo

El sistema de rizomas del plátano, como el de la gran mayoría de las monocotiledóneas rizomatosas, es simpódico. En casi todos los plátanos, el crecimiento horizontal del simposio es mínimo, pasando el vástago a formar un nuevo tallo aéreo tan pronto como sobrepasa a la planta madre. Las yemas a través de las cuales se efectúa el crecimiento del simposio tienden a estar ubicadas en las partes medias y superior del cormo genitor;

por consiguiente hay cierta tendencia a que los hijuelos, hijos o nietos sucesivos, vayan saliendo cada vez más cerca de la superficie del suelo, hasta llegar finalmente a brotar. Estos hijuelos dependen cierto tiempo del plátano madre mientras arraigan firmemente en el suelo (Simmonds, 1973).

Cada yema, después de encorvarse hacia arriba, construye un cono invertido de tejido con adiciones sucesivas a la corona o punto de unión del tallo y raíz, zona en la que se produce el crecimiento y que se hace cada vez más amplia. El cormo adulto de un plátano comestible puede tener hasta 30 cm de ancho en la parte superior y una longitud algo mayor que la anchura. Exteriormente el cormo del plátano está cubierto de cicatrices foliares dispuestas en forma apretada; esto es debido a que los entrenudos son extremadamente cortos. Las cicatrices foliares en *Musa* forman un anillo completo en torno al cormo y cada uno de ellos está asociado a una yema que se encuentra en posición opuesta, no axilar. Interiormente el cormo presenta dos regiones principales bien diferenciadas: el cilindro central y la corteza. La unión de las mismas está claramente delimitada por una alta concentración de haces vasculares orientados longitudinalmente, mientras que en cualquier otra parte del cormo parecen estar dispuestos casi al azar, en lo que a dirección se refiere (Simmonds, 1973).

c. Tallos aéreos

Excepto la parte que emerge de la punta del pseudotallo, el tallo aéreo es blanco, pero al exponerse a la luz del sol se torna verde. Anatómicamente, tiene en esencia la misma estructura del cormo, pero la corteza se reduce considerablemente en espesor y el sistema vascular se compone solamente de haces de destino foliar. Mecánicamente, el tallo aéreo se sostiene únicamente por el conjunto de las vainas foliares que le rodea, es una estructura laxa, incapaz de sostenerse por sí misma y mucho menos de sostener un racimo de plátanos. Su función es puramente conectiva, la de aportar enlace vascular entre las raíces, las hojas y el racimo (Simmonds, 1973).

d. Vainas y hojas

Las vainas son al principio envolventes del todo, pero después los márgenes libres se ven forzados a separarse del pseudotallo. Las vainas están unidas apretadamente formando el pseudotallo, que es funcionalmente, el tronco de la planta (Simmonds, 1973).

La lámina de la hoja del plátano se compone de dos mitades. En el punto en que las dos mitades de la hoja se unen al nervio central, hay dos líneas pálidas, las bandas pulvinares. En su forma general, la lámina de la hoja es de punta roma y cónica, redondeada o hasta auriculada en la base y la forma basal varía con la edad y con los orígenes botánicos. En grosor varía considerablemente, alcanzando el máximo espesor cerca del nervio central, en las proximidades de la mitad de su longitud y su mínimo en los márgenes, especialmente hacia el ápice. Las venas o nervaduras de la lámina son casi paralelas entre sí, extendiéndose en un largo trayecto en forma de "S", desde el nervio central hacia el margen. La porción central de la "S" es virtualmente recta y atraviesa casi toda la mitad de la lámina. Los estomas se presentan en ambas superficies de la lámina, pero son de tres a cinco veces más numerosos en el envés que en el haz. Los estomas también varían de acuerdo con la parte de la hoja en que se encuentran, siendo menos numerosos hacia la base de la lámina que en la parte media o en el ápice (Simmonds, 1973).

Consideraciones a tomar en cuenta con las hojas:

- ④ Una planta produce 38 hojas, \pm 2 hojas.
- ④ Una hoja se forma cada 7 días en condiciones óptimas.
- ④ Los pasos o etapas de una hoja son: cigarro o candela, cartucho y expansión.
- ④ Una hoja recién expandida mide 8 cm. de ancho y 25 cm de largo.
- ④ Son las responsables del proceso de fotosíntesis.
- ④ La diferenciación ocurre aproximadamente en la hoja 20 y comienza con la acumulación de biomasa.
- ④ Cuando ocurre la diferenciación sale una hoja llamada nodriza, es la que protege al racimo.
- ④ En el racimo salen unas hojas que protegen a cada una de las manos y se les llama brácteas (Aroche, 2002).

e. Inflorescencia

La inflorescencia se forma a partir del punto vegetativo transformado, en el corazón del pseudotallo y experimenta gran parte de su desarrollo antes de brotar. Las flores de la inflorescencia del plátano están dispuestas en fascículos nodales, cada uno de los cuales nace en una prominencia oblicuamente transversa y queda recubierta por una bráctea espadiciforme. Las flores individuales son ebracteoladas. Las flores del plátano están dispuestas en forma biseriada y comúnmente ascienden de 12 a 20 por nódulo. Los nódulos basales de la inflorescencia tienen flores femeninas (pistiladas); los nódulos distales tienen flores masculinas (estaminadas) y puede haber o no, uno o más manojos intermedios de flores con estructura transicional. La bráctea que recubre cada manojito se levanta poco antes de que las flores se hagan funcionales, arrollándose en algunas formas hacia atrás desde la punta; levantándose en otras, sencillamente sin ningún cambio relevante de posición (Simmonds, 1973).

D. Requerimientos edafoclimáticos

La temperatura para el cultivo del plátano oscila entre los 14 y 30° C, pero la temperatura óptima es de 18 a 28° C, una temperatura ideal es de 22° C. En cuanto a la altitud, el plátano puede crecer y reproducirse desde el nivel del mar hasta los 2,000 m.s.n.m.

El plátano es un cultivo que requiere alta luminosidad y el sol juega un papel muy importante en el metabolismo de la planta, si existe influencia directa, hay mayor crecimiento y desarrollo de la planta, se incrementa la fotosíntesis, hay mayor brotación de hijos por activarse el fitocromo, hay una buena formación del racimo, etc. Si no hay luz, no se interrumpe la emisión foliar, los limbos se ponen blanquecinos, se da el alargamiento de las vainas foliares y pseudotallos (etiolación). En las épocas de menor radiación solar, los racimos son de menor peso, pero el fotoperíodo no tiene influencia en el desarrollo de las plantas (Aroche, 2002).

La planta de plátano está compuesta en un 90 % de agua, pero ésta no resiste mucha humedad, por lo que se recomienda bajar el nivel freático con drenajes. El agua es uno de los factores fundamentales para el cultivo del plátano. Lo importante no es la cantidad de agua, sino la distribución en el tiempo para un mejor aprovechamiento (Aroche, 2002).

En cuanto al suelo, éste le sirve a la planta para el soporte y absorción de nutrientes minerales, además le proporciona las condiciones físico-químico que la planta necesita para crecer. El pH apropiado es de 6.5 a 7.0, pero tolera ligeramente suelos ácidos y alcalinos. Los suelos deben ser sueltos, ricos en materia orgánica, fértiles y de buen drenaje (Aroche, 2002).

E. Propagación

Convencionalmente el cultivo del plátano ha utilizado el rizoma como material vegetativo para la siembra. El problema radica en que generalmente este material se encuentra contaminado por hongos, bacterias, virus, insectos y principalmente nemátodos. Además, el establecimiento de semilleros implica destinar un área proporcional (10 % aproximadamente) al área de cultivo, altos costos de preparación del terreno, obtención de semilla, siembra, aplicación de fungicidas, nematicidas, fertilizantes, control de malezas, etc. (UPEB, 1992).

a. Propagación *in vitro*

Esta técnica consiste en el cultivo de tejidos que permite la propagación masiva de plantas mediante la formación de brotes a partir de un solo meristemo. El cultivo de tejidos ofrece una alternativa para la producción de un gran número de plantas dentro de un período relativamente corto (tres a cinco meses), con la característica de producir plantas con alto vigor y potencial productivo, así como plantas libres de plagas y enfermedades (UPEB, 1992).

b. Propagación rápida

Este método es una técnica alterna entre el método convencional y el cultivo de tejidos. Este, comparado con el convencional, proporciona más material de siembra, requiere de espacios ubicados cerca del sitio de plantación, además permite obtener plantas en la época y cantidad deseada, libres de plagas y enfermedades (UPEB, 1992).

Las plántulas son obtenidas mediante la inducción de yemas en rizomas provenientes de plantas próximas a emitir su inflorescencia; mediante la eliminación de meristemas se logra la producción de un gran número de brotes laterales, los cuales se convierten en plántulas que luego son trasplantados a bolsa y posteriormente al campo cuando han alcanzado la edad adecuada (UPEB, 1992).

Dentro de los inconvenientes que se le citan a este método, se encuentra el que no garantiza la sanidad del rebrote, pudiéndose presentar contaminación con nemátodos y picudos. Este problema logra minimizarse si las plantas seleccionadas para producir semillas se propagan primero por meristemas para limpiarlas y luego son destinadas al vivero para producción de rebrotes; así se garantiza que por lo menos durante un período prolongado, éste se mantenga prácticamente libre (UPEB, 1992).

F. Preparación del terreno

En la preparación del terreno para la siembra pueden distinguirse dos fases: el control de malezas y el drenaje. En el control de malezas están involucrados tres factores, el historial previo, la topografía y la textura del suelo. Es importante el historial previo porque limita la clase y cantidad de labores que puedan darse (Simmonds, 1966).

G. Establecimiento de la plantación

Como el plátano debe permanecer por varios años en el terreno, es necesario adecuarlo y prepararlo bien. Estas operaciones pueden incluir el desmonte, la nivelación y la labranza primaria. En terrenos ondulados con pendientes mayores del 30 %, deben trazarse curvas de nivel o terrazas (López, 1996).

H. Siembra

a. Sistema de siembra al cuadrado

La siembra se efectúa normalmente a distancias de 2.50 x 2.50 m hasta 3.50 x 3.50 m, de acuerdo con el número de plantas que se dejen por cada macolla, la densidad de plantas por hectárea puede ser la siguiente:

Cuadro 2 Densidad de plantas por hectárea según el número de plantas por macolla en un sistema de siembra al cuadrado.

Distancia en metros	Número de plantas por macolla		
	1	2	3
2.5 x 2.5	1,600 pl/ha	3,200 pl/ha	4,800 pl/ha
3.0 x 3.0	1,111 pl/ha	2,222 pl/ha	3,333 pl/ha
3.5 x 3.5	816 pl/ha	1,632 pl/ha	2,449 pl/ha

(López, 1996)

b. Sistema de siembra hexagonal (Tresbolillo)

En este sistema generalmente la distancia es de 2.6 metros entre plantas para una densidad de 1,720 unidades por hectárea, con un patrón de deshije: Madre-Hijo-Nieto, con la ventaja de que permite mayor cantidad de plantas por hectárea (UPEB, 1992).

c. Sistema de siembra en doble surco

Consiste en sembrar dos hileras bastante cerca una de la otra, dejando un espacio amplio y luego sembrando otras dos hileras. Este sistema coloca regularmente de 1,700 a 1,800 unidades por hectárea y utiliza un patrón de deshije: Madre-Hijo-Nieto. El mismo posee ciertas ventajas como lo son: permitir la mecanización, facilidad de combate de sigatoka y labores de cultivo; sin embargo, dificulta el deshije y el mantenimiento de las hileras (UPEB, 1992).

I. Prácticas culturales

Las principales prácticas culturales ejecutadas en los cultivos del plátano son el deshierbe, deshije, deshoja, apuntalamiento o sostén y fertilización. Las prácticas culturales no siempre son realizadas adecuadamente, aunque se consideren de mucha importancia para el desarrollo de la planta y una buena producción. Se observa una constante negligencia por parte de los agricultores, aún en las prácticas más simples, como el deshierbe, el deshije y la deshoja (UPEB, 1992).

a. Control de malezas

El control de malezas o deshierbe debe ser una práctica de rutina ya que los plátanos por poseer un sistema radical superficial y débil, son severamente perjudicados en su competencia con las plantas dañinas en nutrientes y agua del suelo. Por lo tanto, estas plantas deben ser eliminadas a través de métodos apropiados que no dañen las raíces (UPEB, 1992).

En cultivos tradicionales no mecanizados, los métodos más utilizados son: a) Eliminación de malezas con azadón, b) Corte con machete a ras del suelo. Estas prácticas deben ser realizadas cada dos meses hasta que la sombra del cultivo sea suficiente para retardar el rebrote de las malezas (UPEB, 1992).

Se sabe que durante los primeros seis meses a partir del establecimiento del cultivo, la presencia de malezas en pleno crecimiento no es compatible con el buen desarrollo de la planta de plátano y que la eliminación de éstas plantas, por algún método, es una imposición, debido a los perjuicios que pueden darse en la producción (UPEB, 1992).

En plantaciones de bajas y medias densidades, en áreas mecanizables y con disposición de líneas paralelas, las calles pueden ser deshierbadas con rastras. Sin embargo, el rastreo no debe ser efectuado después del segundo mes de la siembra, ya que las raíces del plátano pueden haber ocupado buena parte del área del camino y serán dañadas por esta acción. Debido al bajo rendimiento y alto costo, el control de malezas con machete es impracticable en grandes extensiones de plátano. En este caso, su uso solo se justifica en la limpieza de áreas aisladas, donde accidentalmente se ha desarrollado maleza (UPEB, 1992).

Otro método de control de malezas consiste en la aplicación de herbicidas antes de la emergencia (pre-emergencia), por la acción de productos químicos con efecto residual en el suelo o por herbicidas que controlan las malezas ya desarrolladas (post-emergencia). En algunos casos existe la necesidad de mezclar ambos tipos de herbicidas para obtener

un buen control de las plantas invasoras y para mantener el suelo por un tiempo sin la emergencia de nuevas plantas (UPEB, 1992).

El control químico puede superar con ventaja el deshierbe manual y mecanizado, siempre y cuando las condiciones en el área de cultivo sean apropiadas para su aplicación y los herbicidas sean escogidos adecuadamente de acuerdo al tipo de maleza a ser controlada, o sea, de hoja estrecha, ancha o ambas. La integración de los diversos métodos de control se vuelve algunas veces más eficaz y económico, principalmente en la fase de formación del cultivo (UPEB, 1992).

b. Deshije

El deshije tiene como objeto evitar la formación de cepas, que además de facilitar el ataque de plagas y enfermedades, contribuye a reducir la calidad del producto y consecuentemente, su valor en el mercado (UPEB, 1992).

Una plantación de musáceas se maneja, en cada ciclo, dejándose solo la “Madre”, un “Hijo” y un “Nieto”, o la “Madre” y dos brotes (“Hijos”), eliminándose los demás. Esta eliminación debe ser hecha cuando los retoños alcanzan de 20 a 30 cm de altura aproximadamente teniéndose el cuidado de que la yema apical de crecimiento sea totalmente eliminada y no haya posibilidad de rebrote (UPEB, 1992).

El deshije se efectúa cortando la parte aérea a ras del suelo con un machete, en seguida se extrae la yema apical con mucho cuidado. El deshije puede ser precoz o tardío, según el tipo de cepa, cultivar y sistemas de cultivo utilizados. Las condiciones climáticas, altitud y época de plantación también ejercen influencia. En los cultivares de plátano que tienen buen ahijamiento, las brotaciones laterales (“Hijos”) empiezan a surgir 30 a 45 días después del establecimiento. De modo general, los deshijos son realizados a los 4, 6 y 10 meses después de la siembra, en la fase de formación del cultivo (UPEB, 1992).

c. Deshoje

La eliminación de hojas viejas, secas, muertas o pendientes junto al pseudotallo, debe ser regularmente realizada con el fin de: a) Proporcionar un buen aspecto al cultivo; b) Permitir una mejor circulación de aire y luminosidad; c) Acelerar el desarrollo de los hijos; d) Facilitar mayor rapidez en la cosecha. Estas hojas son eliminadas a través de cortes en los pecíolos, de abajo hacia arriba, a ras del pseudotallo, teniéndose el cuidado de no romper las vainas que aún estén adheridas a él. En cultivares de porte bajo, este trabajo puede ser hecho con cuchillo o machete y en los cultivares de porte alto con una cuchilla aérea acoplada a un cabo largo. La eliminación de las hojas a los 4, 6 y 10 meses es suficiente para cubrir el período de la plantación a la cosecha. En los cultivos ya formados, el deshoje debe ser hecho sistemáticamente antes del deshije y después del abonamiento (UPEB, 1992).

Cuando no hay control de sigatoka y el cultivar es susceptible o poco tolerante a su ataque, el deshoje tiene que ser realizado necesariamente con más frecuencia. A veces el deshoje se hace necesario debido a la ocurrencia de algún fenómeno que provoque la rotura de los pecíolos, daños severos al limbo o muerte prematura de las hojas. La deficiencia de algunos elementos esenciales en los plátanos generalmente provoca lesiones en las hojas, reduciendo bastante su capacidad fotosintética, siendo a veces recomendable eliminarlas antes que sequen o mueran (UPEB, 1992).

El deshoje de sigatoka negra es la remoción parcial o total de todas aquellas hojas que presentan la sintomatología de la enfermedad, es decir, hojas con manchas grises bien desarrolladas, con manchas negras y con un halo amarillo en su alrededor. Este deshoje tiene como objetivo reducir o eliminar la fuente de inóculo, evitar que se disemine la enfermedad y controlar la enfermedad con métodos físicos (Aroche, 2002).

El deshoje debe ser muy cuidadoso y bien supervisado, porque la mayoría de veces al eliminar hojas, estamos haciendo mayor daño a la planta que la misma enfermedad (Bustamante, 1982).

d. Fertilización

Debido a la importancia de los elementos minerales esenciales al cultivo de los plátanos, así como su elevado costo, se vuelve imprescindible la elaboración de un programa de fertilización que tenga en consideración los siguientes datos: 1) Características botánicas, como hábito de crecimiento y distribución del sistema radical; 2) Exigencias minerales relacionadas con las cantidades de macro y micronutrientes extraídos del suelo, o del suelo + abono y exportadas en la forma del producto cosechado; 3) Curva de absorción de los elementos minerales, en lo que concierne a los períodos de mayor exigencia (UPEB, 1992).

Varios autores resumen que los datos de extracción y exportación de nutrientes por el plátano tienen el siguiente orden en lo que se refiere a exigencias totales de la planta: potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, fósforo y azufre, para los macronutrientes; cloro, manganeso, hierro, boro, zinc, cobre y molibdeno, para los micronutrientes (UPEB, 1992).

Una vez definido el esquema de manejo del cultivo (con “Madre”, “Hijo” y “Nieto”), los abonamientos de cobertura, después del deshije y el control de malezas, deben ser dirigidos a las plantas más nuevas, permitiéndoles un mejor aprovechamiento de los nutrientes (UPEB, 1992).

El abonamiento orgánico (estiércol, etc.) ejerce una influencia marcada en el desarrollo y la producción de los plátanos, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica. Si hay posibilidad de este tipo de abono en la propiedad, siempre es recomendable complementar los abonos químicos con 30 a 40 % de estiércol de vaca, gallina, cerdo o compuestos orgánicos bien curados, principalmente en cultivos en formación (UPEB, 1992).

J. Enfermedades

Las enfermedades son factores limitantes en las plantaciones de plátano y los países productores invierten altas sumas de dinero en los estudios de investigación, transferencia y control de las mismas. Las investigaciones realizadas en los últimos años en las zonas productoras de bananos y plátanos, permiten clasificar las enfermedades, de acuerdo a la naturaleza de los organismos patógenos que las producen en: vírales, bacterianas, fúngicas, producidas por algas; además de los daños por nemátodos y exceso de sales en el suelo. Entre las enfermedades vírales se destacan: la clorosis infecciosa cucumovirus (CMV) y el rayado necrótico-badnavirus (BSV). En las bacterianas encontramos al moko de las musáceas (*Ralstonia solanacearum*); la pudrición acuosa del pseudotallo (*Erwinia carotovora* y *E. Chrysanthemi*); la pudrición del cormo y cogollo (*Pseudomonas* sp. y *Erwinia* sp.). Entre las enfermedades causadas por hongos encontramos a la sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*); la sigatoka negra o raya negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*); las manchas del follaje (*Cordana musae*); la mancha o rayado del envés (*Veronaea musae*); la mancha irregular oscura de la hoja (*Deightoniella torulosa*); el salpicado de la hoja (*Periconiella musae*); el mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* fr. *cubense*); la pudrición seca del tallo (*Marasmiellus troyanus*); entre las enfermedades del fruto están las causadas por *Verticillium theobromae*, *Colletotrichum musae*, *Pyricularia grisea*, *Deightoniella torulosa*, *Botryodiplodia theobromae* y *Fusarium roseum*. Las enfermedades por algas son originadas por *Cephaleuros virescens* y los daños por nemátodos son causados principalmente por *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. y *Rotylenchus* sp.; los daños por exceso de sales comúnmente son causados por carbonatos de calcio, cloruro y sulfato de sodio (Ordosgoitti, s. f.).

2.4.1.2 Sigatoka negra

A. Historia y distribución

La sigatoka negra se identificó por primera vez en las Islas Fiji en 1964. En Centro América fue detectada por primera vez en 1969, en una finca experimental de la United Fruit Company, localizada en la finca “Guaruma I”, Honduras, no observándose ninguna diseminación aparente de la enfermedad. Posteriormente en La Lima, Honduras en 1972, fue detectada en la finca “El Zapote”, propiedad de un productor independiente, que está localizada frente a Guaruma I, teniendo como línea divisoria el Río Chamalecón y en la finca “San Juan”, propiedad también de la UFCO, distante aproximadamente 5 km de ambas fincas. En el mes de mayo de 1973, la enfermedad fue detectada en la finca “Naranja Chino”, distante aproximadamente 11 km del foco inicial y para el mes de agosto ya se encontraba en otras fincas plataneras (Bustamante, 1982).

Durante 1969 a 1973, el avance de la enfermedad fue lento, siendo probablemente su diseminación por medio de corrientes de aire, circunscribiéndose su desplazamiento a las áreas cercanas al foco primario de infección. Para septiembre de 1974, se presentó el Huracán Fifi en Centroamérica, el cual fue un factor determinante para la diseminación del hongo por todo el Valle de Sula (Zona Norte de Honduras), localizándose la enfermedad para 1976 en la parte central de Honduras (Bustamante, 1982).

Luego se diseminó al resto de países productores de banano y plátano del área, incluyendo México, en 1975 fue detectada en Belice, en 1977 en Nicaragua y Guatemala en el área de Entre Ríos, Izabal, en 1979 en Costa Rica, en 1980 en Panamá, el sudeste de México y Colombia, en 1987 en Ecuador y en 1992 en Venezuela, como se observa en la Figura 3 (Bustamante, 1982) (Asencio, 2004).

La distribución y diseminación del hongo a otros países, ha sido a través del viento y el hombre, este último por transportar material vegetal, sin reconocer, ni respetar las medidas cuarentenarias, que existen para el manejo y transporte de este material (hojas, rizomas, etc.) dentro del área centroamericana (Bustamante, 1982).

Según estudios realizados en la finca “Guaruma I” luego del foco inicial de infección, se encontraron características similares con el patrón de infección y morfología con el hongo presente en Asia y Filipinas (*Mycosphaerella fijiensis*) y únicamente similitudes morfológicas con el hongo causante de la sigatoka amarilla o común (*Mycosphaerella musícola*), presente en las áreas plataneras de la región americana (Bustamante, 1982).

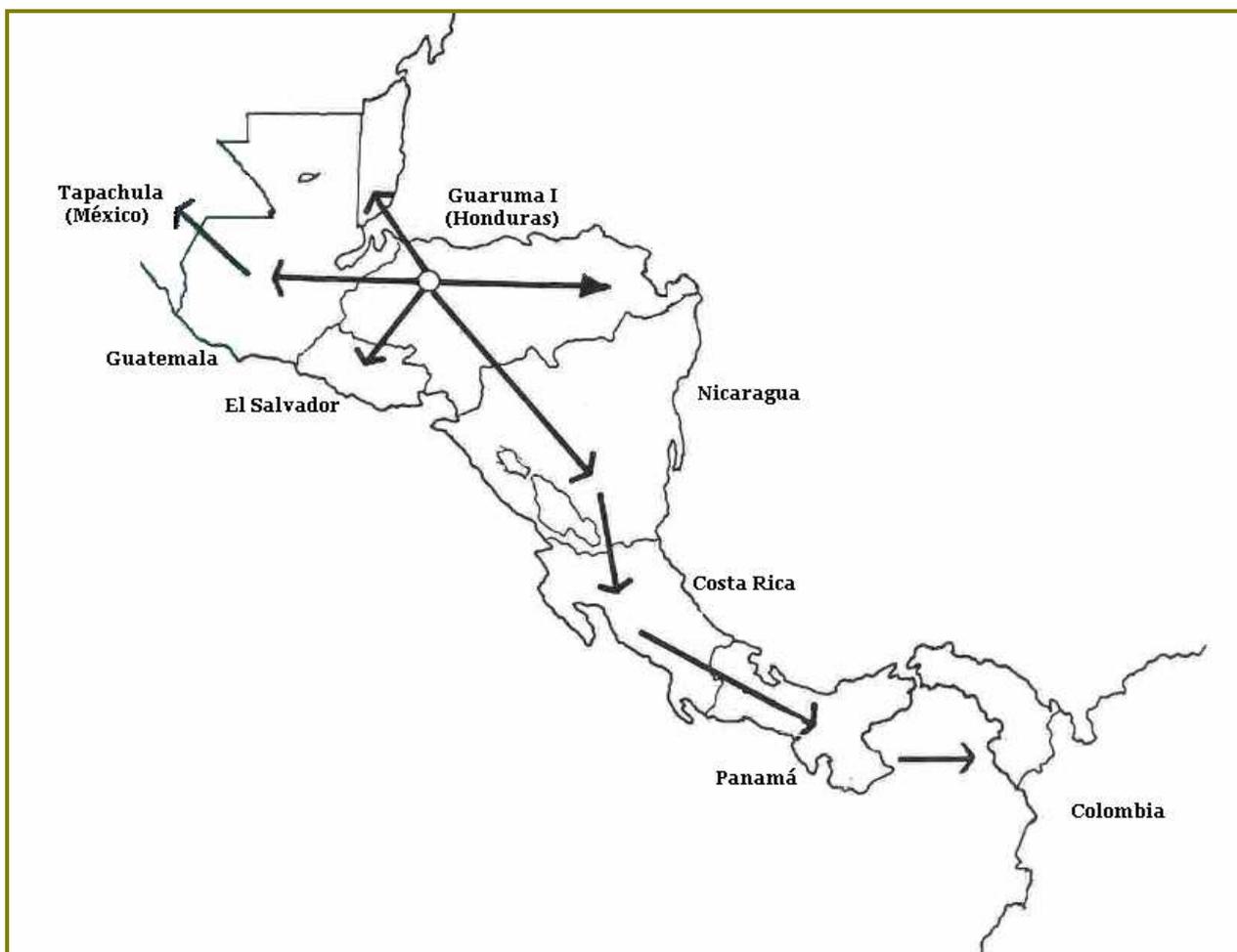


Figura 3 Distribución de la sigatoka negra en Mesoamérica a partir de la finca “Guaruma I” en Honduras (Asencio, 2004).

B. Clasificación

El agente causal de la sigatoka negra en plátano es un hongo, cuya clasificación se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Clasificación taxonómica del hongo causante de la sigatoka negra.

Fase sexual		Fase asexual	
Reino	Fungi	Reino	Fungi
División	Ascomycota	División	Deuteromycota
Subdivisión	Ascomycotina	Subdivisión	Deuteromycotina
Clase	Dothideomycetes	Clase	Hyphomycetes
Orden	Mycosphaerellales	Orden	Moniliales
Familia	Mycosphaerellaceae	Familia	Dematiaceae
Género	<i>Mycosphaerella</i>	Género	<i>Paracercospora</i>
Especie	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>difformis</i>	Especie	<i>Paracercospora fijiensis</i> var. <i>difformis</i>

(Sabo, 2006)

C. Organismo causal

El ciclo de vida muestra que posee dos ciclos de reproducción, uno asexual que produce las conidias y uno sexual que produce las ascosporas. La espora asexual o conidia se denomina Cercospora y la espora sexual proveniente de la unión sexual de un gameto masculino con un gameto femenino se denomina Mycosphaerella. De acuerdo a lo anterior el hongo, tiene tres cuerpos de fructificación que son:

- ☉ Reproducción asexual: Conidióforo, conidias
- ☉ Reproducción sexual: Espermatogonio (masculino), espermacias; Peritecio (femenino), ascosporas

Todos estos cuerpos son formados en una cámara debajo del estoma de la hoja (Bustamante, 1982).

El peritecio es el órgano sexual femenino del hongo, teniendo forma de pera de color café-oscuro, con paredes gruesas, de 47 a 85 micras de diámetro, emergiendo el cuello de la

superficie de la hoja, presentando en su parte posterior un poro llamado óstriolo. Dentro de este cuerpo, se encuentran las ascas, una especie de sacos, numerosas y bitunicadas, que contienen a las ascosporas en grupos de ocho. Las ascosporas bicelulares, hialinas, uniseptadas, fusiformes (alargadas), de aproximadamente 12 a 16 micras de largo y 2 a 3.8 micras de ancho, son producidas en cantidades de 150 por peritecio, dando éste una sola cosecha durante su ciclo de vida. La parte superior que emerge de la hoja tiene una cavidad por donde son expulsadas las ascosporas cuando están maduras y la hoja ha sido humedecida por el rocío o la lluvia, pudiendo las ascosporas al ser expulsadas, caer en una hoja y germinar, iniciando el ciclo de la enfermedad, como se observa en la Figura 4 (Bustamante, 1982) (Betancourt, s. f.).

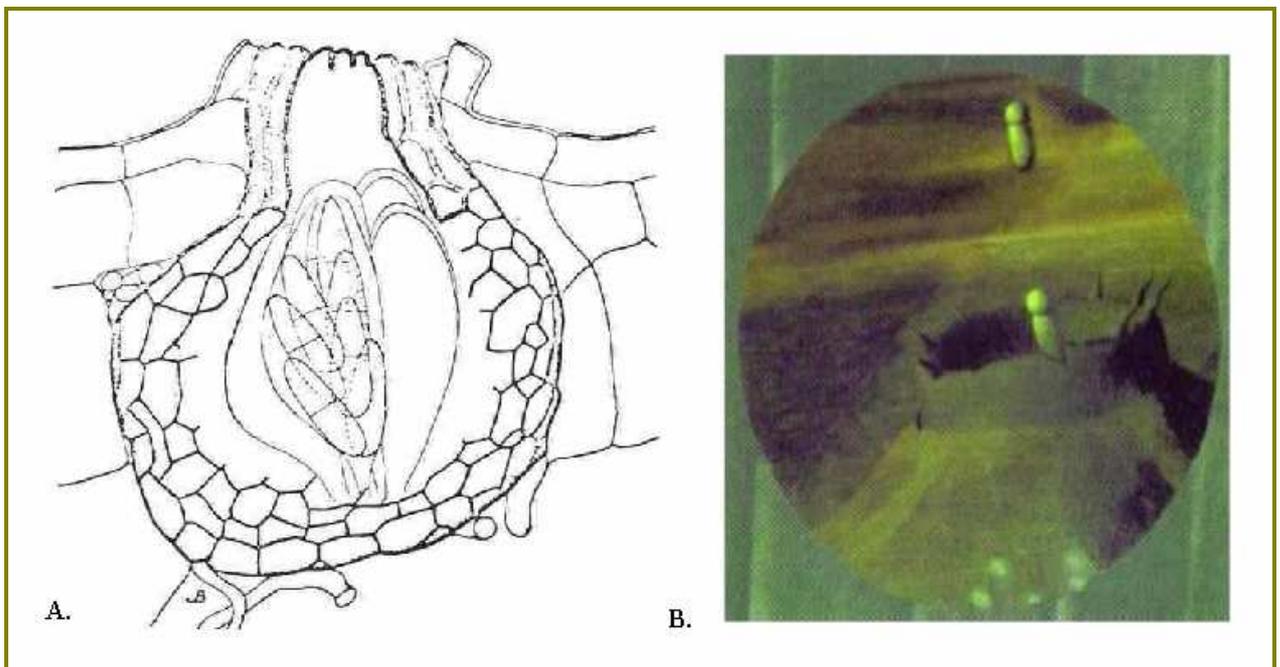


Figura 4 A. Peritecio seccionado mostrando las ascas que contiene 8 ascosporas.

B. Ascosporas emergiendo del peritecio (Bustamante, 1982).

El espermagonio es el órgano sexual masculino, en forma de pera, emergiendo su cuello de la superficie de la hoja, como se observa en la Figura 5. Dentro de él se producen las espermacias en cantidades considerables, incoloras. Cuando las espermacias maduran, son expulsadas del espermagonio y son llevadas por el rocío o las gotas de lluvia a los peritecios, donde se unen a las estructuras primarias, para realizar el proceso de fertilización. Es necesario que las espermacias se encuentren presentes y fertilicen, para que las ascosporas maduren y sean expulsadas del peritecio. Las espermacias a diferencia de las ascosporas maduras, no causan infección en la hoja (Bustamante, 1982).

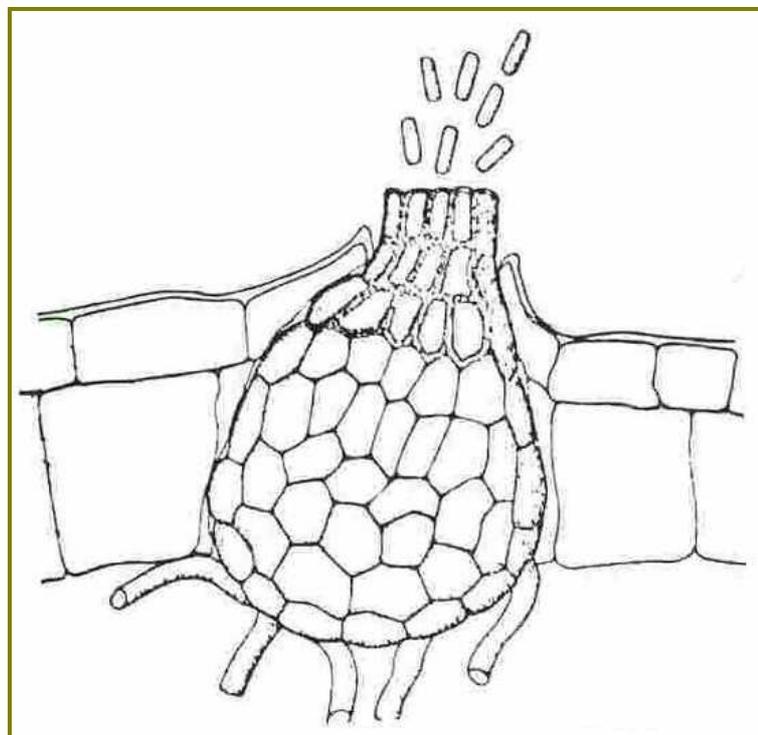


Figura 5 Esquema de un corte transversal del espermagonio (Bustamante, 1982).

El esporodoquio es la estructura de reproducción asexual del hongo. Este está formado por la agrupación de conidióforos en fascículos, cilíndricos, rectos o geniculados en sus extremos, con 4 a 5 septas, 3 a 4 cicatrices, de 25 micras de largo por 3 ó 4 de ancho, que emergen a través del estoma de la hoja, como se observa en la Figura 6. Estos producen los filamentos fungosos, de 5 a 7 septas, de 20 a 132 micras de largo por 1.5 a 2.0 micras de ancho, llamados conidios, que cuando existe una película de agua en la hoja o cuando

la atmósfera esta saturada de vapor de agua y cuando maduran son transportadas a través de las gotas de rocío o de lluvia de una hoja a otra. En la sigatoka negra los conidios no se desprenden con el viento. Estas estructuras al igual que las ascosporas, son capaces de causar infección en las hojas en donde son depositadas (Bustamante, 1982) (Betancourt, s. f.).

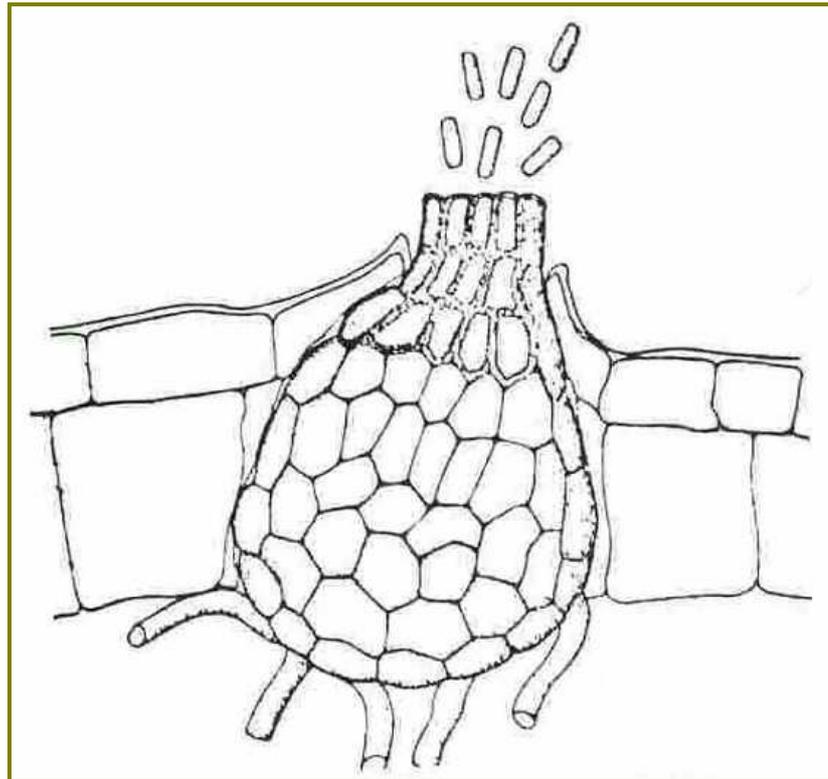


Figura 6 Esporoquicio con conidióforos y conidios individuales (Bustamante, 1982).

Las ascosporas se liberan con mucha facilidad por el viento o salpique del agua, además son el inóculo más importante en la diseminación de la enfermedad a largas distancias por el viento, sin embargo, las conidias despreciadas por muchos epidemiológicos, son sumamente importantes como inóculo que se dispersa por salpique dentro de la misma hoja y entre las hojas dentro de la misma planta o distancias cortas entre plantas. Las conidias además se producen en abundancia en forma permanente y mucho antes que las ascosporas, en el desarrollo de la enfermedad (Asencio, 2004).

D. Ciclo de vida

La sigatoka negra es una típica enfermedad policíclica o de ciclos múltiples, en la que tanto conidios como ascosporas juegan su papel en la dispersión de la enfermedad. Se denomina enfermedad policíclica ya que el patógeno pasa a través de más de una generación por ciclo del cultivo. Este patógeno puede completar muchos ciclos de enfermedad por año y por cada ciclo la cantidad de inóculo se multiplica muchas veces (Agrios, 2004).

El ciclo de vida del agente causal de la sigatoka negra o raya negra se inicia con la deposición de las ascosporas o conidios del hongo, que han sido liberadas por el viento, sobre las hojas libres de la enfermedad. Luego, bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y presencia de agua libre en la superficie de la hoja, el proceso de germinación ocurre en una hora o algo más (Asencio, 2004).

La penetración al hospedero esta condicionada por el tiempo que dure la película de agua sobre la hoja y la humedad relativa, pero normalmente ocurre en un lapso de dos o tres días (Asencio, 2004).

El ciclo de vida de la enfermedad se presenta en la Figura 7.

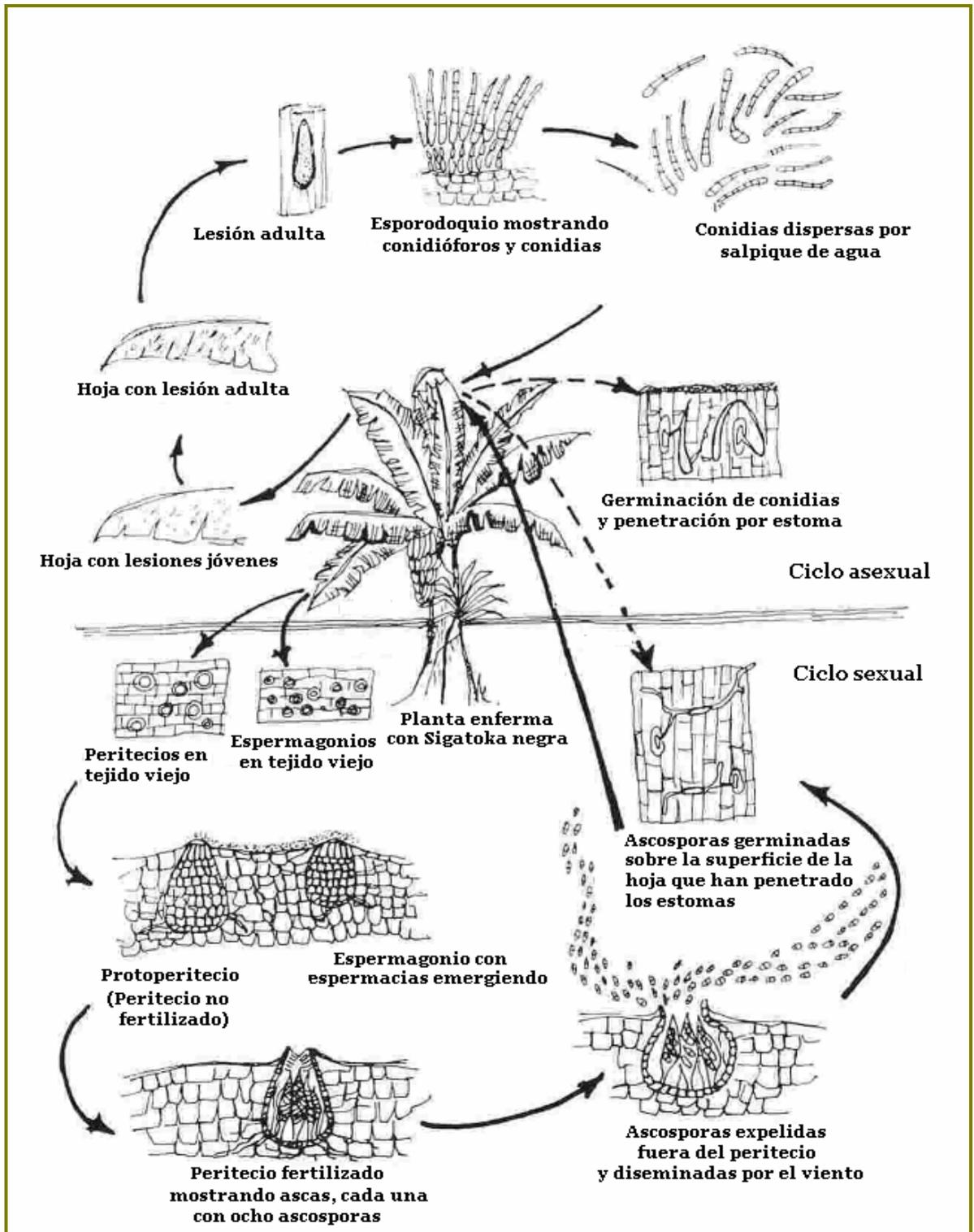


Figura 7 Ciclo de vida de la sigatoka negra (Bustamante, 1982).

E. Planta huésped

El estado que presenten las plantaciones cuando se inicia la enfermedad determinará el daño de la misma y éste afectará en forma directa a la economía del productor. Al hablar de huésped nos referimos a la planta en sí, la cual recibe en sus hojas el inóculo que penetra por medio de los estomas, infecta la hoja y se desarrolla en la misma, para completar su ciclo de vida y expulsar las esporas que nuevamente infectarán otras hojas (Bustamante, 1982).

F. Áreas de infección

El área o sitio de infección se denomina al lugar donde son depositadas las esporas (ascosporas y/o conidias) en la hoja, donde se inicia el proceso de penetración a los estomas e infección a la hoja. El área que es más susceptible a la infección es el envés de la hoja, probablemente por la forma de exposición y tener la mayor cantidad de estomas (Bustamante, 1982).

Las hojas que presentan mayor exposición a la infección, son la candela, particularmente el lado izquierdo de la misma y la primera hoja. En plantas con fruta, el avance de la infección es notorio en la mayoría de las hojas y es cuando se observa e mayor daño de la enfermedad, esto es debido al mayor tiempo que tienen las hojas a estar expuestas y que al momento de emitir el racimo floral, la planta cesa de producir más hojas. En este estado de desarrollo de la planta, es cuando el hongo hace mayor daño, porque su efecto se observará en el tipo y calidad de fruto que se produzca (Bustamante, 1982).

La fruta es afectada en forma indirecta por el hongo, porque el proceso de infección disminuye el área foliar, que influye en los procesos fisiológicos del desarrollo de la fruta. El patrón de infección en hojas jóvenes es en la punta, base y en el borde izquierdo de la hoja y en hojas viejas que han sido fumigadas con aceite y fungicidas, la infección se observará a lo largo de la vena central de la hoja (Bustamante, 1982).

G. Condiciones favorables para el desarrollo del inóculo

El desarrollo del inóculo en la plantación depende de diversos factores que le favorezca y que proporcionen las condiciones favorables para que el proceso de infección se realice y se incremente el potencial de inóculo. Estas condiciones pueden ser:

☉ Condiciones no controlables:

- Temperatura entre 21 y 28° C
- Lluvia y rocío
- Humedad

☉ Condiciones controlables:

- Humedad (microclima): condición semicontrolable, depende de la densidad de siembra, acumulación de agua dentro de la plantación por el mal drenaje y mal manejo de malezas.
- Sanidad: es la eliminación de hojas viejas y/o dobladas que estén completamente afectadas por la enfermedad y un control adecuado de malezas.
- Control de la enfermedad: al seguir todas las recomendaciones de manejo de la enfermedad y los ciclos de fumigación son adecuados, no se presentarán mayores problemas.
- Potencial de inóculo: esta determinado por el control que se haya tenido de la enfermedad, con las aplicaciones y las prácticas realizadas oportuna y adecuadamente. Dependiendo del nivel de inóculo, así se presentarán las infecciones futuras.
- Vigor de la planta: esta relacionado con los cuidados que reciba la planta en relación a fertilización, irrigación, etc., que permitirá tolerar más el daño de la enfermedad (Bustamante, 1982).

H. Sintomatología

Todas las variedades comerciales de banano y plátano son altamente susceptibles a la enfermedad. El daño de la sigatoka negra es directo sobre las hojas e indirecto sobre la

fruta, por estar su desarrollo determinado por el número de hojas presentes, desde el momento de la formación hasta el tiempo de corte del racimo. El ciclo del hongo se reduce a producción, liberación, diseminación y depositación de las esporas en el sitio de infección. Después de esto sigue el ciclo de infección que consiste en germinación, penetración por el estoma y aparición de las primeras lesiones en forma de pizcas (Bustamante, 1982).

Los síntomas se confinan a las hojas, principalmente en el envés, como pequeños puntos de color café rojizo oscuro de aproximadamente 0.25 mm de largo, posteriormente estas pequeñas manchas se alargan, formando estrías o rayas de color café, de 20 mm de largo por 2.0 mm de ancho. Las estrías se alargan y hay un cambio ligero de coloración hacia más oscuro, luego las estrías se tornan negras y se fusionan para finalmente convertirse en manchas o lesiones necróticas. Las estrías café o negras son producidas por la fase asexual del hongo (*Paracercospora fijiensis*) que es el único estado parasítico en el que se forman esporas del tipo conidia. Sin embargo, la fase sexual del hongo (*Mycosphaerella fijiensis*) se forma en las lesiones necróticas, en las que se observan sin auxilio de lentes de aumento, los cuellos emergentes de color negro de los peritecios (Bustamante, 1982).

Después de la aparición de manchas, éstas se unen, formando una mancha mayor. En este caso la hoja pierde área fotosintética, por la muerte del área foliar, causando defoliación en la planta. En general una planta normal, al momento de la emisión del racimo floral tiene de 12 a 14 hojas, llegando a la cosecha de la fruta con 9 ó 10 hojas. Se ha calculado que una hoja normal tiene una vida media de 130 a 160 días (Bustamante, 1982).

I. Epidemiología

Los factores epidemiológicos como los numerosos ciclos de reproducción sexual del hongo durante el año, la gran producción de inóculo y la ocurrencia de gran cantidad de infecciones en la parte abaxial de las hojas nuevas durante su apertura, conllevan a dificultar el control de la sigatoka negra. Además el ritmo de emisión foliar de la planta de plátano, que produce una hoja cada 7 a 15 días, permite que existan hojas nuevas

susceptibles en diferentes estadios de apertura. El sistema perenne del cultivo de musáceas que caracteriza las plantaciones comerciales, con plantas de todas las edades acentúa más esta situación (Romero, 1997).

A fin de facilitar la observación de los síntomas, sobretodo cuando se hacen evaluaciones de incidencia con el objetivo de proceder a un control químico, se han establecido seis estadios para el avance de los síntomas, que se pueden observar en la Figura 8 (Betancourt, s. f.).

Estado 1: Corresponde a una pequeña decoloración, aproximadamente de 1 mm de largo, clorótica o amarilla en la fase inicial y visible únicamente en el envés de la hoja. Para observarla, debe exponerse el envés de la hoja a la luz, ya que a tras luz no puede determinarse.

Estado 2: La decoloración se convierte en una pequeña estría de 2-3 mm de largo, pudiendo esta ser observada tanto en el envés como en el haz de la hoja. A esta fase se le denomina comúnmente "pizca".

Estado 3: La estría aumenta sus dimensiones haciéndose más larga y más ancha. Es a partir de esta fase cuando aparecen los conidióforos los cuales dan lugar a la producción de conidios.

Estado 4: Este se presenta como una mancha oval que toma una coloración marrón o pardo oscuro en el envés y negra en el haz de la hoja.

Estado 5: Se caracteriza por ser una mancha totalmente negra con tendencia elíptica y rodeada por un halo amarillo cuyo centro empieza a deprimirse.

Estado 6: Si el desarrollo de la enfermedad llega a alcanzar esta fase, el centro de la mancha se seca y llega a ser blanco-grisáceo, en el que pueden apreciarse claramente la presencia de peritecios (Betancourt, s. f.).

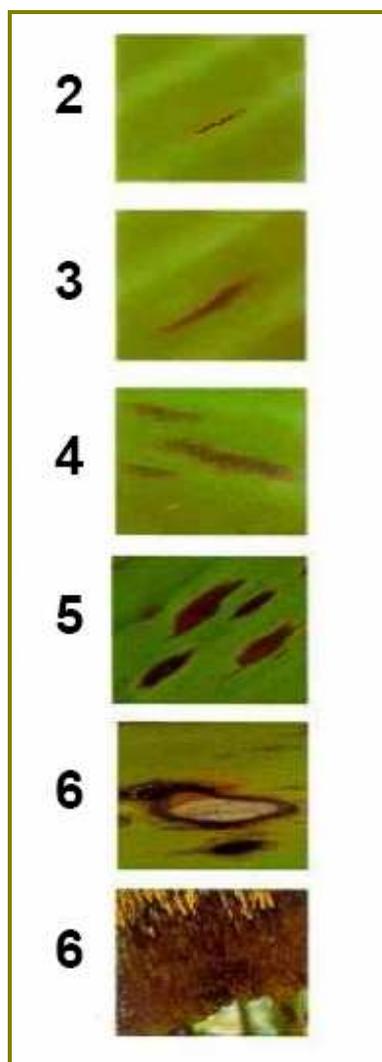


Figura 8 Estados de avance de los síntomas de sigatoka negra (Betancourt, s. f.).

Bajo condiciones óptimas de alta humedad relativa, temperatura alrededor de 25° C y en ausencia de fungicidas, el período de incubación (tiempo transcurrido entre la infección y los primeros síntomas) es de aproximadamente 2 semanas. Mientras que el período de latencia (tiempo de infección a formación de inóculo en este caso conidia) es de aproximadamente 3 semanas. La abundante cantidad de inóculo que se produce, conidia en las estrías café y negras o las ascosporas en los peritecios de las áreas necróticas, hacen que la enfermedad se desarrolle con mucha rapidez (Asencio, 2004).

En plantas afectadas por la enfermedad, las hojas presentan al momento de la emisión de la fruta, un número menor de 8 hojas y a la madurez o época de corte presenta menos de 4 hojas, lo que afecta la calidad de la fruta. De acuerdo con el grado de intensidad de la infección, el número de días de vida útil de la hoja se reduce entre 9 y 22 días, lo cual afecta al número de hojas, que se encontrarán presentes al momento de la parición y corte de la fruta (Bustamante, 1982).

La fruta es afectada en un retardo en la madurez fisiológica normal, racimos pequeños y deformados, los dedos no desarrollan en grosor o calibración, la fruta se vuelve blanda en el racimo antes de ser cosechada, la pulpa adquiere coloración y sabor anormal, maduración prematura. Esto afecta al productor en forma directa por: eliminación de la fruta madura en el campo, corte prematuro de la fruta a menor edad fisiológica, que incide en un menor número de manos aprovechables por racimo, debido a menor longitud y menor calibre de los dedos, menor peso de las manos a empacar, mayor número de manos por caja, por bajo peso de la fruta y mayor supervisión de empaque (Bustamante, 1982).

J. Evaluación del estado de infección

Es necesario tener una idea clara y precisa del estado sanitario de la finca, para prevenir daños severos al cultivo y su producción. Por esta razón se deben hacer evaluaciones periódicas (semanales o quincenales) sobre la incidencia y severidad de la sigatoka negra en cada finca. A continuación se presenta un sistema que es el más ampliamente usado: la metodología de Stover modificada por Gauhl para la evaluación de incidencia y severidad de la enfermedad de la sigatoka negra (Betancourt, s. f.).

a. Metodología de Stover modificada por Gauhl

La evaluación de incidencia y severidad por medio de la metodología de Stover modificada por Gauhl, permite obtener información bastante detallada de la situación sanitaria de la plantación. La Figura 9 muestra los seis grados que incluye la escala de Stover modificada por Gauhl. El sistema consiste en una estimación visual del área foliar afectada en todas las hojas de plantas próximas a floración, sin necesidad de bajar la hoja. Para esta

evaluación se toman en cuenta todas las hojas presentes excepto la hoja candela y las hojas agobiadas. La hoja más cercana a la hoja candela se considera la hoja 1. El conteo se facilita considerando la distribución en espiral (pares e impares) de derecha a izquierda a partir de las hojas 1 y 2, contando hacia abajo (Betancourt, s. f.).

Para determinar el área foliar afectada debe estimarse visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja y calcular el porcentaje de la hoja cubierto por los síntomas. Para esto es necesario contar con un patrón o modelo que divide la hoja en proporciones porcentuales, como se muestra en el Cuadro 4 (Betancourt, s. f.).

b. Grados de severidad (Escala de Stover modificada por Gauhl)

Los grados de severidad de la enfermedad de la sigatoka negra son parámetros que se utilizan en la evaluación semanal, se basa en una estimación del área foliar dañada.

Cuadro 4 Escala visual para evaluar el grado de infección de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en el cultivo de plátano.

Grado de severidad	Daño
0	Sin síntomas, hoja sana
1	Menos del 1 % de la hoja
2	1-5 % (o más de 10 manchas con centro grisáceo)
3	6-15 % de tejido foliar quemado
4	16-33 % de tejido foliar quemado
5	34-50 % de tejido foliar quemado
6	> 50.1 % de tejido foliar quemado

(Asencio, 2004)

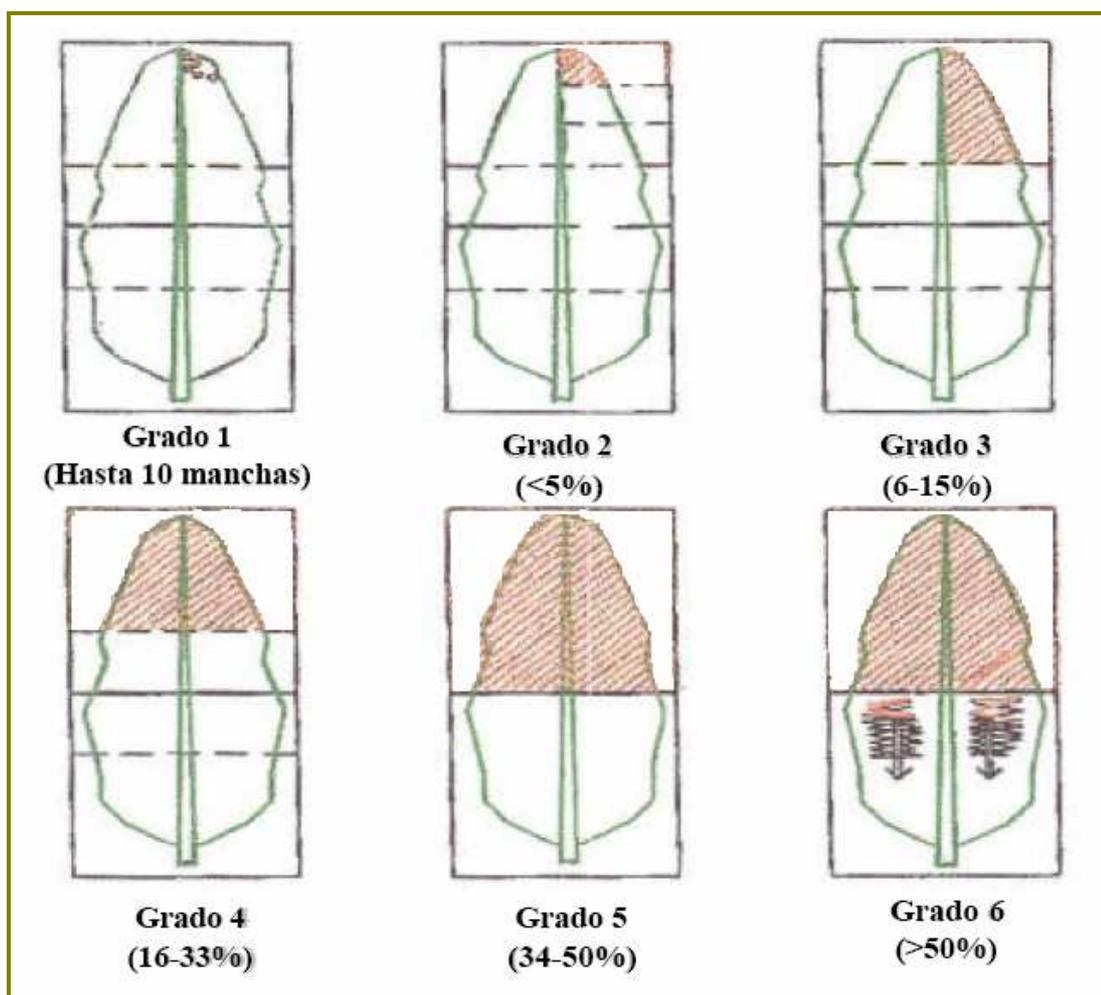


Figura 9 Escala de Stover modificada por Gauhl (Betancourt, s. f.).

K. Metodología para la evaluación de sigatoka negra en el campo

a. Numeración de las hojas de la planta

La numeración se realiza de arriba hacia abajo, como se señala en la Figura 10. En el caso de plantas aun sin florecer, se considera hoja 1, la última hoja emitida que esté al menos, 2/3 desplegada. Las hojas subsecuentes serán numeradas en edad creciente. El número total de hojas de una planta, constituye un factor determinante en el desarrollo del racimo (conformación y peso). Por lo general, en plantas recién florecidas (recién paridas), el número de hojas presentes oscila entre 12 y 14. A medida que el racimo se desarrolla algunas hojas se hacen caducas. Por ejemplo, siete semanas después de la floración el

número de hojas puede variar de 8 a 10. Para el momento de la cosecha (14 a 16 semanas después de floración) el número de hojas oscila entre 7 y 8 (Betancourt, s. f.).

De acuerdo a Stover, en explotaciones comerciales de plátano, las hojas que tienen más de un tercio del área foliar dañada, son removidas para reducir el inóculo de la enfermedad, así como también para evitar daño a la fruta por roce. En todo caso, se trata de mantener de 8 a 10 hojas durante la fase de desarrollo de la inflorescencia y 5 a 6 hojas para el momento de cosecha (Betancourt, s. f.).

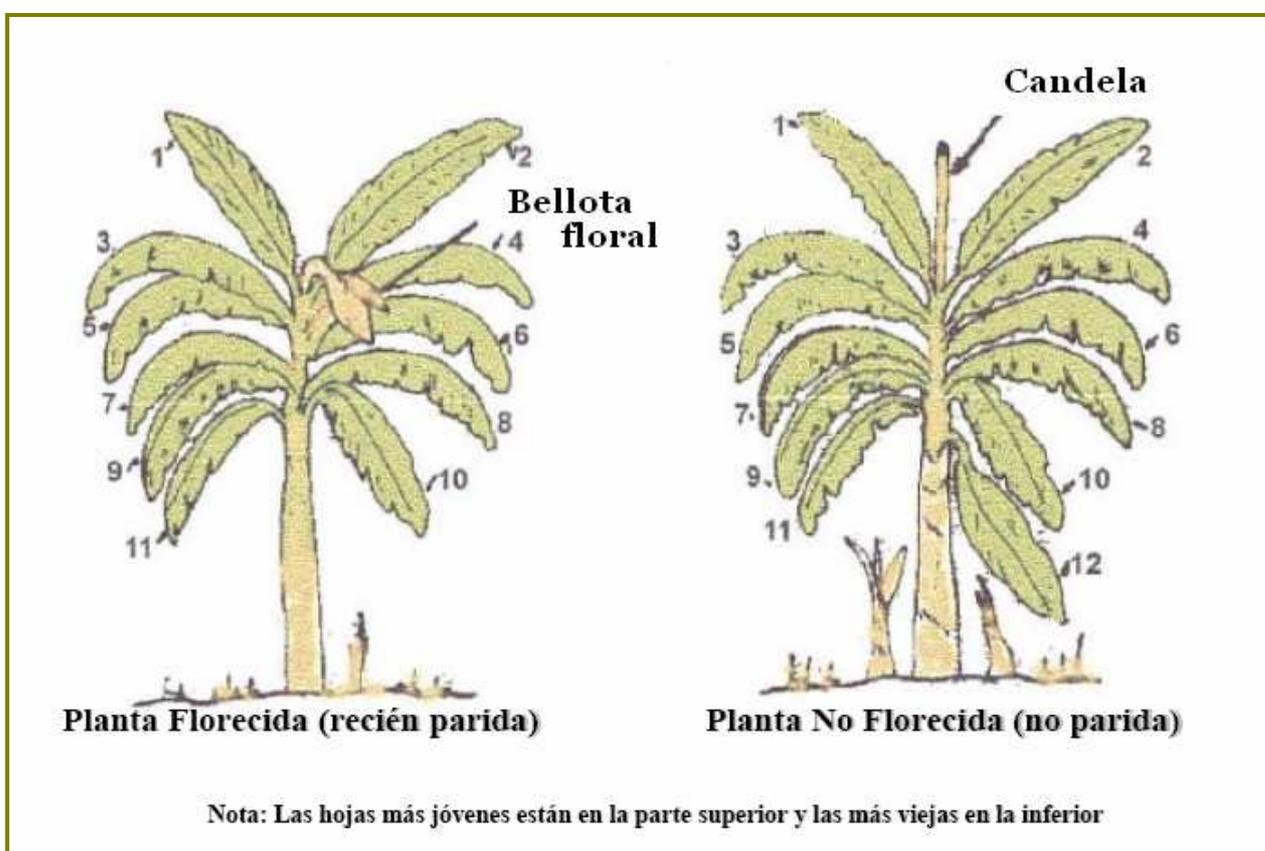


Figura 10 Numeración de las hojas de plátano (Betancourt, s. f.).

b. Total de hojas por planta (PHP)

Para determinar el promedio de hojas por planta (PHP) al realizar la evaluación, se realiza un conteo de hojas en la planta, en donde se debe tomar en cuenta la posición de las mismas ya que su desarrollo es en forma helicoidal, por lo tanto se forman dos líneas de posición, la posición de hojas con números impares y la posición de hojas con números pares, finalmente del total de plantas evaluadas se saca el promedio de hojas. Para esto se toman en cuenta todas las hojas presentes, excepto la hoja candela o cigarro y las hojas agobiadas. La más cercana a la hoja candela se considera la hoja 1 (Asencio, 2004).

c. Hoja más joven afectada por el hongo (HJA)

La hoja más joven afectada por el hongo (HJA), da una indicación del progreso de la enfermedad. En otras palabras, cuanto más joven es la hoja con síntomas, mayor es la incidencia de la enfermedad y se podría decir que también la severidad (Betancourt, s. f.).

d. Hoja más joven con pizca causada por el hongo (HJP)

La hoja más joven con pizca causada por el hongo (HJP), nos permite conocer cual es la primer hoja, según el conteo, que presenta pizca en el envés de la hoja principalmente, como pequeños puntos de color café rojizo oscuro (Betancourt, s. f.).

e. Hoja más joven con estría causada por el hongo (HJE)

La hoja más joven con estría causada por el hongo (HJE), nos permite conocer cual es la primer hoja, según el conteo, que presenta estría, la cual es formada a partir de la pizca, en forma de pequeñas manchas alargadas, de color café oscuro (Betancourt, s. f.).

f. Hoja más joven con mancha causada por el hongo (HJM)

Se considera hoja manchada aquella que al menos presenta 10 manchas producidas por sigatoka, aún cuando dichas manchas sean pequeñas. La hoja más joven manchada (HJM o YLS), es un buen indicador del nivel de la enfermedad y de las fluctuaciones de su intensidad. Se puede definir como el lugar (número) que ocupa la hoja más joven manchada mediante una observación de arriba hacia abajo, como se observa en la Figura

11. Para la aplicación del método, se utiliza el valor promedio de HJM calculado en cada muestreo (Betancourt, s. f.).

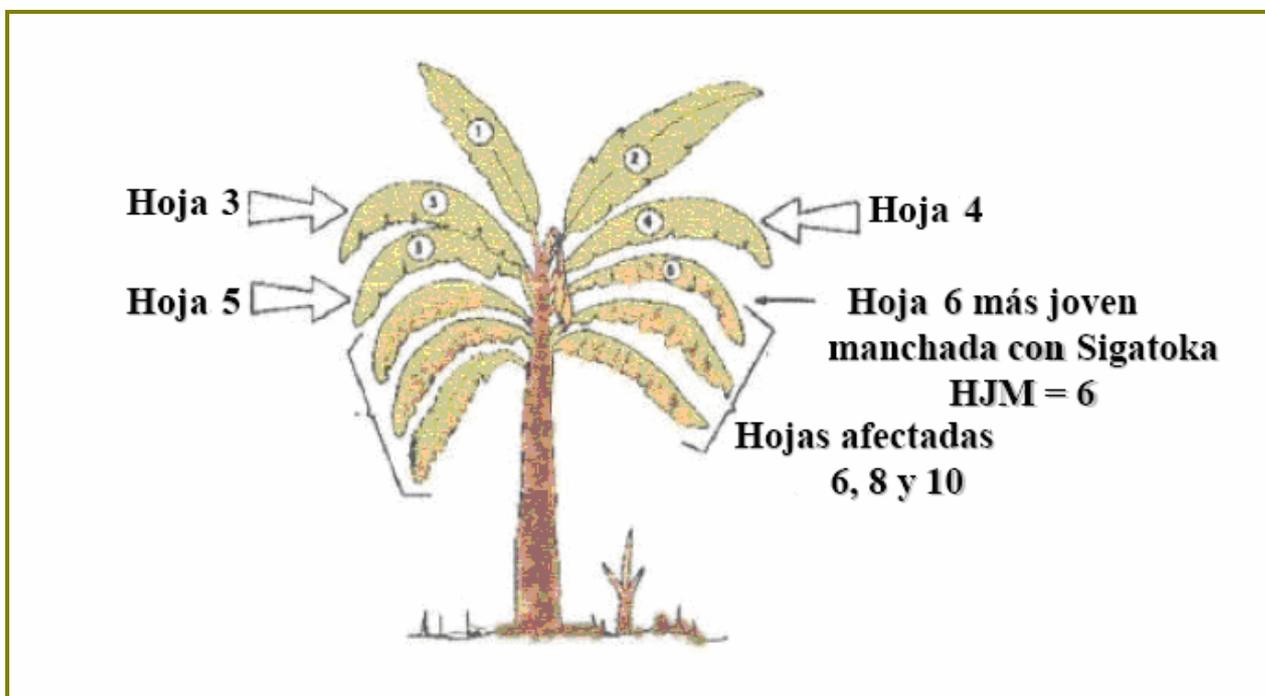


Figura 11 Ejemplo para la determinación de la hoja más joven manchada por sigatoka negra en plátano (Betancourt, s. f.).

g. Porcentaje de hojas infectadas por grado (% H.I.)

Para la obtención del porcentaje de hojas infectadas por grado (% H.I.), se cuentan el número de hojas en cada grado de infección según la escala de Stover modificada por Gauhl, se divide entre el número total de hojas de la planta evaluada y se multiplica por 100. El porcentaje total de hojas infectadas se obtiene de sumar el valor de todos los grados, del primero al sexto según la escala de Stover modificada por Gauhl o mediante la resta de 100 menos el porcentaje de hojas con grado cero o sanas. No obstante, este porcentaje subestima la severidad de la enfermedad y es por ello que el uso de un promedio ponderado de infección (P.P.I.) ha sido sugerido para obtener un valor más preciso (Betancourt, s. f.).

h. Promedio ponderado de infección (P.P.I.)

El promedio ponderado de infección es un promedio ponderado tomando en cuenta la severidad del ataque de la sigatoka negra en todas las hojas evaluadas. Su cálculo se obtiene de multiplicar el porcentaje de hojas infectadas de cada grado (% H.I.), por el correspondiente valor del grado en la escala de Stover modificada por Gauhl (0 a 6). Cada resultado se suma y el total se divide entre 100. El promedio ponderado de infección nos da un solo valor indicando la magnitud del daño al follaje de la plantación, en una escala de 0 a 1 (Betancourt, s. f.) (Asencio, 2004).

L. Control cultural de la enfermedad

La humedad relativa es el factor que más favorece el ataque de la enfermedad, por lo tanto, todas las prácticas agronómicas que tienden a disminuir la presencia de agua o humedad excesiva en la plantación, contribuyen a reducir la intensidad del ataque de la enfermedad. Lo que se persigue en el control de la enfermedad es tener el mayor número de hojas funcionales al momento de la parición y de la cosecha (Asencio, 2004).

La existencia de drenajes para evitar empozamientos de agua o excesos de la misma por lluvia o irrigación es otra práctica cultural que favorece el manejo de la enfermedad, también el control de malezas para mantener la plantación limpia y el deshoje para mantener la secuencia madre, hijo y nieto, evitando así el desarrollo de otros hijos, salvo en casos especiales (Bustamante, 1982).

Manejar la densidad de población es otra práctica cultural ligada al control de la enfermedad, el cual se debe de incluir el número de plantas por área y la distribución de las mismas, la cual dependerá del sistema de siembra y de las distancias de siembra. Al existir mayor densidad, habrá mayor humedad dentro de la plantación por lo que las condiciones son más favorables para el desarrollo del inóculo (Bustamante, 1982).

El saneamiento o deshoje también es una práctica cultural empleada, consiste en eliminar las hojas secas y las que presenten un daño severo de la enfermedad, siempre dependiendo del total de hojas que presente la planta. Esta labor debe ser

adecuadamente ordenada y supervisada, por el peligro de causar a la planta una defoliación mayor que la propia sigatoka negra. La hoja cortada tiene la capacidad, dependiendo de las condiciones climáticas, de sobrevivir de 3 a 6 semanas en el suelo, teniendo la oportunidad el hongo de producir y descargar esporas (Bustamante, 1982).

La metodología de colocar las hojas cortadas con la parte del envés pegada al suelo o acumular las mismas una encima de otra, ayudará a disminuir el potencial de inóculo de la enfermedad (Bustamante, 1982).

Otras prácticas que favorecen la estrategia de combate son la fertilización balanceada, manejo de la densidad de población y el combate de nemátodos, las cuales también sirve para optimizar las condiciones del cultivo (Betancourt, s. f.).

M. Control biológico de la enfermedad

a. Uso de microorganismos eficaces (EM)

Los microorganismos eficaces (EM) son una mezcla de culturas benéficas (bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de la fermentación), que pueden inocular el suelo y las plantas, aumentando la diversidad microbiana del ambiente, ejerciendo así, efectos positivos en los sistemas de producción (Moya, 2001).

Estudios realizados en la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, por el profesor Teruo Higa, revelan que los microorganismos pueden coexistir en culturas mezcladas y son fisiológicamente compatibles entre ellas. Cuando éstas son introducidas en el ambiente natural, sus efectos benéficos individuales aumentan significativamente en una manera sinérgica (Moya, 2001).

Dentro de los efectos positivos que se le atribuye a los EM, está la promoción de la germinación, floración, formación del fruto y crecimiento de las plantas. También mejorar las interacciones químicas y biológicas del suelo, como también disminuir la incidencia de patógenos en éste. Además aumentar la capacidad fotosintética de las plantas y la

disponibilidad de nutrientes de la materia orgánica en el suelo se incrementa (Moya, 2001).

Los EM funcionan como una medida de control biológica de patógenos que es dada con la introducción de microorganismos benéficos al ambiente de la planta. Los parásitos y patógenos son destruidos o controlados con procesos naturales, como la competitividad y antagonismo (Moya, 2001).

N. Control químico de la enfermedad

La aplicación de fungicidas para proteger las hojas jóvenes y mantenerlas sanas y funcionales la mayor parte del tiempo es la práctica principal. Una buena preparación de mezclas y cobertura en la aplicación, adecuado monitoreo de la evolución de la epidemia y la escogencia del fungicida apropiado, tampoco deben descuidarse en un programa de control. Los fungicidas utilizados los podemos agrupar en dos grandes grupos (Asencio, 2004).

- **Fungicidas de contacto:** Estos fungicidas impiden la infección, constituyendo una barrera entre el inóculo y la hoja, por lo que deben aplicarse antes de la deposición del inóculo si es que no hay redistribución de los productos en áreas tratadas a las no tratadas dentro de la misma planta. Estos fungicidas no son absorbidos ni transportados dentro de la planta. De allí que estos requieren aplicaciones más frecuentes debido a la emergencia constante de hojas nuevas. Estos fungicidas son aplicados con intervalos de tiempo entre 7 y 10 días, solos o en cócteles con sistémicos (Asencio, 2004).

También podemos mencionar a los fungicidas protectores, los cuales no penetran en la hoja, pero se requiere una distribución uniforme sobre la hoja a manera de formar una capa protectora que evite que el hongo penetre. El modo de acción de estos productos normalmente es multisitio, por lo que es baja la posibilidad de originar resistencia por su uso continuado. Algunos ejemplos de protectores son el Mancozeb y el Clorotalonil (Bravo 500) (Betancourt, s. f.).

● **Fungicidas sistémicos:** Es el grupo de fungicidas más importante utilizado en el control de la sigatoka negra por sus características terapéuticas y el efecto prolongado que poseen. Estos fungicidas son absorbidos por las hojas cuando se aplican, ya sea en el envés o en el haz, inhiben el desarrollo del hongo, es decir detienen infecciones ya establecidas. Aquí tenemos los grupos de morfolinas (calixin, tridemorph), triazoles (tebuconazole, propeconazol, bitertanol y hexaconazol), benzimidazoles (benomyl, carbendazim y metil-tiafanato), estrobirulinas (azoxistrobin), spiroketalaminas, pirimidinas. Los fungicidas sistémicos son aplicados con adherente en dosis que varía de 1 a 7 litros por hectárea. La dosis de adherente dependerá de la temperatura, estación del año y presión de la enfermedad. Durante la estación lluviosa normalmente se usan las dosis de aceite más altas (Asencio, 2004) (Betancourt, s. f.).

Como complemento de los fungicidas se emplean los aceites agrícolas, los cuales poseen propiedades importantes para el combate del patógeno, entre ellas: mejor penetración, distribución y permanencia del fungicida aplicado, así como su efecto fungistático. Otros productos empleados son los emulsificantes, necesarios para realizar las mezclas de aceite-agua, cuando se aplica un fungicida en emulsión (Betancourt, s. f.).

a. Ejemplos de fungicidas para el control de sigatoka negra

A continuación se describen algunos fungicidas de uso común para el control de sigatoka negra en plantaciones de Musáceas a nivel nacional, en el Cuadro 5 se presenta la descripción de los fungicidas Amistar 50 WG y Manzate 43 SC.

Cuadro 5 Descripción de los fungicidas Amistar 50 WG y Manzate 43 SC.

	Amistar 50 WG	Manzate 43 SC
Grupo químico	Estrobilurina	Ditiocarbamato
Ingrediente activo	Azoxystrobin	Mancozeb
Concentración	50 %	43 %
Formulación	Gránulos dispersables en agua (WG)	Suspensión Concentrada (SC)
Modo de acción	Sistémico y de contacto, de origen natural, presenta triple acción, con actividad preventiva, curativa y antiesporulante	Fungicida preventivo de contacto que forma una capa protectora sobre el follaje, inhibe la germinación de esporas y formación de apresorios
Clasificación toxicológica	Ligeramente tóxico (IV)	Ligeramente tóxico (IV)
Banda toxicológica	Verde	Verde
Dosis recomendada	250 a 300 gr/ha	3 a 5 lt/ha
Intervalo de aplicación	Según grado de infección	8 días, con un máximo de 20 por año
Intervalo de reingreso al área tratada	No ingresar al área en 1 hora o cuando ya este seca el área	No existe, solo esperar a que haya secado el producto
Fitotoxicidad	Para algunas variedades de manzano	No presenta en dosis recomendada
Compatibilidad	Con fungicidas e insecticidas de uso común	No usarse en mezcla con compuesto de reacción alcalina
Toxicidad	Peces y crustáceos	Para peces y crustáceos
Antídoto	No tiene	No tiene
Tratamiento	Aplicar tratamiento sintomático	Aplicar tratamiento sintomático

(Sygenta, 2008) (Edifarm, 2001)

En el Cuadro 6 se presenta la descripción de los fungicidas Impulse 80 EC y Baycor 50 SC, utilizados en programas de control químico de sigatoka negra en plantaciones de Musáceas.

Cuadro 6 Descripción de los fungicidas Impulse 80 EC y Baycor 50 SC.

	Impulse 80 EC	Baycor 50 SC
Grupo químico	Spiroketalamina	Triazol
Ingrediente activo	Spiroxamine	Bitertanol
Concentración	80 %	50 %
Formulación	Concentrado Emulsionable (EC)	Suspensión Concentrada (SC)
Modo de acción	Preventivo y curativo, actúa contra el patógeno aún después de iniciada la infección o síntomas visibles. Es absorbido vía translaminar	Sistémica y por contacto, es un típico inhibidor de la síntesis del esterol en los hongos susceptibles. Es absorbido vía xilema
Clasificación toxicológica	Altamente tóxico (II)	Ligeramente tóxico (IV)
Banda toxicológica	Amarillo	Verde
Dosis recomendada	400 ml/ha	0.5 lt/ha ó 0.35 lt/mz
Intervalo de aplicación	5 a 10 días/ciclo según clima y grado de infección	8 a 12 días según grado de infección
Intervalo de reingreso al área tratada	Esperar a que el caldo aplicado se haya secado completamente	0 días, no hay restricción
Fitotoxicidad	No presenta en dosis recomendada	No presenta en dosis recomendada
Compatibilidad	Con fungicidas triazólicos y carbamatos	Fungicidas e Insecticidas de uso común
Toxicidad	Para peces	Para peces y crustáceos
Antídoto	No tiene	No tiene
Tratamiento	Aplicar tratamiento sintomático	Aplicar tratamiento sintomático

(Bayer CropScience, 2007)

En el Cuadro 7 se presenta la descripción de los fungicidas Sico 250 EC y Stratego 25 EC, utilizados en programas de control químico de sigatoka negra en plantaciones de Musáceas.

Cuadro 7 Descripción de los fungicidas Sico 250 EC y Stratego 25 EC.

	Sico 250 EC	Stratego 25 EC
Grupo químico	Triazol	Estrobilurina, Triazol
Ingrediente activo	Difenoconazol	Trifloxistrobin, Propiconazole
Concentración	25 %	25 %
Formulación	Concentrado Emulsionable (EC)	Concentrado Emulsionable (EC)
Modo de acción	Fungicida sistémico, provee un duradero efecto preventivo y un fuerte control curativo y erradicativo de la sigatoka negra en banano y plátano	Fungicida de amplio espectro que combina dos diferentes ingredientes activos y desarrolla una acción sistémica y mesostémica. El efecto sistémico consiste en una rápida distribución por la vía del xilema a todas las partes del vegetal
Clasificación toxicológica	Moderadamente tóxico (III)	Ligeramente tóxico (IV)
Banda toxicológica	Azul	Verde
Dosis recomendada	0.3 a 0.4 lt/ha	0.7 a 0.85 lt/ha
Intervalo de aplicación	Según grado de infección	De 12 a 14 días, según clima y grado de infección
Intervalo de reingreso al área tratada	Después de que seque el caldo de aspersión sobre el cultivo	Después de que seque el caldo de aspersión sobre el cultivo
Fitotoxicidad	No presenta en dosis recomendada	No presenta en dosis recomendada
Compatibilidad	Fungicidas de uso común	Fungicidas de uso común
Toxicidad	Para peces y crustáceos	Para peces y crustáceos
Antídoto	No tiene	No tiene
Tratamiento	Aplicar tratamiento sintomático	Aplicar tratamiento sintomático

(Bayer CropScience, 2007) (Ecuaquímica, 2009)

En el Cuadro 8 se presenta la descripción de los fungicidas Silvacur combi 30 EC y Tega 25 SC, utilizados en programas de control químico de sigatoka negra en plantaciones de Musáceas.

Cuadro 8 Descripción de los fungicidas Silvacur combi 30 EC y Tega 25 SC.

	Silvacur combi 30 EC	Tega 25 SC
Grupo químico	Triazol	Estrobilurina
Ingrediente activo	Tebuconazole, Triadimenol	Trifloxystrobin
Concentración	Tebuconazole 22.5 % Triadimenol 7.5 %	25 %
Formulación	Concentrado Emulsionable (EC)	Suspensión Concentrada (SC)
Modo de acción	Sistémico y se caracteriza por poseer tanto un efecto preventivo como curativo	Acción mesostémica, que consiste en es absorbido por la capa de cera de la superficie de las hojas, luego es redistribuido a otras partes de la planta por movimiento superficial de vapores y por redeposición
Clasificación toxicológica	Moderadamente tóxico (III)	Ligeramente tóxico (IV)
Banda toxicológica	Azul	Verde
Dosis recomendada	0.5 lt/ha	0.3 lt/ha
Intervalo de aplicación	21 a 25 días, aplicando de 6 a 8 ciclos por año	45 a 60 días, no más de 3 o 4 veces por año en rotación con otros fungicidas
Intervalo de reingreso al área tratada	Sin restricción o al estar seco el caldo de aspersión sobre las hojas	No ingresar al área hasta que este totalmente seca
Fitotoxicidad	No presenta en dosis recomendada	No presenta en dosis recomendada
Compatibilidad	Con fertilizantes foliares, fungicidas de uso común y adherentes agrícolas	Con aceite agrícola, Mancozeb y Calixin, pero se recomienda hacer pruebas
Toxicidad	Para peces y crustáceos	Para peces y crustáceos
Antídoto	No tiene	No tiene
Tratamiento	Aplique tratamiento sintomático	Aplique tratamiento sintomático

(Bayer CropScience, 2007)

b. Resistencia a fungicidas

Los fungicidas sistémicos que se utilizan en el combate de la sigatoka negra, son químicos muy específicos que poseen un solo sitio de acción en el metabolismo del hongo, por lo cual el riesgo de generar resistencia es mayor que con productos en sitios múltiples (Betancourt, s. f.).

Se habla de resistencia de un organismo cuando un producto químico determinado no causa el mismo efecto sobre las poblaciones de este en las mismas concentraciones de fungicidas. En otras palabras, hay un importante incremento en la frecuencia de las poblaciones del hongo con menor sensibilidad al producto químico (Betancourt, s. f.).

En vista que son muy poco los fungicidas sistémicos con los que se cuenta, el manejo racional de los mismos es sumamente importante para dar una mayor vida útil al fungicida, manteniendo así una eficacia apropiada contra el hongo. Existen metodologías con las cuales se puede detectar en el laboratorio el nivel de resistencia del patógeno a los diferentes fungicidas que se emplean en su combate. Una de las principales, es la rotación de productos con modo de acción diferentes, además del monitoreo periódico de la sensibilidad del patógeno (Betancourt, s. f.).

Algunas de las sugerencias para evitar riesgos que generen resistencia son:

1. Alternancia de productos de modo de acción diferente.
2. Utilización de mezclas de sistémicos con protectantes, principalmente en el caso del Benomyl. Este tipo de mezcla es comúnmente conocido como “coctel”.
3. Limitar el número de aplicaciones de un mismo fungicida sistémico de 6 a 8 por año.
4. No más de dos aplicaciones consecutivas de un mismo fungicida sistémico (Betancourt, s. f.).

2.4.2 Marco referencial

2.4.2.1 Historia

La finca nacional “La Blanca” había sido expropiada a inmigrantes alemanas durante el período de la pre-guerra, pasando a ser administrada por el Estado. El 20 de agosto de 1936 fue segregada del municipio de Coatepeque, Quetzaltenango y se anexó al municipio de Ocos, San Marcos (Chinchilla, 2004).

Posteriormente el parcelamiento “La Blanca” fue fundado en el año de 1950. Primeramente estas tierras pertenecieron a un ciudadano alemán, cuya esposa se llamaba “Blanca Isabel”, de donde se deriva el nombre actual (Pérez, 1979).

Posteriormente el parcelamiento perteneció al INFOP y al Banco Nacional Agrario, luego por medio del Decreto 1551 emitido por el Congreso de la República fue creado el Instituto Nacional de Transformación Agraria -INTA-, quien estuvo a cargo de la administración del parcelamiento (Pérez, 1979).

2.4.2.2 Localización

El parcelamiento “La Blanca” se encuentra limitado por el río El Naranjo al Oeste y el Zanjón Pacayá al Este, al Norte colinda con la finca “Manchuria” y al Sur con el caserío Almendrales (Chinchilla, 2004).

La finca “La Moyuteca” se encuentra en el parcelamiento “La Blanca”, localizado en el municipio de Ocos, en el departamento de San Marcos, en una zona intermedia entre los ríos Ocosito o Tilapa y El Naranjo, como se observa en la Figura 12. Se localiza geográficamente en las coordenadas 14°32'07.4” Latitud Norte y 92°09'03.7” Longitud Oeste, respecto al Meridiano de Greenwich, a una altura de 10 m.s.n.m.

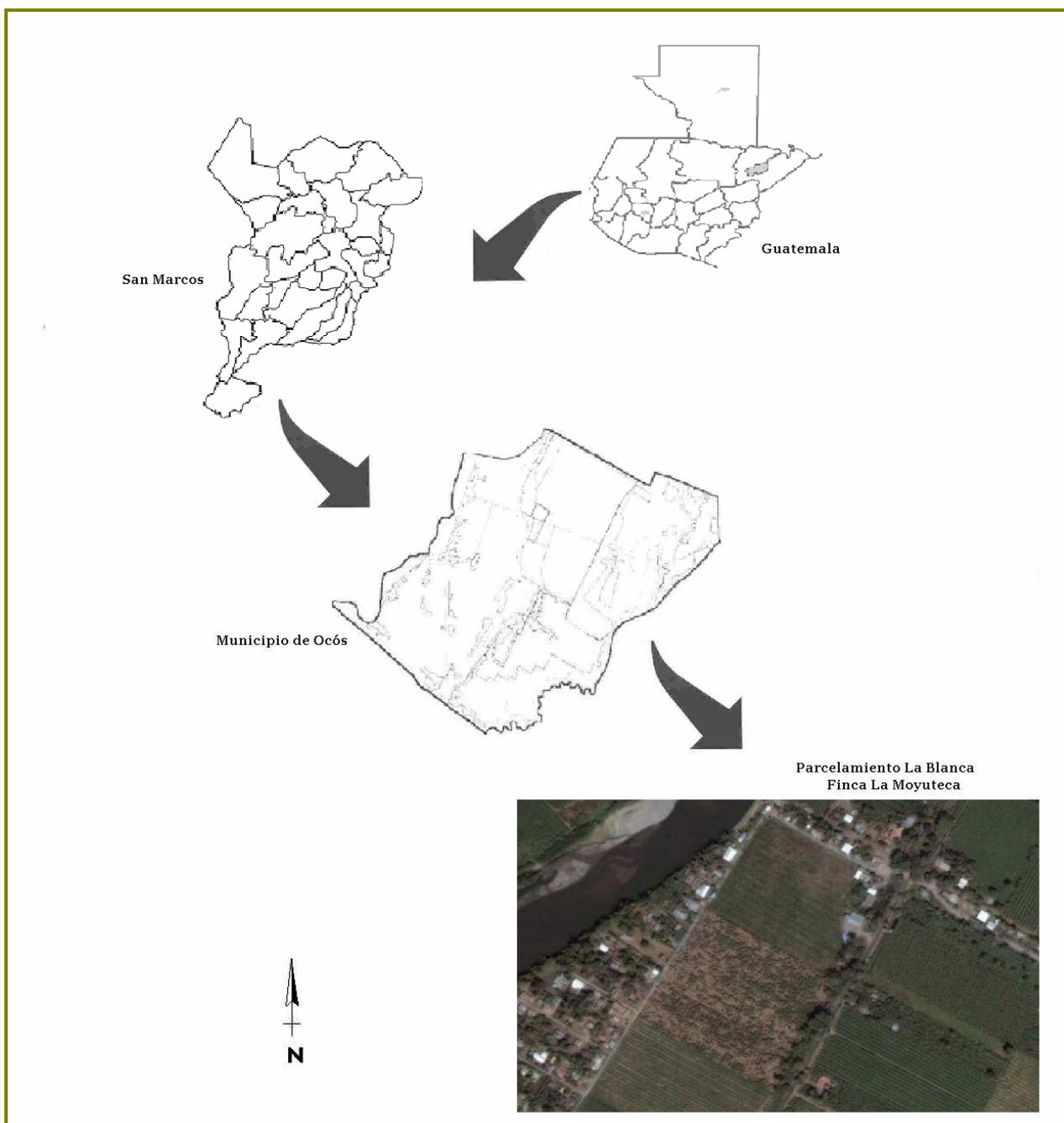


Figura 12 Ubicación de la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocós, San Marcos, Guatemala.

2.4.2.3 Vías de acceso

El parcelamiento “La Blanca” tiene dos vías de comunicación, una terrestre y una lacustre. Por vía terrestre se comunica a la carretera asfaltada internacional del pacífico CA-2, por medio de la Ruta Departamental 2, totalmente asfaltada de 25 km, a 41 km de la Ciudad de Coatepeque y por esta misma ruta a 261 km de la ciudad capital de Guatemala. Dentro del parcelamiento existen caminos de penetración de dos clases, unos transitables durante todo el año y otros transitables solo en verano (Pérez, 1979).

Por vía lacustre, se hace a través del río El Naranjo y el canal, siendo utilizada por embarcaciones de poco calado y solo en la época de lluvia, sin embargo se transporta carga, materiales varios y víveres; siendo las poblaciones de Los Limones, La Zarca, Las Cruces y Ocos las que se intercomunican de esta manera (Pérez, 1979).

2.4.2.4 Clima

El clima del área es cálido, sin estación fría bien definida. La finca tiene una precipitación pluvial anual de 1,303.5 mm, siendo de mayo a octubre los meses de mayor precipitación. La temperatura promedio anual es de 28° C, con máximas promedio de 36° C y mínimas promedio es de 20° C, con una humedad relativa promedio anual de 74 %. Se reporta una evapotranspiración potencial para la época seca (noviembre a abril) de 764.25 mm (Chinchilla, 2004).

Debido a la escasa pendiente y como consecuencia de la temporada lluviosa, los ríos Ocosito, Pacayá y El Naranjo se desbordan, provocando inundaciones que afectan no solo a la población sino a la producción de cultivos (Chinchilla, 2004).

2.4.2.5 Suelos

Los suelos del parcelamiento “La Blanca” están desarrollados sobre aluviones cuaternarios, pertenecen a la división fisiográfica de suelos del litoral del pacífico y en su mayor parte a la serie Tiquisate. Ocupan relieves casi planos, con un declive de 1 % (Pérez, 1979).

Son suelos profundos con textura mediana (francos, franco limoso y franco arenosos), la estructura más generalizada es la de bloques subangulares medianos de débil a moderadamente desarrollados, con una consistencia de suave a friable. El color de estos suelos es gris a pardo y en condiciones húmedas pardo grisáceo a pardo oscuro. La erosión es de ligera a moderada (pendiente 1 %). Los suelos tienen un alto contenido de materia orgánica, la reacción varía de ligeramente ácida a ligeramente alcalina (pH 6.4 a 7.4) (Pérez, 1979).

2.4.2.6 Recursos hídricos

El parcelamiento “La Blanca” cuenta con dos ríos influyentes: El Naranjo y Ocosito o Tilapa. El río El Naranjo influye sobre el distrito con su contenido de agua subterránea que hace que los suelos sean húmedos. Está formado por la influencia de los ríos Izquilá y Paxlon en San Marcos, sirve de límite entre los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, desemboca cerca de Ocos, su caudal mínimo es de 11 m³/s (en época seca). Se utiliza como fuente de agua del sistema de riego existente en el parcelamiento para las plantaciones de plátano principalmente. Las aguas del río también se tienen como uso en el lavado de ropa, como medio de comunicación en canoas, para la pesca y como zona de recreo (Pérez, 1979).

En el río El Naranjo se localiza la presa derivadora del sistema de riego por gravedad “La Blanca” en terrenos de la Hacienda “El Prado”, Pajapita, San Marcos. El agua derivada de esta presa es clasificada como C1S1, la cual es considerada de baja salinidad y puede usarse en la mayor parte de los cultivos, con poca probabilidad de desarrollar salinidad y de la misma manera alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable (Chinchilla, 2004).

El río Ocosito o Tilapa nace en las faldas occidentales del volcán Santa María, sirve de límite entre Quetzaltenango y Retalhuleu en casi todo su recorrido; desemboca en Ocos, tiene un caudal mínimo de 5 m³/s (en época seca). Esta cuenca es bien drenada en el Norte y al Este, pero al Sur y al Oeste, especialmente al Sur donde los manglares y

pantanos predominan, los ríos tributarios decrecen. Su utilización esta en la pesca, como medio de comunicación y como zona recreativa (Pérez, 1979).

2.4.2.7 Producción de plátanos en Guatemala

Durante el período 1998-2003, la producción de plátano en Centroamérica ha crecido en un 7 %. En el 2002, el mayor productor de plátano de la región fue Guatemala con el 59 %, seguido por Honduras con el 14 %, El Salvador con 11 %, Costa Rica con 10 % y finalmente Nicaragua con el 7 %. Si se incluye el Caribe, la producción de Centroamérica y el Caribe alcanza 1.5 millones de TM anualmente, de las cuales unas 400 mil TM (27 %) son producidas en Centroamérica (Guatemala, Costa Rica, Honduras y Nicaragua) (IICA, 2004).

De acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario 2003, el 86.7 % del área sembrada a nivel nacional se encuentra concentrada en 4 departamentos: Escuintla (43.5 %), San Marcos (24.5 %), Suchitepéquez (12.4 %) e Izabal (6.3 %), siendo los principales picos de cosecha en junio, julio y noviembre (MAGA, 2008).

El área cosechada, la producción y el rendimiento del cultivo del plátano en Guatemala se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9 Área cosechada, producción y rendimiento del cultivo del plátano en Guatemala durante el período 2003 – 2007.

Año	Área cosechada (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (TM/ha)
2003	11,928.70	316,916.40	26.57
2004	11,970.00	310,257.21	25.92
2005	12,600.00	244,939.90	19.44
2006 p/	12,600.00	247,207.87	19.62
2007 e/	12,600.00	252,152.02	20.01

p/ Cifras preliminares, e/ Cifras estimadas
(MAGA, 2009)

Entre los aspectos económicos, el plátano genera un empleo directo en campo de 1,286,250 jornales / año (2005), lo cual es equivalente a 4,594 empleos permanentes, con un costo de establecimiento de Q 16,868.10 / ha. Ante el Banco de Guatemala, el plátano está registrado bajo la partida arancelaria 0803.00.20 del Sistema Arancelario Centroamericano -SAC-, tiene el 15 % de derechos arancelarios a la importación, sobre el valor CIF (Cost, Insurance and Freight) (MAGA, 2008).

2.4.2.8 Importaciones y exportaciones de plátano en Guatemala

Los principales mercados para el plátano son Estados Unidos y Europa. Estos mercados son exigentes respecto con la calidad y tiempo de llegada del producto. Hacia Estados Unidos, se puede exportar vía terrestre o aérea el producto con un grado de madurez de tres cuartos. Este grado es el justo para que el producto sea entregado en los mercados dos o tres días después de haber sido cosechado. Este método de cosecha requiere de un seguimiento cuidadoso al proceso de maduración del producto en la planta. El producto es vigilado hasta que alcanza el punto en que los dedos del racimo se vuelven angulares y más redondos. Hacia Europa, la cosecha del producto a exportar debe ser controlada conociendo la edad de la fruta. La cosecha se realiza nueve semanas después de aparecido el racimo (IICA, 2004).

Estados Unidos es el mayor importador de plátano a nivel mundial. Este producto es importado para abastecer la demanda de las poblaciones hispanas fundamentalmente. El plátano fresco es conocido en este mercado como un tipo de “banano especial” que se encuentra en el mercado durante todo el año. En el 2003, los principales abastecedores de plátano fueron: Colombia con un 39 %, Ecuador con un 28 %, Guatemala con un 25 %, Costa Rica con un 6 % y Venezuela con el 1 %. Guatemala, en los últimos cinco años, ha incrementado el volumen de exportación de plátano a Estados Unidos en un 517 %. En el 2003, Guatemala exportó 53 mil TM más que lo exportado en 1999 (IICA, 2004).

Las exportaciones de plátano guatemalteco se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10 Exportaciones de plátano en Guatemala durante el período de 2001 a 2009.

Año	Exportación	
	TM	US\$
2001	74,904.67	13,025,977.00
2002	82,444.26	21,545,013.00
2003	83,323.05	24,690,824.00
2004	66,289.39	19,478,319.00
2005	97,845.64	23,041,825.00
2006	75,499.60	15,679,097.00
2007	116,564.48	23,356,665.00
2008	122,287.05	27,563,058.00
2009*	74,289.63	19,569,639.00
Total	793,447.77	187,950,417.00

* Dato preliminar agosto 2009.

(MAGA, 2009)

En Centroamérica, el mercado del plátano fresco es muy competitivo debido a que se produce en la mayor parte de la región. Este mercado es menos exigente en estándares de calidad en comparación con los Estados Unidos. Sin embargo, se demanda un plátano grande, limpio y libre de manchas y daños mecánicos. El principal importador de la región es El Salvador que importa este producto de Nicaragua y Guatemala, siendo esta última la que tiene el control del mercado con un producto de buena calidad. Las importaciones de plátano de Guatemala se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11 Importaciones de plátano en Guatemala durante el período de 2001 a 2009.

Año	Importación	
	TM	US\$
2001	0	0
2002	598.16	602,805.00
2003	39.00	14,302.00
2004	1,370.26	443,335.00
2005	37.50	13,614.00
2006	130.80	44,948.00
2007	64.37	21,433.00
2008	142.62	44,315.00
2009*	95.91	16,230.00
Total	2,478.62	1,200,982.00

* Dato preliminar agosto 2009.

(MAGA, 2009)

2.4.2.9 Variedades cultivadas de plátano en Guatemala

Las variedades más cultivadas en Guatemala son: a) Plátano Cuerno o Macho que por varias décadas ha sido la más usada por los productores, se caracteriza por su porte alto y delgado, susceptibilidad a vientos fuertes, producción promedio de 35 unidades por racimo (máximo 50, mínimo 20), así como por su resistencia a las malas condiciones de manejo; y b) Plátano Currare Enano o Chifle, que se caracteriza por ser precoz, de porte bajo y grueso, resistente a los vientos fuertes; es más rendidor alcanzando en promedio 60 unidades por racimo (máximo 70, mínimo 50), lo que lo hace muy aceptado para exportación; además es susceptible a las malas condiciones de manejo tales como la falta de agua y fertilización (Chinchilla, 2004).

2.4.2.10 El cultivo del plátano en el parcelamiento “La Blanca”

La producción del plátano en el parcelamiento “La Blanca” se ha dado desde hace más de 40 años, abarcando la exportación más reciente y exitosa hacia Estados Unidos desde 1999 a la fecha. En el parcelamiento “La Blanca” existen básicamente dos grupos de productores: los no tecnificados, que producen plátano para el mercado regional y los tecnificados, que producen plátano para el mercado de exportación. El mercado más

importante actualmente para la exportación, ya que la tendencia en el consumo es creciente debido al aumento de la población de dicho país, especialmente las comunidades latina y asiática. Con base en criterios agronómicos, de los aproximadamente 60 productores involucrados directamente en la exportación, 20 tienen un nivel de tecnificación alto, 30 tienen un nivel de tecnificación mediano y 10 tienen un nivel de tecnificación bajo. El costo de producción de plátano para exportación para el parcelamiento “La Blanca”, es de Q42,920.00 / ha (US\$ 237 / TM), mientras que para el mercado local es de Q23,396.00 / ha (US\$ 135 / TM) (Chinchilla, 2004).

2.4.2.11 Productos biológicos para el manejo alternativo de sigatoka negra

Debido a que los productos utilizados en la investigación se encuentran en fase de prueba, se han catalogado como productos A, B y C.

Producto A: Es un polvo mojable formulado a base de diferentes cepas de microorganismos benéficos que atacan al patógeno por los métodos de competencia, parasitismo y antibiosis, además de contener en su composición inductores de la síntesis de fitoalexinas, lo que garantiza un buen control y la seguridad de la no generación de resistencia por ser un producto con múltiples modos y sitios de acción. Su composición es a base de microorganismos (biomasa microbiana derivada de fermentación), vitaminas, azúcares, proteínas hidrolizadas (aminoácidos libres) y diatomea (vehículo fijador). Este coadyuvante microbial para el manejo de sigatoka negra se puede aplicar en cualquier etapa del cultivo, pero se sugiere hacer las aplicaciones en las primeras etapas de desarrollo del mismo. Se puede mezclar con cualquier insecticida o nutriente foliar, pero no es recomendable hacer mezclas con fungicidas o bactericidas.

Producto B: Es un nutriente microbiano, activador de los microorganismos del producto A, es necesaria su mezcla ya que esto provoca que cuando se realice la aplicación, se encuentre la máxima cantidad de microorganismos benéficos y se logre un control más rápido. Su composición es a base de glucosa como fuente de azúcar, aminoácidos libres, péptidos y polipéptidos, nitrógeno total, fósforo, vitaminas del complejo B y minerales. Posee la ventaja de ser una fuente de nutrientes presentando los aminoácidos en forma

libre permitiendo su rápida absorción, apoyando a los péptidos y polipéptidos en su acción tensoactiva y favoreciendo la asimilación del producto.

Producto C: Es una mezcla de surfactantes orgánicos no iónicos y aceite de neem (sales de potasio de ácidos grasos, como fuente proveedora de azaridactina) extraída de las semillas del árbol y agua. Los surfactantes son esenciales en cualquier superficie y condición ya que agregan mayor humedad en el proceso donde se desarrollan microorganismos (al existir mayor solución acuosa existe mayor alimento para los microorganismos). De hecho los surfactantes son producidos por los microorganismos para solubilizar componentes orgánicos hidrofóbicos. La azaridactina (aceite de neem) posee alta capacidad fungicida y antiviral, favoreciendo el control de la enfermedad, por lo que potencializa de manera significativa el efecto del producto a aplicar, al mismo tiempo que elimina insectos plaga en el cultivo y actúa como ovicida impidiendo la eclosión por asfixia.

Este producto es utilizado únicamente en las aplicaciones foliares, actuando de dos modos, incrementando la solubilidad del producto a aplicar y rompiendo la tensión superficial en las hojas, lo que facilita la adherencia y penetración de las estructuras o metabolitos segregados por los microorganismos, incrementando la superficie de contacto y por ende, uniformiza la aplicación. Este adherente y dispersante se puede mezclar con cualquier producto fitosanitario, excepto aquellos que tengan un pH muy alcalino, sin embargo se recomienda hacer pruebas de compatibilidad.

La mezcla de los productos A y B debe de realizarse en 10 litros de agua, con 8 horas de anticipación para lograr una adecuada aplicación y colonización por parte de los microorganismos. Al realizar la mezcla se debe agitar o revolver la misma y dejar reposar hasta el momento de la aplicación. El producto C, que solo se utiliza para aplicaciones foliares, se debe agregar al momento de la aplicación a la mezcla ya elaborada. Para la realización de estas aplicaciones se sugiere la utilización de una aspersora motorizada, que no haya sido utilizada con anterioridad para aplicar herbicidas, insecticidas, nematocidas o fungicidas.

Para obtener un mejor resultado se recomienda calibrar el equipo a utilizarse antes de comenzar cada aplicación y aunque no son productos tóxicos, se recomienda utilizar equipo de protección, por cualquier reacción de tipo alérgica. La mezcla de los productos A, B y C, se puede mezclar con cualquier insecticida o nutriente foliar, pero no se recomienda hacer mezclas con fungicidas o bactericidas.

A. Dosificación de productos

Para las aplicaciones al suelo se recomienda la siguiente dosis:

Cuadro 12 Detalle de las aplicaciones al suelo del manejo alternativo.

Producto	Dosis inicial o de choque / ha	Dosis de mantenimiento mensual / ha
Producto A	500 gramos	250 gramos
Producto B	250 gramos	125 gramos

Para las aplicaciones al follaje se recomienda la siguiente dosis:

Cuadro 13 Detalle de las aplicaciones al follaje del manejo alternativo.

Producto	Dosis de mantenimiento / ha	Frecuencia
Producto A	250 gramos	Cada 14 días
Producto B	125 gramos	
Producto C	125 ml.	

B. Aplicaciones de los productos biológicos

Para las aplicaciones de la mezcla de los productos biológicos se recomienda utilizar equipo de protección que incluya guantes, gafas, máscaras y overol. Para obtener un mejor resultado de la aplicación se recomienda calibrar el equipo a utilizarse y considerar las condiciones climáticas del lugar.

Aplicación inicial de choque: Esta aplicación se realiza al suelo, con aspersora y dirigida a la base de la planta y el objetivo de esta es el de inocular una cantidad grande de microorganismos benéficos para que se adapten a las condiciones donde habrán de desarrollarse.

Aplicaciones de mantenimiento: Se realizan de manera mensual y van dirigidas también a la base de la planta; comenzarán un mes después de haber realizado la aplicación de choque, su objetivo es el de mantener la población de microorganismos benéficos inoculados para ir logrando que se establezca un equilibrio en el suelo y sea posible la liberación de elementos bloqueados y se regulen las poblaciones de microorganismos patógenos.

Aplicaciones foliares: Su función es realizar colonización con microorganismos antagonistas al patógeno para que parasiten las estructuras ya presentes en las hojas y eliminen las esporas que pretendan infectar a las hojas existentes. Este tipo de aplicación se debe realizar con una frecuencia de 14 días para proteger a las hojas recién emitidas.

2.5 Hipótesis

- ④ La incidencia de sigatoka negra en plátano es menor si se utiliza un producto biológico en su manejo.
- ④ El manejo alternativo con productos biológicos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano es más rentable en términos económicos y más amigable con el ambiente, comparado con el manejo tradicional con productos químicos.

2.6 Objetivos

2.6.1 Objetivo general

- ④ Proponer un manejo alternativo para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en plátano (*Musa paradisiaca* L.) utilizando productos biológicos.

2.6.2 Objetivos específicos

- ④ Evaluar el comportamiento de la sigatoka negra durante el desarrollo del cultivo de plátano en base a un manejo alternativo con productos biológicos.
- ④ Reducir la incidencia de la sigatoka negra en plantaciones de plátano mediante el uso de productos biológicos.
- ④ Determinar la relación beneficio / costo (B/C) en cada uno de los manejos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano.
- ④ Comparar la eficiencia y eficacia de un producto biológico con el programa de manejo de sigatoka negra con productos químicos.
- ④ Describir los beneficios ambientales del uso del fungicida biológico en plátano.

2.7 Metodología

2.7.1 Fase de gabinete I

2.7.1.1 Revisión de literatura

Se consultaron libros, tesis, documentos, páginas Web, revistas, con literatura correspondiente al cultivo del plátano y a la enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la sigatoka negra. La información recabada sirvió de base para elaborar la presente investigación de este problema fitosanitario en la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocós, San Marcos.

2.7.1.2 Determinación del área de estudio

En agosto de 2008 se realizó una búsqueda en la base de datos de los clientes de la empresa Soluciones Analíticas, S. A. que son productores de Musáceas en la costa del departamento de San Marcos.

A partir de la búsqueda en la base de datos, se realizó el contacto con los encargados de la finca “La Moyuteca” para observar el estado fitosanitario de la plantación y establecer si era posible realizar un ensayo para el manejo de sigatoka negra con productos biológicos en sus terrenos, encontrándose una respuesta positiva de su parte.

2.7.1.3 Ubicación de la unidad experimental

El área experimental se localiza en el Sur occidente de Guatemala, en la finca “La Moyuteca”, parcelamiento “La Blanca”, Ocós, San Marcos. En dicha finca se contó con dos parcelas de plátano (*Musa paradisiaca* L.) con manejo agronómico idéntico, una destinada para implementar el manejo alternativo y otra para el manejo convencional, ambas para reducir la incidencia de sigatoka negra.

A. Tamaño de la unidad experimental

Utilizando una cinta métrica se midió el área de cada una de las parcelas de plátano, la cual fue de 0.429 ha, con un total de 14 surcos con aproximadamente 70 plantas cada uno de la variedad “Curare enano” o “Chifle”, que se caracteriza por su mejor rentabilidad en campo. En la Figura 13 se presenta el croquis del área de investigación.

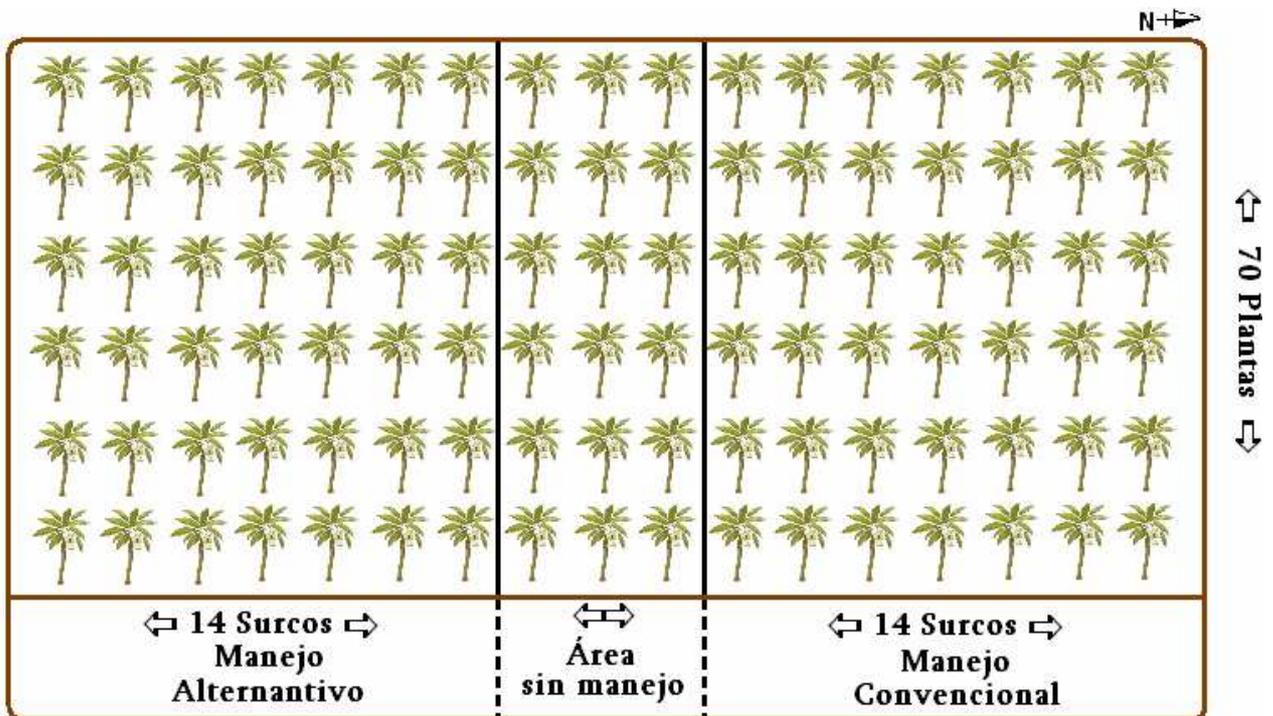


Figura 13 Croquis del área de investigación.

2.7.1.4 Número de repeticiones

Se realizó un experimento simple de parcelas apareadas y se evaluó mediante una comparación de promedios ($n = 10$) para cada variable evaluada, utilizando una prueba de "t", teniendo en cuenta que son dos parcelas lo más similares posibles, ya que nunca se van a encontrar dos parcelas totalmente idénticas. Se compararon dos manejos, el alternativo con productos biológicos y el convencional con productos químicos, ambos enfocados en la reducción de la incidencia de sigatoka negra, con un total de 10 repeticiones al azar.

2.7.1.5 Selección de plantas evaluadas

Se realizó un caminamiento en las parcelas de plátano (manejo alternativo y manejo convencional), seleccionando al azar 10 plantas en cada una.

A. Identificación de plantas evaluadas

Para ubicar las plantas a evaluar, se procedió a identificarlas con la ayuda de un molde numérico y un spray de color negro, dicha identificación se realizó en el pseudotallo de la planta, tal como se muestra en la Figura 14.



Figura 14 Identificación de las plantas de plátano en las parcelas experimentales.

2.7.1.6 Elaboración de la boleta de campo

En base a la metodología de Stover modificada por Gauhl, se elaboró la boleta de campo tomando en cuenta el número de planta evaluada, la cantidad de hojas presentes en cada una y el síntoma y grado de infección de la sigatoka negra en el follaje de cada planta, para determinar el estado de infección de la enfermedad en la plantación de plátano de la finca “La Moyuteca”.

2.7.2 Fase de laboratorio

2.7.2.1 Dosificación de productos en el manejo alternativo

Teniendo en cuenta las dosis por hectárea recomendadas por el fabricante de los tres productos biológicos, se realizaron las respectivas conversiones para determinar la dosificación correcta para la parcela experimental en la finca “La Moyuteca”.

Posteriormente con la ayuda de una balanza electrónica se pesaron las cantidades correspondientes de cada uno de los productos A y B. El producto C, por ser líquido, se midió con la ayuda de una pipeta. La cantidad aplicada para la parcela (0.429 ha.) se presenta en el Cuadro 14 y 15. Los tres productos se almacenaron en recipientes de plástico limpios y fueron mezclados previo a cada aplicación. Para las aplicaciones al suelo se utilizaron las siguientes cantidades de productos:

Cuadro 14 Dosificaciones de los productos biológicos para aplicaciones al suelo en la parcela con manejo alternativo.

Producto	Dosis inicial o de choque	Dosis de mantenimiento mensual
Producto A	215 gramos	108 gramos
Producto B	108 gramos	54 gramos

Para las aplicaciones al follaje se utilizaron las siguientes cantidades:

Cuadro 15 Dosificaciones de los productos biológicos para aplicaciones al follaje en la parcela con manejo alternativo.

Producto	Dosis inicial y de mantenimiento	Frecuencia
Producto A	108 gramos	Cada 14 días
Producto B	54 gramos	
Producto C	54 ml.	

2.7.3 Fase de campo

2.7.3.1 Preparación de la mezcla a aplicar en el manejo alternativo

Para cada una de las aplicaciones al suelo y follaje, la mezcla de los productos A y B se realizó en 10 litros de agua, con 8 horas de anticipación para lograr una adecuada aplicación y colonización por parte de los microorganismos. Al realizar la mezcla se agitó y se dejó reposar hasta el momento de la aplicación en una cubeta sin tapadera. Luego la mezcla se colocó en una caneca con la ayuda de un embudo para ser trasladada a la parcela experimental. El producto C, que solo se utiliza para aplicaciones foliares, se agregó al momento de la aplicación a la mezcla elaborada.

2.7.3.2 Aplicación de los productos en el manejo alternativo

La mezcla del producto A y el producto B se aplicó vía foliar y al suelo, las aplicaciones foliares se realizaron con una frecuencia de 14 días junto con el producto C y las aplicaciones al suelo se realizaron con una dosis inicial o de choque y posteriormente cada 28 días a partir de la aplicación de choque. Para la realización de las aplicaciones se requirió la utilización de una aspersora motorizada, que no había sido utilizada con anterioridad para aplicar herbicidas, insecticidas, nematocidas o fungicidas. Para un buen efecto de las aplicaciones foliares se tomó en cuenta que las condiciones climáticas fueran favorables.

2.7.3.3 Evaluación de la incidencia de sigatoka negra

Se realizaron observaciones semanales detalladas en cada una de las plantas seleccionadas y mediante la escala de Stover modificada por Gauhl, que ha mostrado una buena sensibilidad en la observación de las tendencias en el comportamiento de sigatoka negra, se realizó la evaluación como se observa en la Figura 15. En la lectura semanal, se observó a las plantas seleccionadas para obtener una buena apreciación del grado de infección en la plantación y determinar la efectividad de los productos aplicados. Con base en los seis estados de desarrollo y los grados de severidad de la enfermedad, se pudo determinar el promedio ponderado de infección P.P.I.



Figura 15 Evaluación realizada en el follaje de una planta de plátano.

A. Variables evaluadas

Se realizaron evaluaciones semanales para determinar el efecto de los productos biológicos y químicos sobre el manejo de la sigatoka negra y desarrollo de la planta, considerando las siguientes variables:

PHP: Promedio de hojas por planta.

HJA: Hoja más joven afectada por el hongo.

HJP: Hoja más joven con pizca causada por el hongo.

HJE: Hoja más joven con estría causada por el hongo.

HJM: Hoja más joven con mancha causada por el hongo.

% H.I.: Porcentaje de hojas infectadas.

P.P.I.: Promedio ponderado de infección.

HEmP: Hojas emitidas por planta.

HEP: Hojas eliminadas por planta.

HFC: Hojas funcionales en cosecha.

Para estimar el rendimiento y calidad de la cosecha, se evaluaron las siguientes variables:

PPR: Peso promedio de racimo.

PPM: Peso promedio de mano.

PMR: Promedio de manos por racimo.

PFM: Promedio de frutos por mano.

GPF: Grado promedio del fruto.

LPF: Longitud promedio del fruto.

Esto se realizó para cada una de las plantas seleccionadas de las parcelas. Basados en las cintas programadas para corte, se identificaron las plantas a cosechar, se cortaron los racimos y se llevaron a la empacadora, en donde de cada racimo seleccionado se tomaron los datos para cada variable a partir del promedio obtenido de las manos basal, media y apical. Para GPF se utilizó un calibrador metálico, para la medición de LPF se utilizó una cinta métrica plástica y con ayuda de una báscula, se obtuvo los valores de las variables PPM y PPR.

2.7.3.4 Saneamiento de la plantación

El saneamiento o deshoje en la plantación se realizó con la ayuda de un machete para hojas bajas y una cuchilla con base para hojas altas. Esta práctica cultural fue realizada simultáneamente en ambas parcelas una vez por semana, favoreciendo así un mejor manejo sobre la sigatoka negra en el follaje de las plantas.

2.7.3.5 Deshije de la plantación

El deshije en la plantación de plátano se realizó mediante un corte a ras del suelo con un machete, extrayendo la yema apical del “Hijo” o “Nieto”, cuando éstos presentaban una altura de aproximadamente 25 cm. En la parcela con manejo alternativo el deshije se empezó a realizar a los 30 días de iniciadas las aplicaciones y en la parcela con manejo convencional se inició a los 45 días.

2.7.3.6 Análisis de suelo y planta

Durante la evaluación de los manejos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano, se realizaron 2 análisis de suelo y 1 análisis foliar en ambas parcelas de manejo, con el propósito de observar el efecto de los productos en la nutrición de la planta y en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

2.7.4 Fase de gabinete II

2.7.4.1 Análisis de los resultados

Para el procesamiento matemático de las variables evaluadas, se utilizó el programa InfoStat versión 2009, realizando una comparación de medias, mediante una prueba de "t de Student" con una confiabilidad del 90 % con datos de parcelas apareadas y posteriormente se analizaron los resultados.

2.7.4.2 Determinación de la tasa de crecimiento del patógeno

Puesto que la sigatoka negra es una enfermedad policíclica o de ciclo múltiple se utilizó la siguiente ecuación, que se deriva del modelo de crecimiento epidemiológico de Van der Plank, para determinar su tasa de crecimiento a lo largo de la evaluación de los manejos.

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\log_e \frac{x_2}{1 - x_2} - \log_e \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

Donde:

r = Tasa de incremento de la enfermedad

$t_2 - t_1$ = Diferencia de tiempo entre la primera y segunda lectura

\log_e = Logaritmo natural

x_1 = Proporción inicial de la enfermedad (P.P.I.)

x_2 = Proporción final de la enfermedad (P.P.I.)

Para poder trabajar esta ecuación con logaritmos base 10, se utiliza la constante 2.3 y la ecuación es la siguiente:

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left(\log_{10} \frac{x_2}{1 - x_2} - \log_{10} \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

Esta ecuación nos permite encontrar la tasa teórica del crecimiento de la sigatoka negra, considerando su ciclo múltiple, ya que el inóculo cambia constantemente y se llega a obtener con cada nueva infección, una nueva fuente de inóculo.

2.7.4.3 Análisis económico

A. Relación beneficio / costo (B/C) y rentabilidad

Se realizó un análisis económico para determinar los beneficios y la rentabilidad de cada uno de los manejos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano. Lo anterior se efectuó comparando los costos de producción con los ingresos obtenidos en cada uno de los manejos. Para determinar la rentabilidad de la inversión en los manejos, se utilizó la relación beneficio / costo (B/C), por su fácil aplicación y adecuada confiabilidad. El ingreso neto es la diferencia de los ingresos brutos menos los costos de producción, convirtiéndose este ingreso en el numerador y los costos de producción en el denominador de la relación, recomendándose la inversión en los manejos contra sigatoka negra si el resultado es positivo. La rentabilidad (R) se obtuvo mediante la relación porcentual del ingreso neto entre los costos de producción, dado por la ecuación siguiente:

$$R = (In / Cp) * 100$$

Donde:

In = Ingreso neto

Cp = Costos de producción

2.8 Recursos

- Balanza electrónica
- Espátula metálica
- Papel mantequilla y aluminio
- Recipientes de plástico
- GPS
- Libreta de campo
- Boleta de campo
- Bolígrafo
- Cinta métrica
- 2 Cubetas
- 2 Canecas
- 1 Embudo
- Agua
- 1 Tonel
- 1 Aspersora motorizada
- Gasolina
- Aceite de motor
- Producto A
- Producto B
- Producto C
- Fungicidas químicos
- Aceites adherentes
- Machetes y cuchillas
- 1 Navaja
- 1 Calibrador metálico

2.9 Resultados y su discusión

2.9.1 Variables evaluadas del follaje

2.9.1.1 Promedio de hojas por planta (PHP)

En la Figura 16 se observa el comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, el PHP osciló entre los valores de 6.36 y 12 hojas, encontrándose para el manejo alternativo un valor promedio mínimo de 6.36 hojas en la semana 1 y 10.92 hojas como máximo en la semana 10. En el manejo convencional se obtuvo un valor promedio mínimo de 6.40 hojas en la semana 1 y 12 hojas en la semana 11. El PHP final para el manejo alternativo fue de 8.21 hojas y para el manejo convencional fue de 9.30 hojas, observándose una diferencia de 1.09 hojas más en el manejo convencional, debido a un mayor deshoje realizado en la parcela con manejo alternativo, práctica cultural que se realiza para controlar la sigatoka negra. Debido a que el valor crítico de "t" al final para el contraste de dos colas (1.68) es menor que el estadístico "t" (-2.12), estadísticamente, si existe diferencia significativa en el PHP entre los dos manejos.

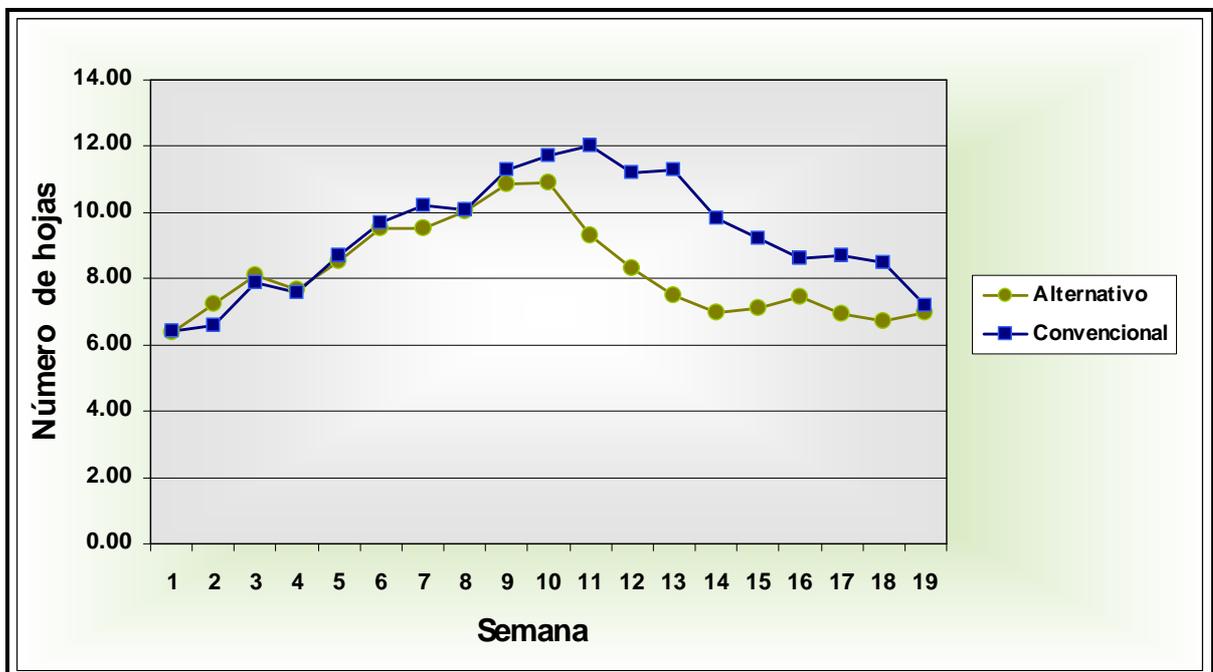


Figura 16 Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.2 Hoja más joven afectada (HJA)

En la Figura 17 se observa el comportamiento de la hoja más joven afectada (HJA) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, la HJA se encontró entre las hojas 2.36 y 5.10 en los dos manejos, presentándose en el manejo alternativo entre las hojas 2.92 y 5.08. En el manejo convencional la HJA se encontró entre las hojas 2.36 y 5.10. El promedio final de la HJA para el manejo alternativo fue en la hoja 3.71 y para el manejo convencional fue en la hoja 3.47. Estadísticamente, no existe diferencia significativa en la HJA del manejo alternativo y el manejo convencional, ya que el valor crítico de "t" para el contraste de dos colas (1.68) es mayor que el estadístico "t" (0.91) para los promedios finales. Se puede observar que la sintomatología de sigatoka negra ocurrió en hojas más jóvenes en el manejo convencional que en el manejo alternativo, evidenciando el efecto de los productos biológicos en la protección de la hoja candela y/o hoja 1 de la planta, que son las más sensibles a ser infectadas por el hongo.

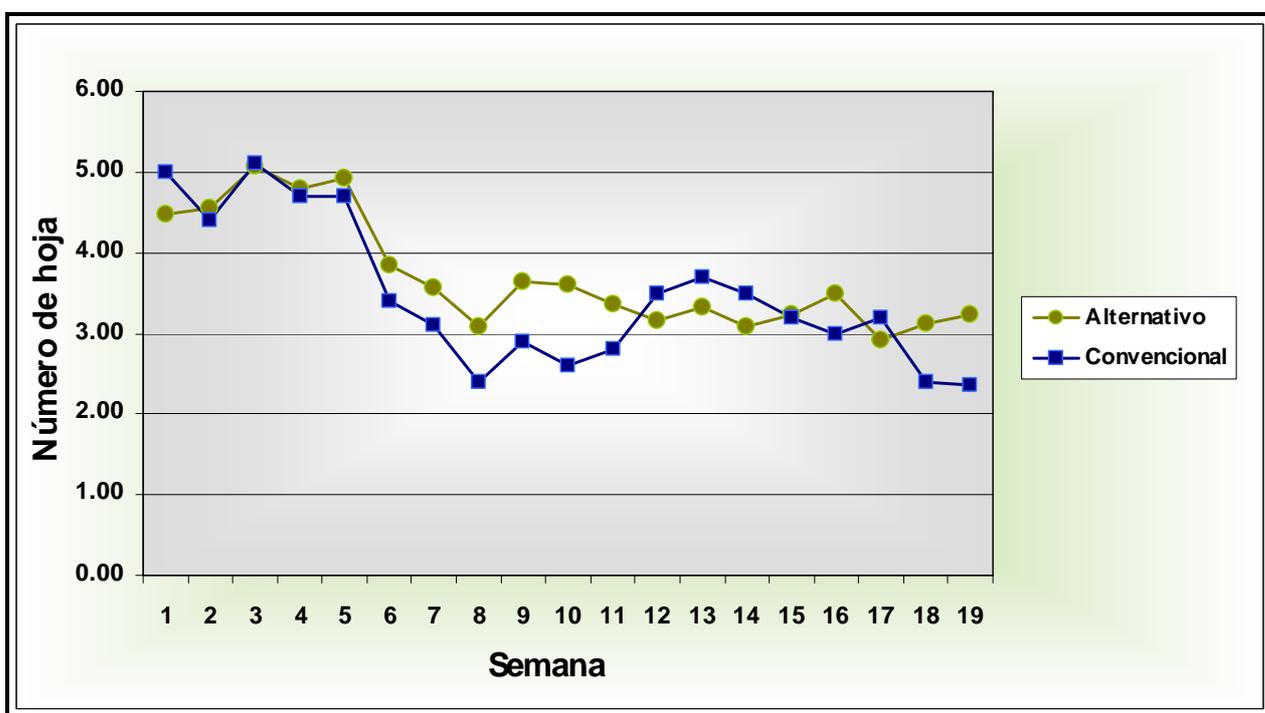


Figura 17 Comportamiento de la hoja más joven afectada (HJA) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.3 Hoja más joven con pizca (HJP)

En la Figura 18 se presenta el comportamiento de la hoja más joven con pizca (HJP) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, la HJP se encontró entre las hojas 2.42 y 5.08 en los dos manejos, en el manejo alternativo se encontró entre las hojas 2.95 y 5.08; y en el manejo convencional la HJP se encontró entre las hojas 2.42 y 4.67. El promedio final de la HJP para el manejo alternativo fue en la hoja 3.77 y para el manejo convencional fue en la hoja 3.46. Estadísticamente, no se encontraron diferencias significativas en la HJP de ambos manejos en los promedios finales. Se puede observar que la aparición de la pizca, estadio 2 en el avance de los síntomas de sigatoka negra, ocurrió en hojas más jóvenes en el manejo convencional que en el manejo alternativo, evidenciando el efecto de los productos biológicos en la protección de la hoja candela y/o hoja No.1 de la planta, que son de las más sensibles en ser infectadas por el hongo.

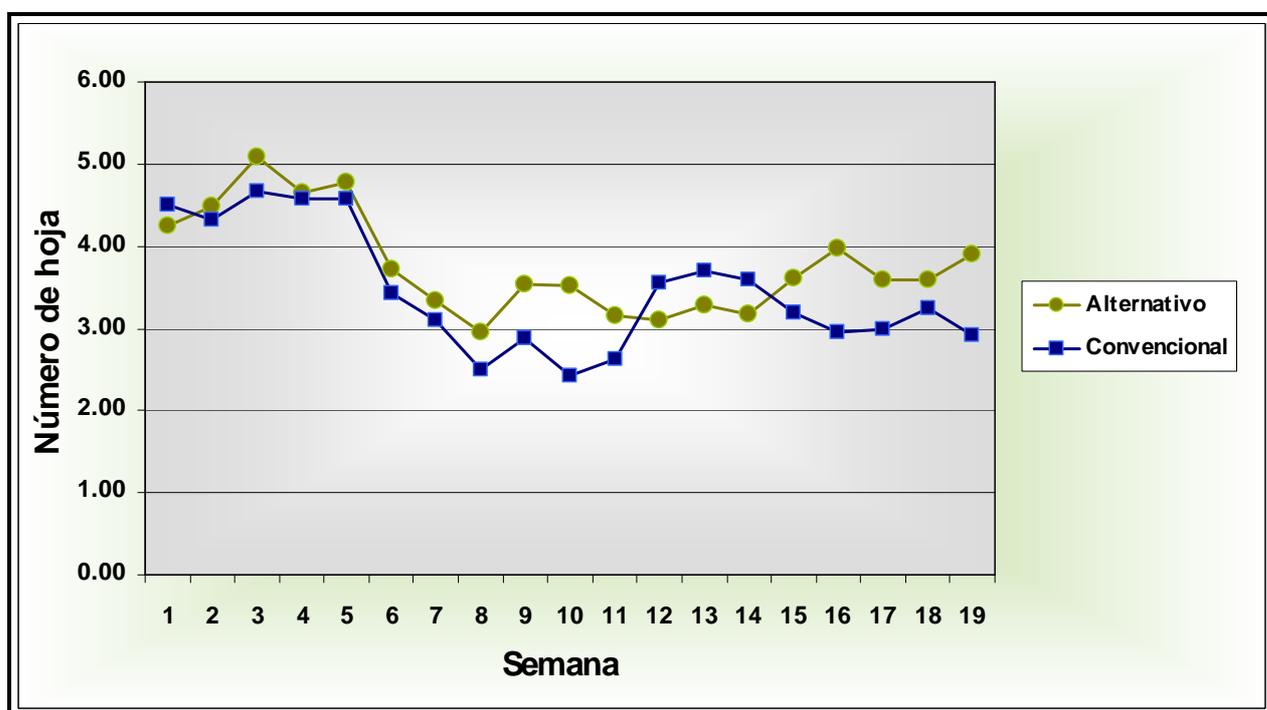


Figura 18 Comportamiento de la hoja más joven con pizca (HJP) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.4 Hoja más joven con estría (HJE)

En la Figura 19 se observa el comportamiento de la hoja más joven con estría (HJE) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, la HJE se encontró entre las hojas 2.80 y 6.05, presentándose en el manejo alternativo entre las hojas 3.47 y 6.05. En el manejo convencional la HJE se encontró entre las hojas 2.80 y 5.73. El promedio final de la HJE para el manejo alternativo fue en la hoja 4.47 y para el manejo convencional fue en la hoja 4.39. En el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas en los promedios finales de la HJE entre los dos manejos, ya que el valor crítico de “t” para el contraste de dos colas (1.68) es mayor que el estadístico “t” (0.28). La estría, correspondiente al estadio 3 en el avance de los síntomas de sigatoka negra, tuvo su aparición en hojas más jóvenes en el manejo convencional que en el manejo alternativo, provocando una producción de conidios en hojas más jóvenes en el manejo convencional.

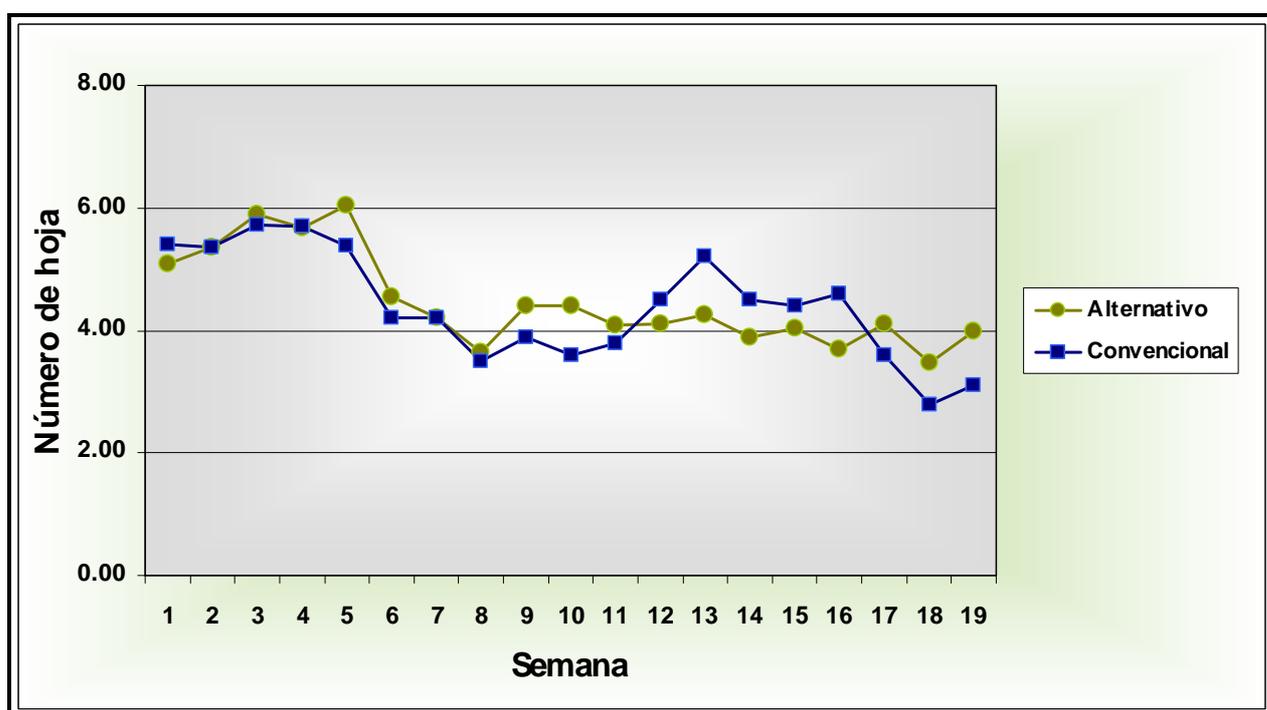


Figura 19 Comportamiento de la hoja más joven con estría (HJE) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.5 Hoja más joven con mancha (HJM)

A continuación en la Figura 20 se observa el comportamiento de la hoja más joven con mancha (HJM) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, la HJM se encontró entre las hojas 4.40 y 7.68, encontrándose en el manejo alternativo entre las hojas 4.40 en las semanas 14 y 16, y en la hoja 7.68 en la semana 6; y en el manejo convencional la HJM se encontró entre las hojas 4.70 en la semana 18 y 7.60 en la semana 6. El promedio final de la HJM para el manejo alternativo fue en la hoja 5.94 y para el manejo convencional fue en la hoja 6.30, presentando una diferencia de 0.36 hojas entre ambos manejos. Estadísticamente, no se encontraron diferencias significativas en los promedios finales de la HJM de ambos manejos. De la semana 1 a la semana 10 se puede observar un comportamiento bastante similar en la HJM en la gráfica, siendo la semana 11 la que marca la tendencia de aparición de la HJM en hojas más jóvenes en el manejo alternativo que en el manejo convencional. Cabe resaltar que al existir manchas en hojas jóvenes, la planta pierde capacidad fotosintética, reduce su crecimiento y esto trae como consecuencia racimos de mala calidad.

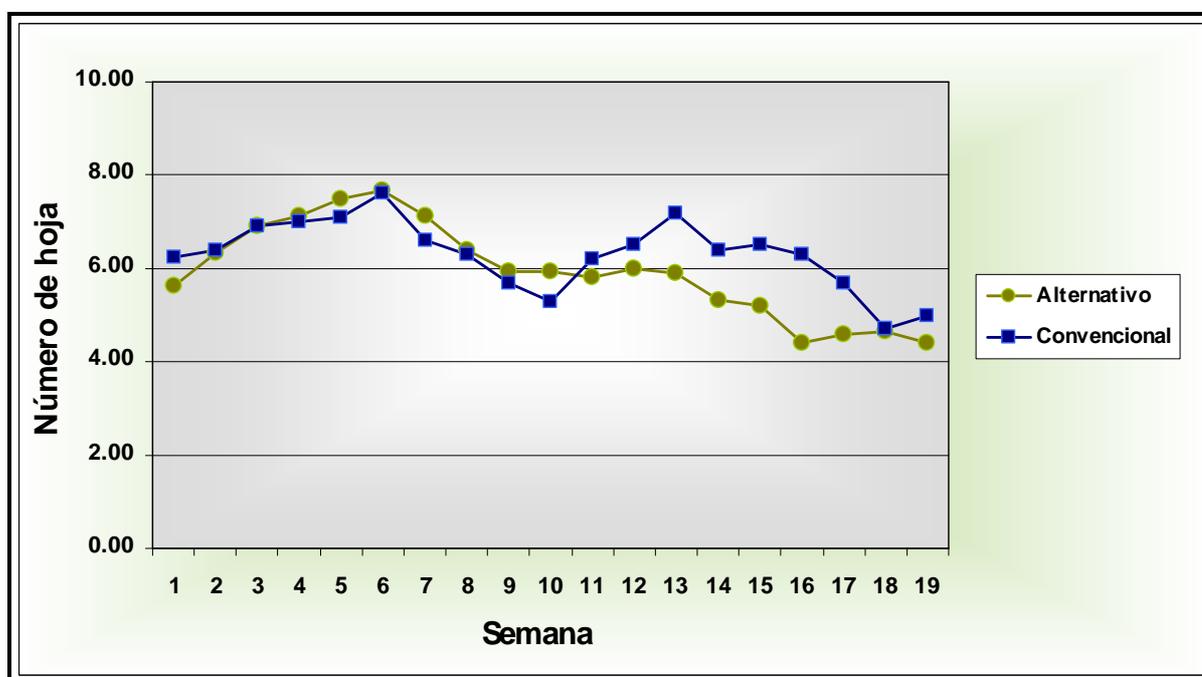


Figura 20 Comportamiento de la hoja más joven con mancha (HJM) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.6 Porcentaje de hojas infectadas (% H.I.)

En la figura que se presenta a continuación se observa el comportamiento del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, el % H.I. arrojó un valor entre 19.49 % y 53.15 % para el manejo alternativo con un valor promedio final de 35.96 % de hojas infectadas. En el manejo convencional el % H.I. osciló entre 15.63 % y 59.83 %, con promedio final de 41.06 %. Debido a que el valor crítico de “t” para el contraste de dos colas (1.68) es mayor que el estadístico “t” (-1.30), estadísticamente, no existe diferencia significativa en los promedios finales del % H.I. entre los dos manejos. Se puede observar que el % H.I. en el manejo alternativo fue menor que en el manejo convencional a partir de la 4ta. semana, tiempo que necesitaron los microorganismos para colonizar la planta y atacar al patógeno. El valor de 35.96 % H.I. en el manejo alternativo demuestra la eficacia de los productos biológicos en el manejo de la sigatoka negra, a pesar de que el valor del % H.I. subestima a la enfermedad.

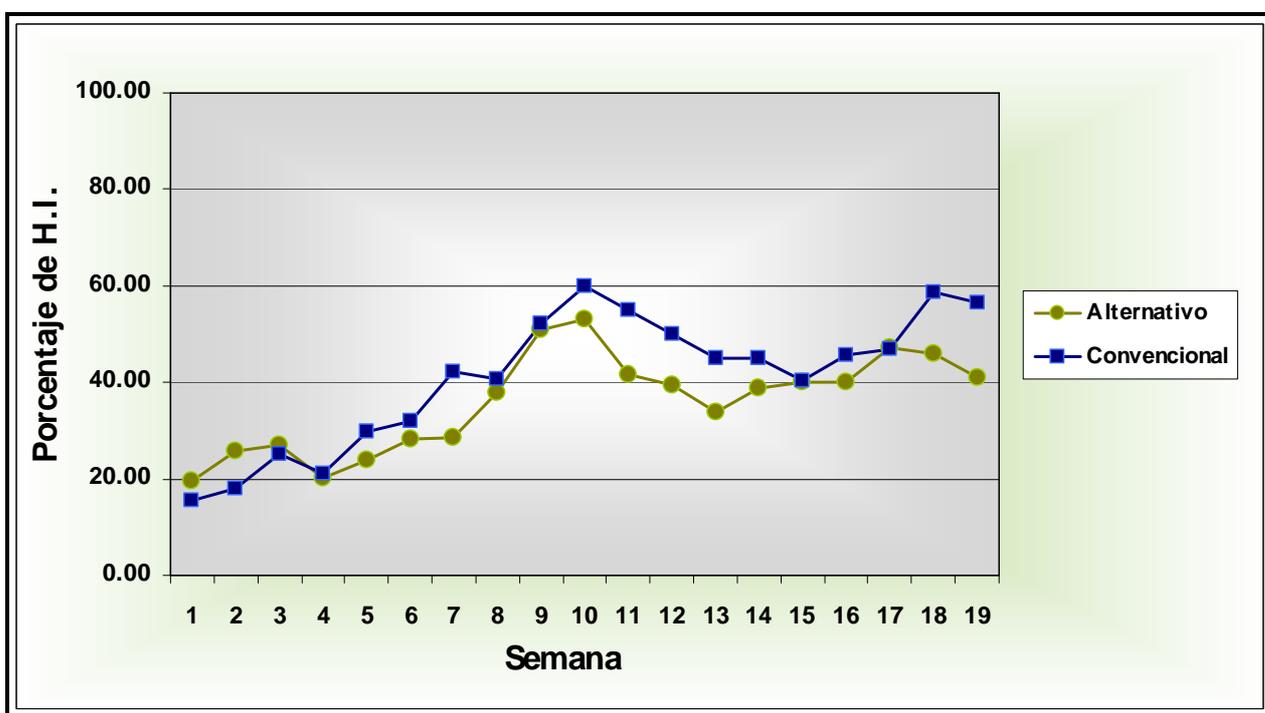


Figura 21 Comportamiento del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.7 Promedio ponderado de infección (P.P.I.)

En la Figura 22 se observa el comportamiento del promedio ponderado de infección (P.P.I.) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas que se evaluaron los productos, el P.P.I. arrojó un valor entre 0.26 y 0.74 para el manejo alternativo con un valor promedio final de 0.54. En el manejo convencional el P.P.I. osciló entre 0.25 y 0.88 con promedio final de 0.60. Se puede observar el efecto de los productos biológicos del manejo alternativo en el valor del P.P.I. ya que este fue menor que en el manejo convencional a partir de la 7ma. semana, con una diferencia de 0.06. Al presentar un valor P.P.I. inferior, el manejo alternativo demuestra la eficiencia de los productos biológicos para reducir la incidencia de sigatoka negra en plátano. Es importante mencionar que el efecto obtenido con productos biológicos en el manejo de la sigatoka negra, se logró mediante 9 aplicaciones con respecto a 18 aplicaciones en el manejo convencional, siendo esto un factor importante en los costos de producción, como en la reducción de la incidencia de sigatoka negra de una forma amigable con el ambiente. No se encontraron diferencias significativas en los promedios finales del P.P.I. de ambos manejos en el análisis estadístico.

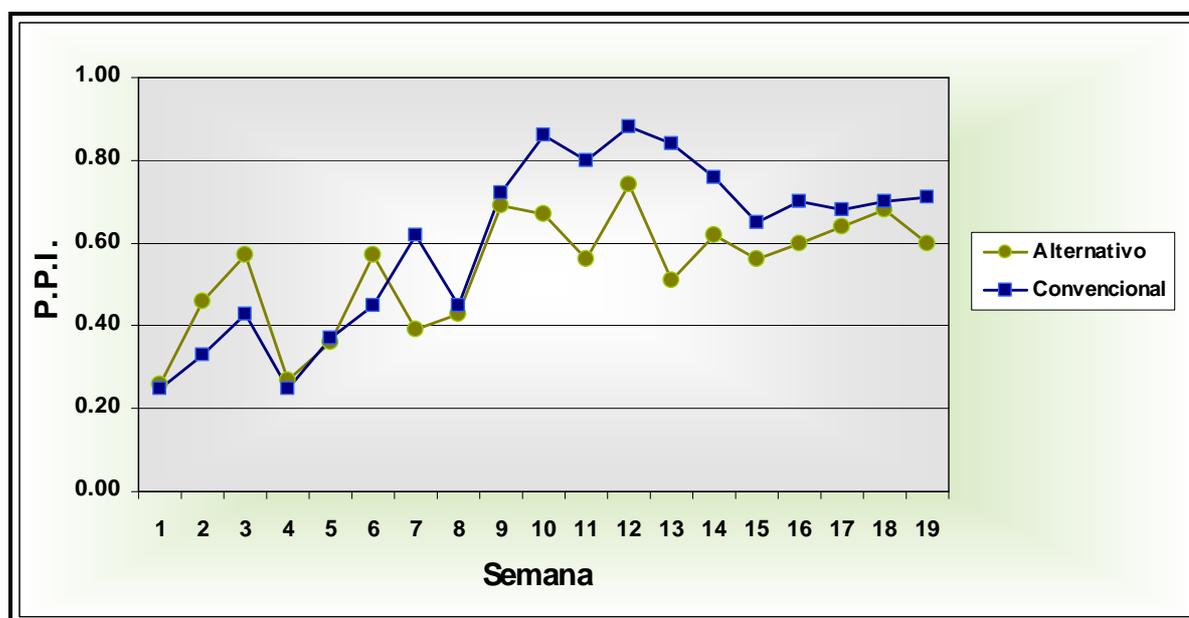


Figura 22 Comportamiento del promedio ponderado de infección (P.P.I.) por semana en los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.8 Hojas emitidas por planta (HEmP)

En la Figura 23 se observa el comportamiento de las hojas emitidas por planta (HEmP) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante la evaluación de los productos para el manejo de sigatoka negra, el promedio de HEmP para el manejo alternativo fue de 17.08 hojas y para el manejo convencional fue de 17.50 hojas respectivamente, con una diferencia entre ambos manejos de 0.42 hojas. La parcela con manejo alternativo contaba al inicio con un promedio de 6.36 hojas por planta y al transcurrir las 19 semanas de evaluación de los manejos, se obtuvo un promedio de 17.08 hojas por planta, 10.72 hojas más, para un promedio de 0.56 hojas por planta por semana sin contar las hojas eliminadas en el deshoje. La parcela con manejo convencional contaba al inicio con un promedio de 6.40 hojas por planta y al transcurrir las 19 semanas de la evaluación de los manejos, se obtuvo un promedio de 17.50 hojas por planta, 11.10 hojas más, para un promedio de 0.58 hojas por planta por semana sin contar las hojas eliminadas en el deshoje. Debido a que el valor crítico de “t” para el contraste de dos colas (1.69) es mayor que el estadístico “t” (-0.86), no existe diferencia significativa en el promedio final de HEmP los dos manejos.

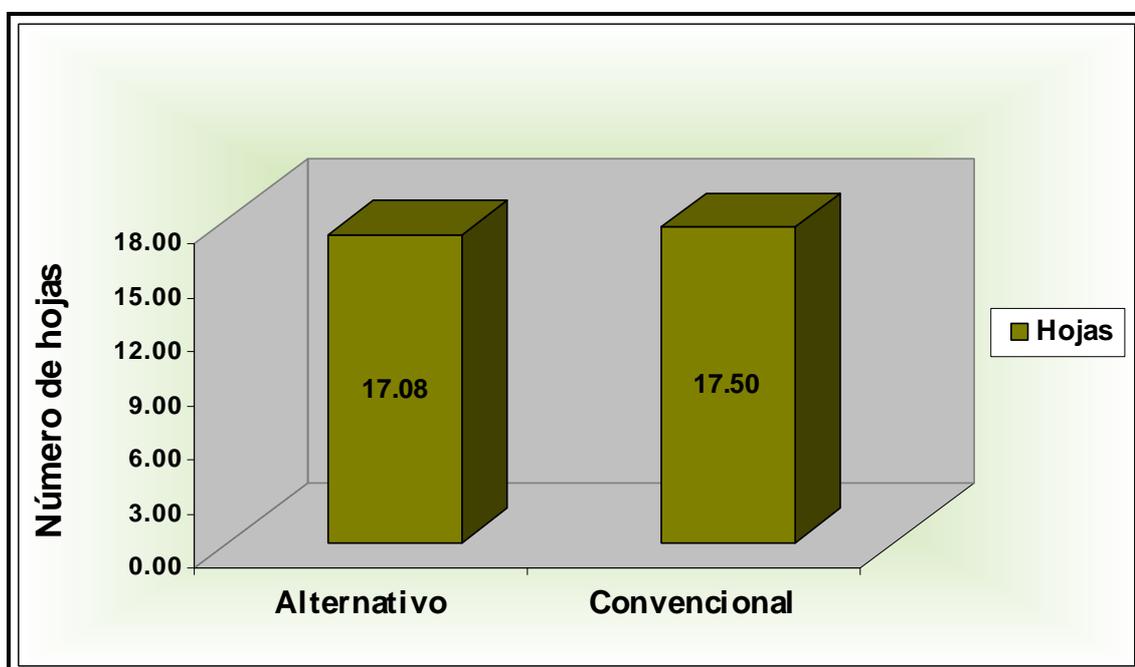


Figura 23 Total de hojas emitidas por planta (HEmP) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.9 Hojas eliminadas por planta (HEP)

En la figura que se presenta a continuación se observa el comportamiento de las hojas eliminadas por planta (HEP) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Durante las 19 semanas de evaluación de los productos para el manejo de sigatoka negra, el promedio de HEP para el manejo alternativo fue de 10.36 hojas y para el manejo convencional fue de 9.00 hojas, con una diferencia entre ambos manejos de 1.36 hojas. Estadísticamente, si existe diferencia significativa en los promedios finales de HEP del manejo alternativo y el manejo convencional, ya que el valor crítico de “t” para el contraste de dos colas (1.69) es menor que el estadístico “t” (2.04). Las aplicaciones de productos para el control de la sigatoka negra en el manejo alternativo se realizaron cada 14 días y en el manejo convencional cada 6 días aproximadamente, las cuales junto con la práctica del deshoje, llevaron al P.P.I. de la enfermedad entre 0.26 y 0.74. El promedio de 10.36 HEP en el manejo alternativo permitieron que el P.P.I. en dicho manejo fuera inferior que en el manejo convencional, con la ayuda de los microorganismos aplicados a la planta.

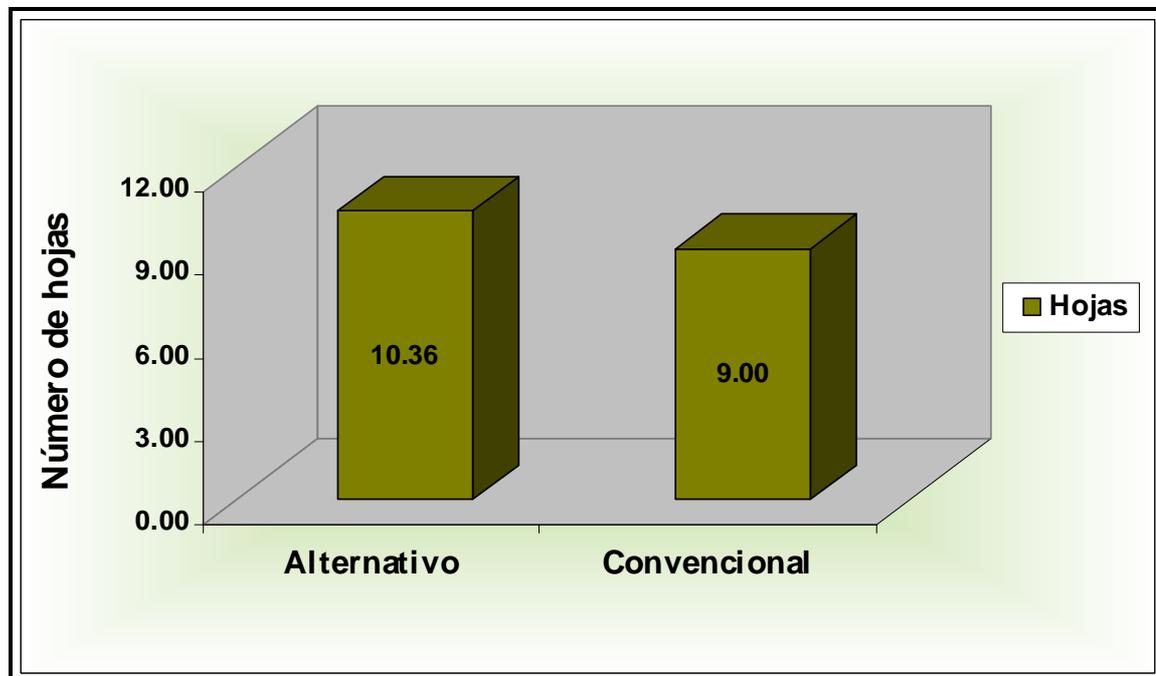


Figura 24 Total de hojas eliminadas por planta (HEP) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.1.10 Hojas funcionales a cosecha (HFC)

En la Figura 25 se observa el comportamiento de las hojas funcionales a cosecha (HFC) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Al término de la semana 19 en la evaluación de los productos para el manejo de sigatoka negra, se procedió a realizar la cosecha de la fruta, teniendo un promedio de HFC en el manejo alternativo 6.72 hojas y para el manejo convencional 8.50 hojas respectivamente, con una diferencia entre ambos manejos de 1.78 hojas. Según el análisis estadístico, si existe diferencia significativa en los promedios finales de las HFC entre los dos manejos. Al existir un mayor promedio de HEP en el manejo alternativo, 10.36 hojas, que en el manejo convencional, las plantas de éste último presentaron un mayor número de hojas funcionales al iniciar la cosecha, pero presentando su HJA en la hoja 3.47, evidenciando algún síntoma de inicio de la enfermedad, como la pizca o estría, por lo que no permitieron a la planta tener más capacidad fotosintética en el área foliar para llegar a obtener frutos de calidad en cosecha.

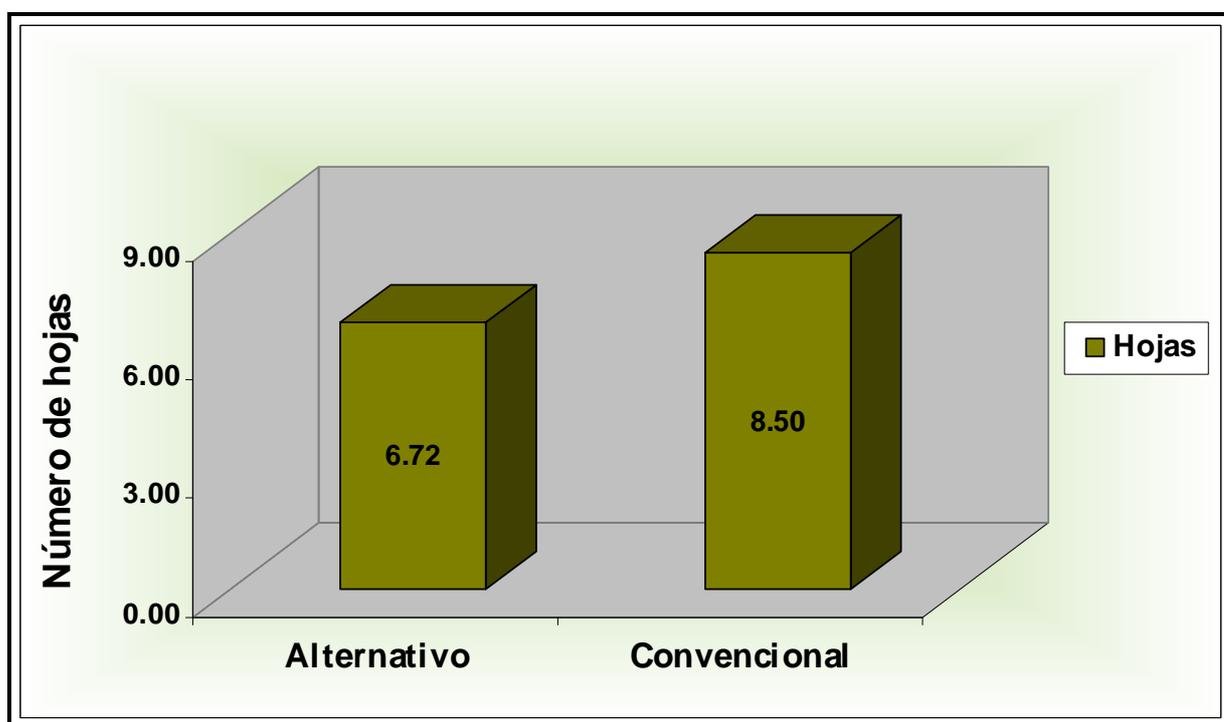


Figura 25 Total de hojas funcionales a cosecha (HFC) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2 Variables evaluadas de la cosecha de frutos

En el Cuadro 16 se presentan los resultados de las variables evaluadas en la cosecha de plátano en la parcela con el manejo alternativo para la reducción de incidencia de sigatoka negra.

Cuadro 16 Datos de cosecha en el manejo alternativo de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”, durante el año 2008.

Alternativo						
No. Racimo	Peso del racimo (Kg.)	Peso promedio de la mano (Kg.)	Manos por racimo	Promedio de frutos por mano	Grado Promedio del fruto (Diámetro en mm.)	Longitud promedio del fruto (plg.)
1	19.75	4.10	4	18.67	43	9.00
2	18.45	3.90	4	17.67	45	10.00
3	17.35	3.35	4	17.33	43	10.00
4	19.70	4.00	5	18.00	45	10.00
5	18.00	3.75	4	17.50	43	11.00
6	21.35	4.70	5	19.33	43	10.00
7	19.25	4.05	4	18.66	40	10.50
8	17.65	3.50	4	19.33	45	10.00
9	20.95	4.60	5	19.00	45	10.50
10	20.90	4.40	5	19.00	45	10.50
Promedio	19.34	4.04	4.40	18.45	43.70	10.15

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de las variables evaluadas durante la cosecha de la parcela con el manejo convencional para la reducción de incidencia de sigatoka negra en plátano.

Cuadro 17 Datos de cosecha en el manejo convencional de sigatoka negra en la finca “La Moyuteca”, durante el año 2008.

Convencional						
No. Racimo	Peso del racimo (Kg.)	Peso promedio de la mano (Kg.)	Manos por racimo	Promedio de frutos por mano	Grado Promedio del fruto (Diámetro en mm.)	Longitud promedio del fruto (plg.)
1	16.25	3.40	5	15.40	45.00	10.00
2	15.15	2.80	4	17.50	43.00	10.00
3	15.55	3.00	4	18.00	42.00	10.00
4	17.75	3.85	4	17.00	43.00	9.50
5	15.25	2.95	4	18.00	43.00	9.50
6	15.40	2.95	4	18.00	45.00	10.50
7	15.65	3.15	4	18.00	48.00	11.00
8	16.45	3.40	5	17.60	47.00	11.00
9	17.10	3.55	4	19.00	45.00	10.50
10	15.65	3.10	4	18.00	43.00	9.50
Promedio	16.02	3.22	4.20	17.65	44.40	10.15

2.9.2.1 Peso promedio del racimo (PPR)

En la siguiente figura se observa el peso promedio del racimo (PPR) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, determinado en base al promedio de los 10 racimos cosechados de cada parcela de plátano. En el manejo alternativo el menor peso de racimo fue de 17.35 kg y el mayor peso fue de 21.35 kg, mientras que en el manejo convencional el menor peso de racimo fue de 15.15 kg y el mayor fue de 17.75 kg. El manejo alternativo presentó un PPR de 19.34 kg y el manejo convencional 16.02 kg. Los racimos del manejo alternativo superaron el peso de los racimos del manejo convencional en 3.32 kg, esta diferencia se comprueba estadísticamente, ya que si existe una diferencia significativa en PPR de ambos manejos, debido a que el valor crítico de "t" para el contraste de dos colas (1.73) es menor que el estadístico "t" (6.24).

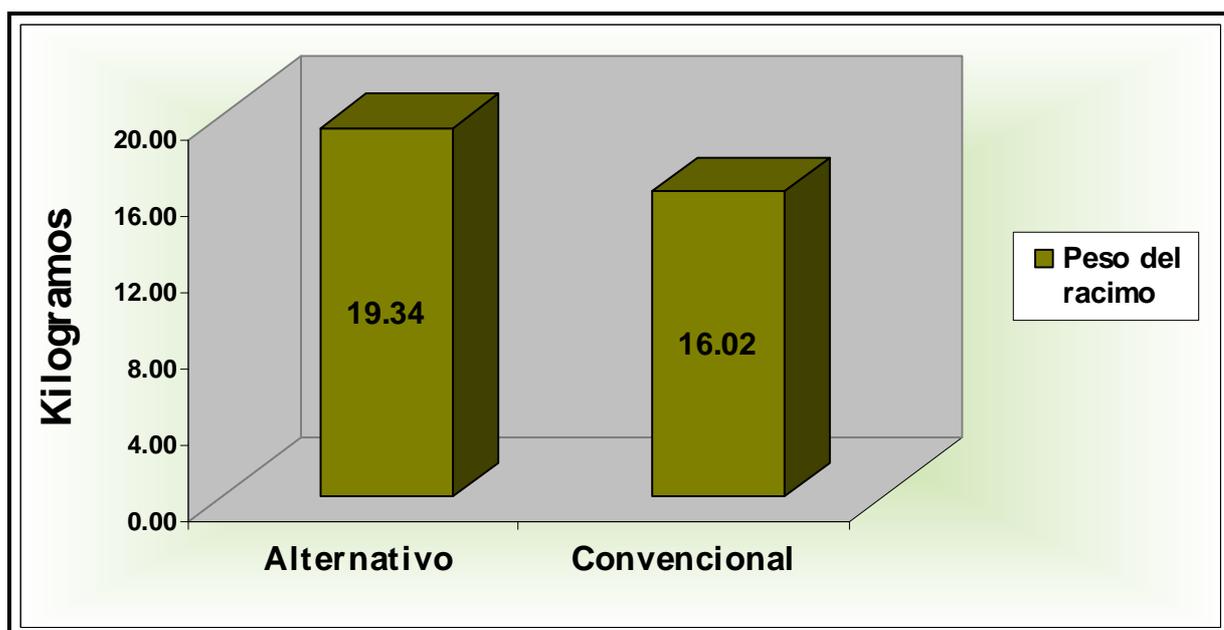


Figura 26 Peso promedio del racimo (PPR) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2.2 Peso promedio de la mano (PPM)

A continuación en la Figura 27 se observa el peso promedio de la mano (PPM) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Al momento de la cosecha, el PPM de los racimos del manejo alternativo fue de 4.04 kg, encontrándose el menor peso de las manos en el racimo 3 con 3.35 kg y el mayor en el racimo 6 con 4.70 kg. El PPM de los racimos del manejo convencional fue de 3.22 kg, siendo el racimo 2 el que presentó el menor peso en sus manos con 2.80 kg y el racimo 4 el que presentó el mayor peso en sus manos con 3.85 kg. Existe una diferencia de 0.82 kg entre ambos manejos, a favor del manejo alternativo, tomando en cuenta que el PPM se calcula con base en el conteo de las manos basal, media y apical. Estadísticamente, si existe diferencia significativa en el PPM del manejo alternativo y el manejo convencional, ya que el valor crítico de “t” para el contraste de dos colas (1.73) es menor que el estadístico “t” (4.72).

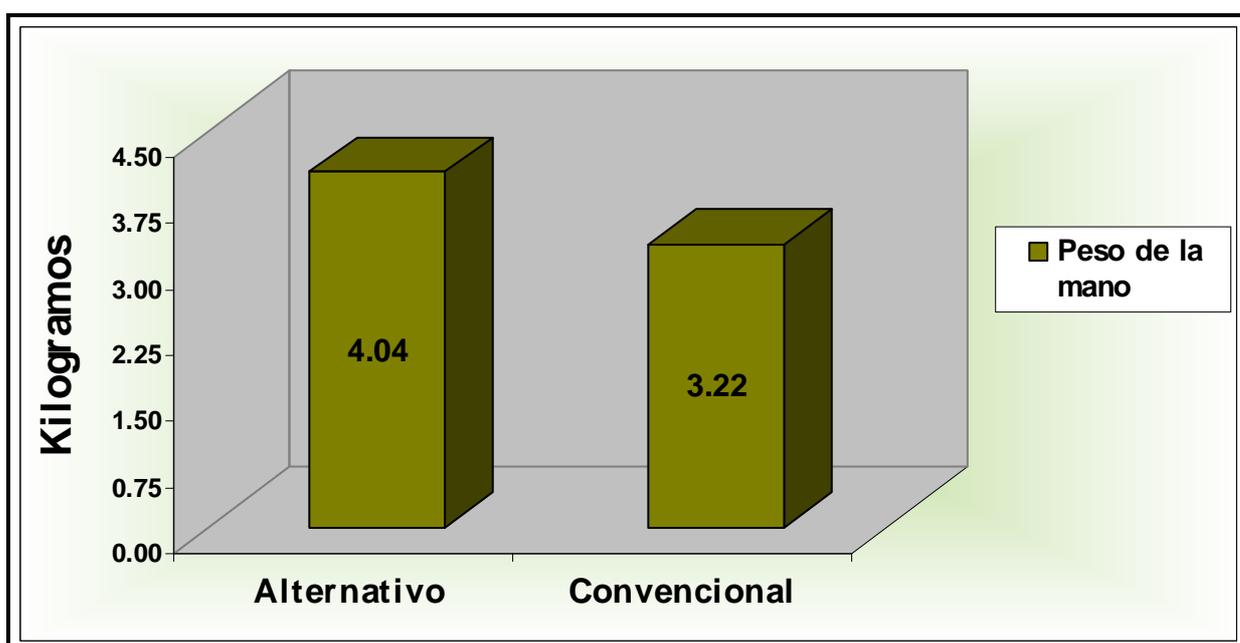


Figura 27 Peso promedio de la mano (PPM) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2.3 Promedio de manos por racimo (PMR)

En la Figura 28 se presenta el promedio de manos por racimo (PMR) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Al momento de realizar la cosecha el número de manos por racimo se encontró entre los valores de 4.00 y 5.00 en los dos manejos, siendo el PMR de 4.40 para el manejo alternativo y 4.20 para el manejo convencional, encontrando una diferencia de 0.20 manos más en el manejo alternativo que en el manejo convencional. Al realizar la comparación de medias con la prueba “t de Student” no se encontraron diferencias significativas en el PMR de ambos manejos.

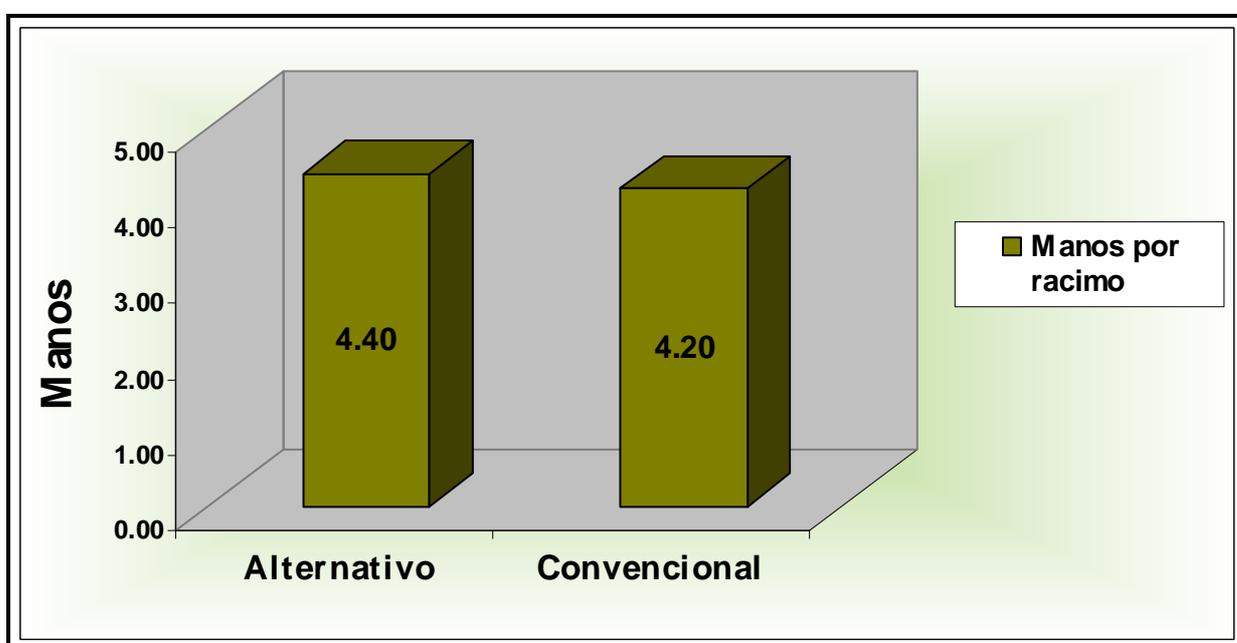


Figura 28 Promedio de manos por racimo (PMR) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2.4 Promedio de frutos por mano (PFM)

En la Figura 29 se observa el promedio de frutos por mano (PFM) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Al momento de la cosecha, el PFM del manejo alternativo fue de 18.45 frutos, encontrándose el menor número de frutos en las manos del racimo 3 con 17.33 frutos por mano y el mayor en los racimos 6 y 8 con 19.33 frutos por mano. El PFM en el manejo convencional fue de 17.65 frutos, siendo el racimo 1 el que presentó el menor número de frutos por mano con 15.40 y el racimo 9 el que presentó el mayor número de frutos por mano con 19.00. Existe una diferencia de 0.80 frutos por mano entre ambos manejos, a favor del manejo alternativo, tomando en cuenta que el PFM se calcula con base en el conteo de frutos de las manos basal, media y apical. Estadísticamente, si existe diferencia significativa en el PFM del manejo alternativo y el manejo convencional, ya que el valor crítico de "t" para el contraste de dos colas (1.73) es menor que el estadístico "t" (2.09). Tomando en cuenta que el PPM en el manejo alternativo fue de 4.04 kg, se obtiene que cada fruto pesa 0.22 kg. En el manejo convencional el PPM fue de 3.22 kg por lo que cada fruto pesa 0.18 kg, 0.04 kg menos que los frutos de los racimos del manejo alternativo.

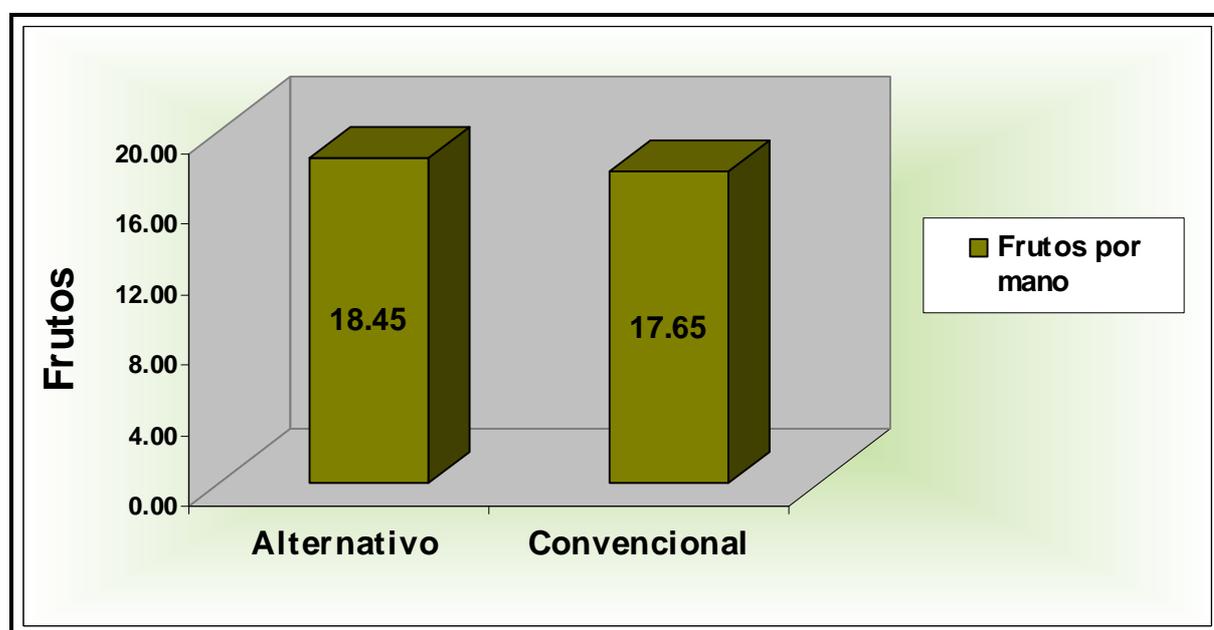


Figura 29 Promedio de frutos por mano (PFM) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2.5 Grado promedio del fruto (GPF)

En la siguiente figura se observa el grado promedio del fruto (GPF) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, determinado en base al promedio de los 10 racimos cosechados de ambas parcelas. Los frutos de la parcela con manejo alternativo presentaron un diámetro entre 40 y 45 mm, resultando el GPF de 43.70 mm. En la parcela con manejo convencional los frutos presentaron un diámetro entre 42 y 48 mm, resultando el GPF de 44.40 mm. Tomando en cuenta los valores del GPF en ambas parcelas, se presenta una diferencia de 0.70 mm a favor de los frutos obtenidos en la parcela con manejo convencional. No se encontraron diferencias significativas en el GPF de ambos manejos en el análisis estadístico, ya que el valor crítico de "t" para el contraste de dos colas (1.73) es mayor que el estadístico "t" (-0.87).

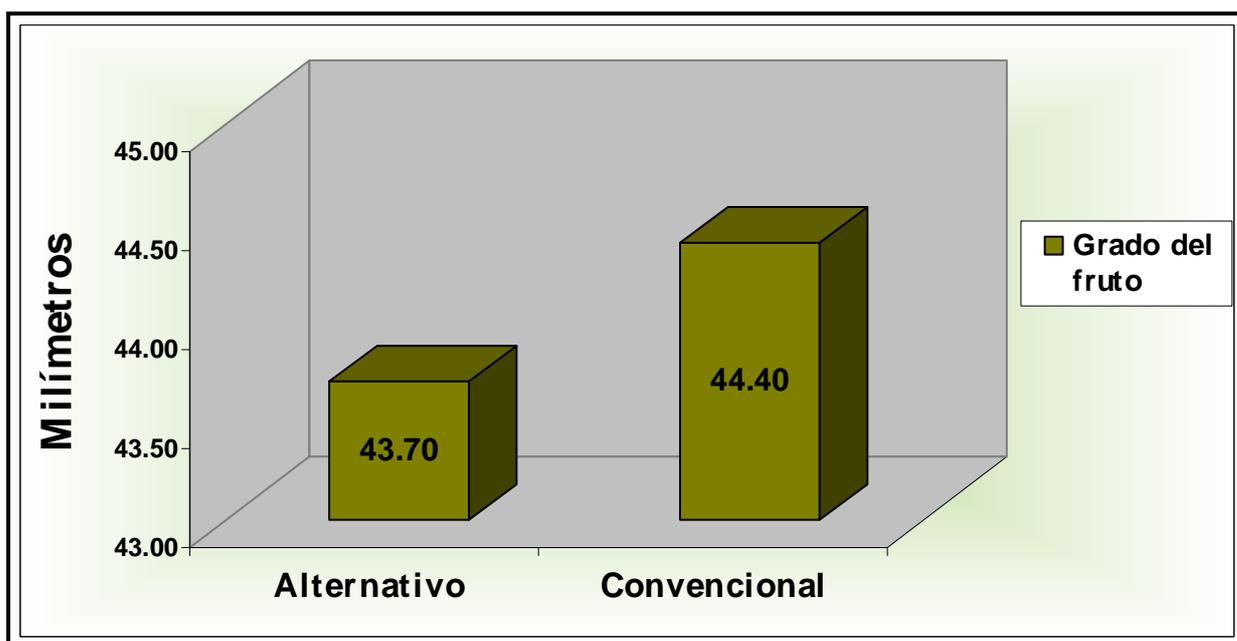


Figura 30 Grado promedio del fruto (Diámetro) (GPF) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.2.6 Longitud promedio del fruto (LPF)

A continuación en la Figura 31 se presenta la longitud promedio del fruto (LPF) en cada uno de los manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la sigatoka negra en plátano. Al momento de la cosecha, la LPF en el manejo alternativo fue de 10.15 plg, encontrándose la menor longitud en los frutos del racimo 1 con 9.00 plg y la mayor longitud en los frutos del racimo 5 con 11.00 plg. La LPF en el manejo convencional también fue de 10.15 plg, siendo los racimos 4, 5 y 10 los que presentaron la menor longitud en sus frutos con 9.50 plg y los racimos 7 y 8 los que presentaron la mayor longitud en sus frutos con 11.00 plg. En esta variable no existe diferencia alguna entre los dos manejos para sigatoka negra. Por tener la misma LPF en los frutos de ambos manejos, no se encuentra ninguna diferencia significativa en el análisis estadístico.

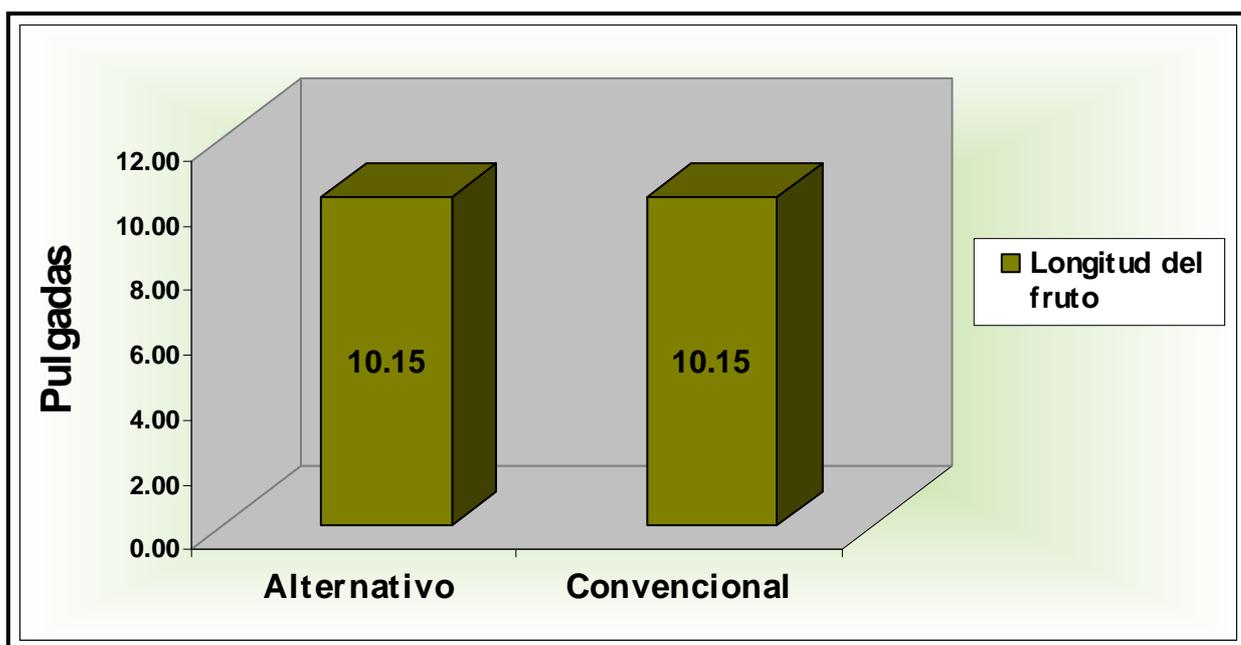


Figura 31 Longitud promedio del fruto (LPF) en cada uno los manejos para sigatoka negra.

2.9.3 Fungicidas químicos utilizados en el manejo convencional

A continuación se presenta el listado de los fungicidas aplicados en la parcela con manejo convencional para sigatoka negra en plátano, la dosis aplicada de estos fungicidas fue de 0.5 lt/ha para los de presentación líquida y de 300 gr/ha para los de presentación granulada.

- Amistar 50 WG
- Baycor 50 SC
- Impulse 80 EC
- Manzate 43 SC
- Sico 250 EC
- Stratego 25 EC
- Sylvacur combi 30 EC
- Tega 25 SC

Para las aplicaciones de estos fungicidas se utilizó como adherente el Adherente 810 SL, a una dosis de 100 ml por 100 litros de mezcla.

2.9.4 Resumen de aplicaciones en los manejos alternativo y convencional

En el Cuadro 18 se presenta el resumen de las aplicaciones de los productos de ambos manejos, alternativo y convencional, para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en la parcela experimental de la finca “La Moyuteca”.

Cuadro 18 Resumen de aplicaciones en los manejos para sigatoka negra en la finca “La Moyuteca” durante la época lluviosa del año 2008.

Semana	Manejo Alternativo			Manejo Convencional	
	Aplicación		Productos	Aplicación foliar	Producto
	Suelo	Foliar			
1	X	X	A+B+C	X	Manzate 43 SC
2				X	Tega 25 SC
3		X	A+B+C	X	Impulse 80 EC
4				X	Baycor 50 SC
5	X	X	A+B+C	X	Tega 25 SC
6				X	Impulse 80 EC
7		X	A+B+C	X	Tega 25 SC
8				X	Tega 25 SC
9	X	X	A+B+C	X	Sico 250 EC
10				X	Amistar 50 WG
11		X	A+B+C	X	Tega 25 SC
12				X	Stratego 25 EC
13	X	X	A+B+C	X	Silvacur c. 30 EC
14				X	Manzate 43 SC
15		X	A+B+C	X	Tega 25 SC
16				X	Manzate 43 SC
17	X	X	A+B+C	X	Tega 25 SC
18				X	Manzate 43 SC
19					
Total	5	9		18	

2.9.5 Tasa de crecimiento de la sigatoka negra

En el Cuadro 19 se presenta la tasa de crecimiento (r) de la sigatoka negra en ambos manejos implementados en la plantación establecida con el cultivo de plátano en la finca “La Moyuteca”. Esta tasa fue determinada utilizando la ecuación derivada del modelo de crecimiento epidemiológico de Van der Plank para enfermedades de ciclo múltiple.

Cuadro 19 Tasa de crecimiento (r) de la sigatoka negra.

Semana	P.P.I. (x)		Días	Tasa de crecimiento (r) semanal M. Alternativo	Tasa de crecimiento (r) semanal M. Convencional	Manejo Alternativo log (x/(1-x))	Manejo Convencional log (x/(1-x))
	Manejo						
	Alternativo	Convencional					
1	0.26	0.25	0	-	-	-0.4543	-0.4771
2	0.46	0.33	7	0.1264	0.0557	-0.0696	-0.3076
3	0.57	0.43	14	0.0631	0.0608	0.1224	-0.1224
4	0.27	0.25	21	-0.1821	-0.1165	-0.4320	-0.4771
5	0.36	0.37	28	0.0598	0.0808	-0.2499	-0.2311
6	0.57	0.45	35	0.1223	0.0473	0.1224	-0.0872
7	0.39	0.62	42	-0.1040	0.0985	-0.1943	0.2126
8	0.43	0.45	49	0.0236	-0.0985	-0.1224	-0.0872
9	0.69	0.72	56	0.1544	0.1634	0.3475	0.4102
10	0.67	0.86	63	-0.0131	0.1243	0.3076	0.7884
11	0.56	0.80	70	-0.0666	-0.0612	0.1047	0.6021
12	0.74	0.88	77	0.1148	0.0865	0.4543	0.8653
13	0.51	0.84	84	-0.1435	-0.0477	0.0174	0.7202
14	0.62	0.76	91	0.0641	-0.0721	0.2126	0.5006
15	0.56	0.65	98	-0.0354	-0.0761	0.1047	0.2688
16	0.60	0.70	105	0.0234	0.0326	0.1761	0.3680
17	0.64	0.68	112	0.0242	-0.0133	0.2499	0.3274
18	0.68	0.70	119	0.0255	0.0133	0.3274	0.3680
19	0.60	0.71	126	-0.0497	0.0069	0.1761	0.3889
Promedios				0.0115	0.0158	0.0919	0.2504

Durante los 126 días de evaluación de los manejos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano, se obtuvo una tasa de crecimiento de 1.15 % (0.0115 lesiones por unidad) en el manejo alternativo y de 1.58 % (0.0158 lesiones por unidad) para el manejo convencional. Esto nos indica que por cada 100 lesiones presentes en el follaje del plátano, se generaran 1.15 lesiones nuevas por día en la parcela con manejo alternativo y 1.58 lesiones nuevas por día en la parcela con manejo convencional. La diferencia entre los dos manejos es de 0.43 %, a favor del manejo convencional.

La gráfica de crecimiento de la epidemia se presenta en la Figura 32, en donde se observa la distribución de la enfermedad en el tiempo en cada manejo aplicado para la reducción de sigatoka negra, durante las 19 semanas de evaluación. Entre los 56 y 77 días la epidemia presentó los mayores índices de crecimiento.

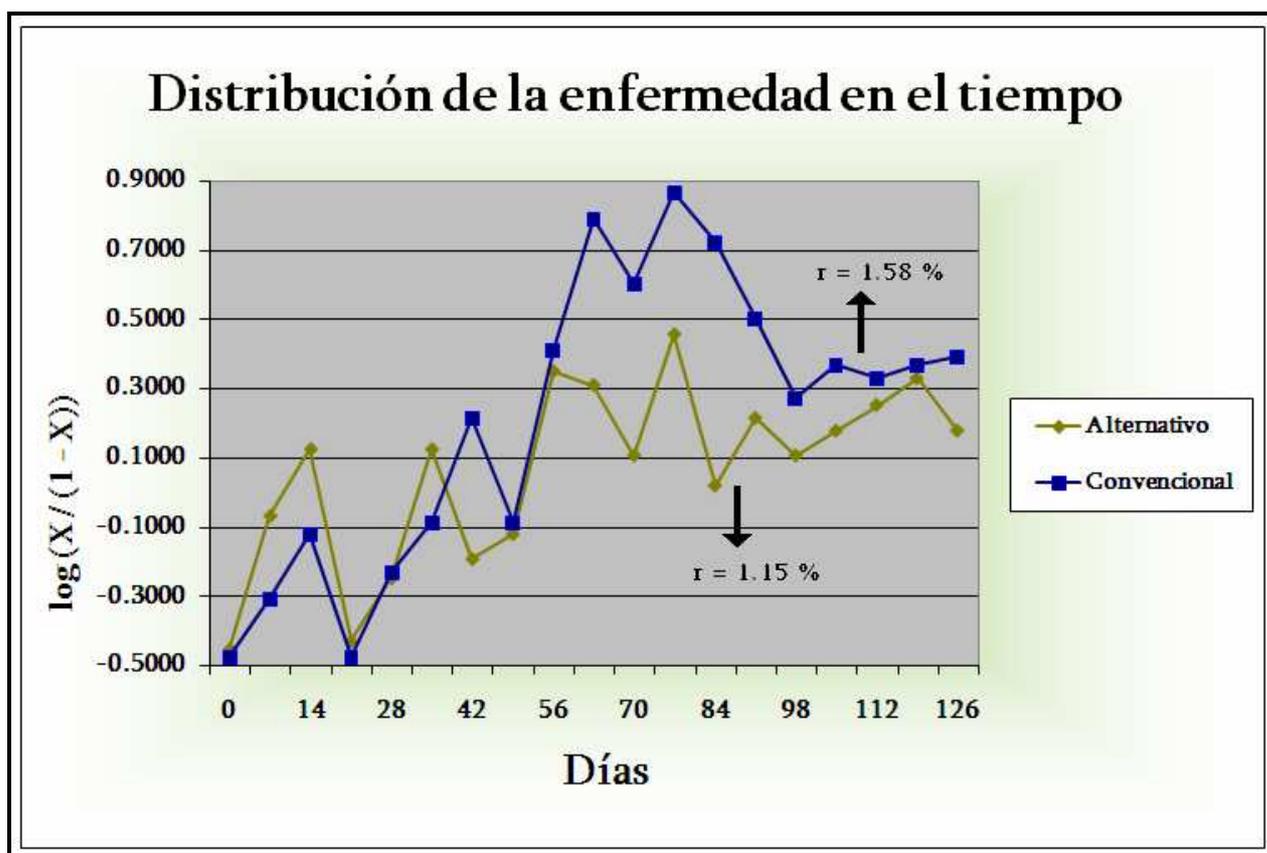


Figura 32 Distribución de la enfermedad en el tiempo de acuerdo al manejo aplicado.

En la Figura 33, se observa la distribución lineal de la enfermedad en cada uno de los manejos aplicados para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano. El ángulo de retraso de la epidemia o diferencia entre las tasas de crecimiento (r) es de 0.43 % a favor del manejo convencional, indicando mayor incidencia de la enfermedad en esta parcela, demostrando el efecto positivo de los microorganismos en el manejo de la enfermedad. Estadísticamente, existe diferencia entre los dos manejos ya que el valor crítico de "t" para el contraste de dos colas (2.10) es menor que el estadístico "t" (2.50).

Esto fortalece las hipótesis planteadas y nos permite recomendar el uso del manejo alternativo para sigatoka negra, aunque hace falta mayor investigación.

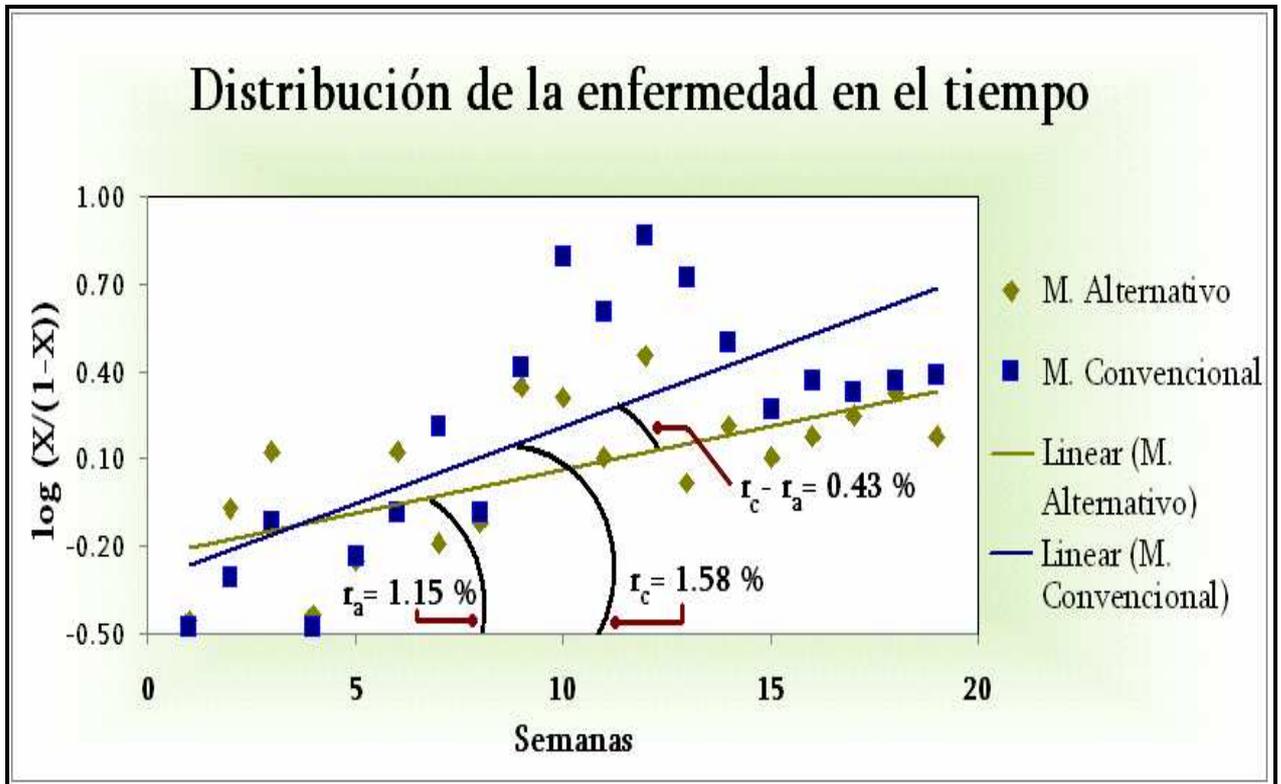


Figura 33 Distribución lineal de la enfermedad de acuerdo al manejo aplicado.

2.9.6 Relación beneficio / costo (B/C) y rentabilidad

La relación beneficio / costo (B/C) y rentabilidad de los dos manejos para la reducción de la incidencia de sigatoka negra en plátano se presenta a continuación:

Cuadro 20 Relación beneficio / costo y rentabilidad de los manejos evaluados por hectárea.

Manejo	Costo por manejo	Costos fijos	Ingreso bruto	Ingreso neto	B/C	Rentabilidad
Alternativo	Q 4,138.36	Q 41,000.00	Q 71,050.00	Q 25,911.64	0.57	57.40 %
Convencional	Q 6,980.24	Q 41,000.00	Q 63,029.00	Q 15,048.76	0.31	31.36 %

En el Cuadro 20 se presentan los costos de producción separados en costos por manejo y costos fijos, los primeros indican el monto al que ascendieron los manejos para sigatoka negra, incluyendo la mano de obra, combustibles y lubricantes. Los costos fijos fueron los mismos para ambas parcelas de manejo, incluyéndose en ellos la mano de obra, la semilla, los fertilizantes, los plaguicidas sin incluir los fungicidas, la renta de la tierra, las prestaciones laborales, el riego, el costo de oportunidad del terreno y los gastos administrativos. Aunque ambos manejos presentan ganancias, el manejo alternativo para sigatoka negra presenta una ganancia de Q 0.57 por cada quetzal invertido en la producción de plátano chifle, superando en Q 0.26 al manejo convencional, que genera Q 0.31 por cada quetzal invertido. La rentabilidad de utilizar el manejo alternativo es de 57.40 %, 26.04 % mayor que la rentabilidad del manejo convencional que fue de 31.36 %. La diferencia en utilizar el manejo alternativo representa un ahorro de Q 2,841.88 / ha / ciclo del cultivo para el productor de plátano, además de implementar un manejo contra la incidencia de sigatoka negra amigable con el medio ambiente y no generando la resistencia del hongo con las aplicaciones continuas los fungicidas químicos. Al aplicar los microorganismos al suelo se logra enriquecerlo, lo cual trae ahorros en los programas de fertilización y se logra evitar que los trabajadores tengan que recurrir a gastos médicos por alguna intoxicación con productos químicos, los cuales no tienen antídoto y pertenecen a las categorías toxicológicas (II, III y IV) que corresponden a altamente tóxicos, moderadamente tóxicos y ligeramente tóxicos.

2.10 Conclusiones

- ④ La propuesta de un manejo alternativo, basado en la utilización del producto biológico A, a base de cepas de microorganismos benéficos, el producto B, un activador de los microorganismos del producto A y el producto C que funge como un potenciador del A, para la reducción de la incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en plátano (*Musa paradisiaca* L.), tiene la ventaja de realizar un menor número de aplicaciones al follaje y una inoculación de los microorganismos al suelo, reduciendo los costos de producción y logrando manejar la enfermedad en forma amigable con el ambiente.
- ④ El comportamiento de la sigatoka negra en la parcela con manejo alternativo presentó su mayor grado de infección entre la semana 9 y la semana 12 según el promedio ponderado de infección y la tasa de crecimiento refleja que existen 1.15 lesiones nuevas por día por cada 100 lesiones existentes, prevaleciendo el mayor crecimiento de la epidemia entre los 56 y 77 días.
- ④ Con la mitad de aplicaciones del manejo convencional con productos químicos, la incidencia de la sigatoka negra en plantaciones de plátano se redujo mediante el uso de productos biológicos, siendo el P.P.I. en la parcela con manejo alternativo de 0.54, comparado con 0.60 en la parcela con manejo convencional.
- ④ La implementación del manejo alternativo para reducir la incidencia de sigatoka negra permite obtener Q 0.57 por cada quetzal invertido, Q 0.26 más que el manejo convencional, que tiene una relación beneficio / costo de Q 0.31. Aparte de un mayor ingreso por concepto de venta de fruta en el manejo alternativo, la ventaja de realizar la mitad de aplicaciones con fungicidas biológicos al cultivo, conlleva a una reducción en los costos de producción de Q2,841.88 / ha / ciclo del cultivo, representando un ahorro significativo para pequeños, medianos y grandes productores de plátano.

- ④ El manejo alternativo con productos biológicos para sigatoka negra en plátano fue más eficaz que el manejo convencional con productos químicos, ya que se logró el objetivo de reducir el grado de incidencia de la enfermedad según el promedio ponderado de infección y obtener una mejor cosecha. Además el manejo alternativo utilizó de mejor manera los recursos (mano de obra, tiempo, productos para el control de la enfermedad y capital) en comparación con el manejo convencional que incurrió en mayor número de aplicaciones, mayor cantidad de fungicidas utilizados, mayor inversión y mano de obra. En este caso el manejo alternativo resultó ser eficaz y eficiente, ya que se lograron los objetivos, utilizando adecuadamente los recursos.

- ④ Los beneficios ambientales que se tienen con el uso de éste fungicida biológico, en el manejo alternativo de la sigatoka negra del plátano, es obtener un fruto libre de plaguicidas sintéticos, asegurando cero residualidad. Al utilizar productos biológicos no hay contaminación del manto freático, ni de los campos agrícolas y sus áreas aledañas, se permite el desarrollo de la flora y fauna silvestre, no hay contaminación de fuentes de agua. Además no se perjudica a otros habitantes del ecosistema y no se tiene exposición por parte de los trabajadores a los productos químicos, evitando el riesgo de intoxicaciones y otros daños graves a la salud humana.

2.11 Recomendaciones

- ④ Realizar evaluaciones con los productos biológicos del manejo alternativo para reducir la incidencia de sigatoka negra en Musáceas dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP), combinando tácticas y estrategias de manejo con sistemas de preaviso de la enfermedad.

- ④ Realizar investigaciones para evaluar la importancia y la ventaja de utilizar productos agrícolas biológicos en cultivos tradicionales y no tradicionales, tanto para protección del cultivo como para nutrición del mismo.

- ④ Evaluar los productos biológicos para el manejo alternativo de sigatoka negra en época seca y comparar los resultados obtenidos en la presente investigación, de preferencia en las dos regiones productoras de Musáceas del país, la costa Sur y la costa del Atlántico guatemalteco.

2.12 Bibliografía

1. Agrios, G. 2004. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Aroche, V; Neri, C. 2002. Manual sobre prácticas agrícolas, producción y manejo post-cosecha del plátano (*Musa* grupo AAB subgrupo Plátano tipo "Horn", bajo las condiciones de la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
3. Asencio, I. 2004. Experiencia en el manejo de las principales enfermedades en el cultivo del plátano (*Musa* AAB, Simmonds) de exportación en áreas comerciales de la empresa Cobigua, en la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 42 p.
4. Bayer CropScience.com. 2007. Productos (en línea). Centro América y El Caribe. Consultado 28 abr 2009. Disponible en: http://www.bayercropscience-ca.com/pls/web_bayer/inicio.html?pprg=2
5. Betancourt, G. s. f. La sigatoka negra del plátano y el banano (en línea). España, INFOAGRO. 35 p. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.infoagro.net/shared/docs/a3/4Sigatoka_negra.pdf
6. Bustamante, M; López, S. 1982. La sigatoka negra del plátano (*Musa* AAA y AAB) y su impacto económico en Centro América y sureste de México. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal, Consejería Agrícola de México en Centroamérica. 53 p.
7. Chinchilla S, JS. 2004. Análisis del cultivo del plátano *Musa* AAB Simmonds en la unidad de riego del parcelamiento "La Blanca", Ocos, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 67 p.
8. Dadzie, BK; Orchard, JE. 1997. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos (en línea). Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano. Guías técnicas INIBAP. 75 p. Consultado 15 mar 2008. Disponible en: www.bioversityinternational.org/Publications/pdf/235_ES.pdf
9. Ecuaquímica.com.ec. 2009. Fungicida sico 250 EC (en línea). Ecuador. Consultado 28 abr 2009. Disponible en: http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=151&Itemid=2&lang
10. Edifarm, EC. 2001. VADEAGRO. 2 ed. Ecuador, Edifarm Internacional Centroamérica. 650 p.

11. IICA, NI. 2004. Cadena agroindustrial del plátano (en línea). Nicaragua. 57 p. Consultado 25 set 2008. Disponible en: http://www.iica.int.ni/Library/Caden_Agroin.htm
12. López M, MA. 1996. Determinación del nivel de fertilización al suelo utilizando como fuente las fórmulas 17-0-9-20 (S), 33.5-0-0-12 (S) y 46-0-0, en el cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la aldea "La Blanca", Ocós, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 35 p.
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2009. Ficha agropecuaria: plátano (en línea). Guatemala. Consultado 14 jun 2009. Disponible en: http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/fichas
14. Monterroso, D. 2007. Modelos generales usados para la interpretación de la dinámica de las enfermedades en plantas. In Curso de Fitopatología Aplicada (2007, GT). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 7 p.
15. Moya, F. 2001. Evaluación de microorganismos eficaces (EM) y derivados de este, en el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo del banano bajo un sistema agroforestal (en línea). Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Earth. 47 p. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/banano/principal.htm
16. Navichoc C, P. 2006. Experiencias en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en el área de Entre Ríos, Puerto Barrios. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 70 p.
17. Ordosgoitti, A. s.f. Enfermedades del banano y plátano en Venezuela, medidas de control (en línea). Venezuela, INIA / CENIAP. Consultado 25 set 2008. Disponible en: http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Monografias/ordosgoitti_f/banano/contenido/contenido.htm
18. Pérez L, EA. 1979. Monografía del parcelamiento "La Blanca", municipio de Ocós del departamento de San Marcos. EPSA, monografía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 45 p.
19. Romero, R. 1997. Avances en epidemiología y manejo de la sigatoka negra en banano (en línea). Revista Agronomía Costarricense 21(1):77-81. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.maq.go.cr/rev_agr/v21n01_077.pdf
20. Sabo M, Vên M. 2006. Sigatoka-negra e ferrugem-asiática: duas doenças de grande impacto económico (en línea). Brasil. 15 p. Consultado 23 set 2009. Disponible en: <http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/doc167.pdf>
21. Simmonds, N. 1973. Los plátanos. 2 ed. Barcelona, España, Blume. 539 p.
22. Syngenta.cl. 2008. Amistar 50 WG (en línea). Chile. 7 p. Consultado 28 mayo 2009. Disponible en:

http://www.syngenta.cl/prodyserv/fitosanitarios/prod/etiquetas_fitosanitarios/Productos_Fitosanitarios/Amistar50WG.pdf

23. UPEB (Unión de Países Exportadores de Banano, PA). 1992. El plátano (*Musa* AAB, ABB) en América Latina. Panamá. 390 p.

CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA SOLUCIONES ANALÍTICAS S. A.
DURANTE EL PERÍODO NOVIEMBRE 2008 A MAYO 2009**

3.1 Servicio I

“Efectos de microorganismos eficaces para el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en la emisión foliar del banano (*Musa sapientum* L.) en la aldea Playa El Semillero, Villa de Tiquisate, Escuintla”

3.1.1 Antecedentes

Por su ubicación subtropical, Guatemala cuenta con las condiciones edafoclimáticas aptas para la explotación del cultivo del banano, sobretodo en las regiones de la costa Sur y Nor-oriental del país. Para el año 2008 el cultivo del banano aportó divisas para la economía guatemalteca de US\$ 339,452,748.00 por concepto de exportaciones en presentaciones en fresco y en seco de 1,449,167.51 TM (BANGUAT, 2009).

El banano es una planta herbácea perenne del género *Musa*, familia de las Musáceas. Posee un sistema radicular adventicio y no posee un tallo verdadero, en su lugar posee varias vainas foliares que llegan a formar un pseudotallo que puede llegar hasta los 6 m de altura y 30 cm de diámetro. De estas vainas foliares emergen las hojas que se caracterizan por ser lisas, verdes, de gran tamaño y ubicadas en espiral.

Las hojas del banano se originan del punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del bulbo. Luego se nota precozmente la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el borde derecho, los cuales crecen en altura y forman los semilimbos. La hoja se forma en el interior del pseudotallo, emergiendo enrollada en forma de cigarro o candela. Una vez que ha salido la tercera parte de la longitud, la presencia de la coloración verde o pigmentación clorofílica se hace inmediatamente (Romero, 1997).

La apertura de la hoja candela comienza con la parte apical del cilindro, exponiendo primero la superficie abaxial del semilimbo izquierdo de la hoja, forma una estructura cónica en forma de embudo para luego abrir el otro semilimbo. Durante el desarrollo de la

hoja, esta tiene una posición vertical con respecto al suelo, la cual pasa luego a ser horizontal conforme envejece (Romero, 1997).

La sigatoka negra causada por el hongo ascomycete *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, tiene un efecto negativo sobre el rendimiento del banano y otros cultivares del género *Musa*, su costo de control representa uno de los rubros más altos en la producción. El ritmo de emisión foliar del banano, que produce una hoja cada 7 a 15 días, permite que existan hojas nuevas susceptibles para el ataque de la enfermedad, lo cual se ve acentuado por la gran producción de inóculo del hongo, los numerosos ciclos de reproducción del hongo durante el año, las malas prácticas agrícolas y los factores climáticos (Romero, 1997).

La mayor parte de las infecciones de este hongo ocurren durante el proceso de desenvolvimiento de la hoja candela en la superficie abaxial donde hay mayor cantidad de estomas que en la parte adaxial. Además la hoja candela, en posición vertical y de forma más o menos cilíndrica, representa un mejor flanco para el impacto de las esporas del patógeno pues hay menos tensión superficial (Romero, 1997).

Además del principal daño causado por la sigatoka negra con la defoliación de la planta debido a la gran cantidad de manchas en el follaje, existe una marcada consecuencia en la disminución en el peso y calidad de los racimos y un marcado efecto en la maduración de los frutos.

Actualmente los productores de banano depositan su confianza en el control químico de la enfermedad con programas basados en el uso de fungicidas protectantes como los triazoles o estrobilurinas, a los cuales el patógeno genera resistencia y hace más complicado y costoso su manejo. Es por ello que implementar un manejo de la enfermedad con productos biológicos con microorganismos eficaces, que además mejora la fertilidad y estructura del suelo, permite a los agricultores reducir los índices de infección del patógeno, no generar resistencia del mismo y trabajar amigablemente con el ambiente.

En el Área de Investigación Agrícola y Biotecnología de la empresa Soluciones Analíticas S. A. se busca constantemente nuevos productos y técnicas para poder satisfacer las necesidades de los agricultores, mediante un uso eficiente de los recursos, de forma amigable con el ambiente y obteniendo cosechas de alta calidad y cantidad.

Con el fin de promover nuevos productos y técnicas para el manejo de los cultivos, la empresa Soluciones Analíticas S. A. cuenta con la posibilidad de implementar parcelas demostrativas en cualquier parte del territorio nacional mediante convenios con los propietarios de fincas y empresas de las diversas áreas agrícolas del país. Es por ello que con la finalidad de encontrar un producto que favorezca la emisión foliar del banano y represente un manejo alternativo de la sigatoka negra en forma amigable con el ambiente, se implementó un ensayo demostrativo con productos biológicos en una finca bananera del sur del país.

3.1.2 Objetivo

- ④ Determinar la emisión foliar del banano utilizando un producto biológico con un complejo de microorganismos benéficos.

3.1.3 Metodología

3.1.3.1 Fase de gabinete I

A. Revisión de literatura

Se consultó bibliografía correspondiente al cultivo del banano y a la enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la sigatoka negra. La información recabada sirvió de base para ejecutar el presente servicio en la finca “Primavera”, Aldea Playa El Semillero, Villa de Tiquisate, Escuintla.

B. Selección del área de ensayo

En agosto de 2008 se realizó una búsqueda en la base de datos de los clientes de la empresa Soluciones Analíticas S. A. que son productores de Musáceas en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos.

A partir de los clientes seleccionados en la base de datos, se realizaron los contactos vía telefónica con los encargados de investigación de cada una de las fincas productoras para generar la inquietud de realizar un ensayo para el manejo de sigatoka negra con productos biológicos con microorganismos eficaces en sus terrenos.

Al tener la respuesta positiva de la finca “Primavera”, se decidió realizar el ensayo en sus instalaciones ubicadas en la aldea Playa El Semillero, Villa de Tiquisate, Escuintla, en las siguientes coordenadas 14°05'13.22" Latitud Norte y 91°27'25.75" Longitud Oeste.

C. Reconocimiento del área de ensayo

A inicios de septiembre del 2008 se realizó la primera visita de campo a las instalaciones de la finca “Primavera”, con la finalidad de conocer el área destinada para el ensayo, en donde las plantas de banano se encontraban en un área de 160 m², distribuidas en 4 surcos de 10 plantas cada uno, con un distanciamiento entre plantas de 2.0 m x 2.0 m, como se puede observar en la Figura 34.



Figura 34 Plantas de banano antes de iniciar el ensayo.

D. Selección de plantas evaluadas

Del total de las 40 plantas de banano (*Musa sapientum* L.) de la parcela, se seleccionaron 10 plantas en zig-zag para observar los efectos de los microorganismos eficaces en la emisión foliar de la planta.

E. Elaboración de la boleta de campo

En base al ritmo de emisión foliar del banano de una hoja cada 7 ó 15 días, se elaboró la boleta de campo tomando en cuenta el número de planta evaluada y la cantidad de hojas presentes en cada una, para determinar la emisión foliar en la plantación de plátano.

3.1.3.2 Fase de laboratorio

A. Dosificación de los productos con microorganismos eficaces

El complejo de microorganismos eficaces utilizados en el presente servicio proviene de tres productos biológicos que se detallan a continuación con sus respectivas dosis.

Producto A: Es un producto formulado a base de diferentes cepas de microorganismos benéficos que atacan la sigatoka negra por los métodos de competencia, parasitismo y antibiosis, además de contener en su composición inductores de la síntesis de fitoalexinas, lo que garantiza un buen control y la seguridad de la no generación de resistencia por ser un producto con múltiples modos y sitios de acción. Este producto es un polvo mojable que se puede aplicar en cualquier etapa del cultivo, pero se sugiere hacer las aplicaciones en las primeras etapas de desarrollo del mismo. Su dosis inicial al suelo es de 500 gr/ha y posteriormente se aplican dosis de mantenimiento mensual de 250 gr/ha. La dosis para la aplicación foliar es de 250 gr/ha en intervalos de 14 días.

Producto B: Es el producto activador de los microorganismos del producto A, es necesaria su mezcla ya que esto provoca que al realizar la aplicación, se encuentre la máxima cantidad de microorganismos benéficos y se logre un control más rápido. Su dosis inicial al suelo es de 250 gr/ha y posteriormente se aplican dosis de mantenimiento mensual de 125 gr/ha. La dosis para la aplicación foliar es de 125 gr/ha en intervalos de 14 días.

Producto C: Producto utilizado únicamente en las aplicaciones foliares, es un potenciador del producto A y funge como un coadyuvante que facilita la adherencia y penetración de las estructuras o metabolitos segregados por los microorganismos. La dosis a aplicar de producto es de 125 ml/ha en intervalos de 14 días.

Tomando en cuenta el área de la parcela demostrativa de 160 m², la dosis aplicada fue la siguiente:

Cuadro 21 Dosificación utilizada en la parcela demostrativa.

Producto	Dosis inicial al suelo	Dosis mantenimiento al suelo	Dosis inicial y mantenimiento foliar
A	8 gr.	4 gr.	4 gr.
B	4 gr.	2 gr.	2 gr.
C			2 ml.

3.1.3.3 Fase de campo

A. Preparación de la mezcla de los productos biológicos

En las aplicaciones al suelo y follaje la mezcla de los productos A y B se realizó en 2 litros de agua, con 8 horas de anticipación para lograr una adecuada aplicación y colonización por parte de los microorganismos. Al realizar la mezcla se agitó y se dejó reposar hasta el momento de la aplicación en un envase plástico sin tapadera. Luego la mezcla se trasladó al recipiente plástico del equipo de aplicación y se llevó al área del ensayo. El producto C, que solo se utiliza para aplicaciones foliares, se agregó al momento de la aplicación a la mezcla ya elaborada de los productos A y B.

B. Aplicación de la mezcla de los productos biológicos

La mezcla del producto A y el producto B se aplicó vía foliar y al suelo, las aplicaciones foliares se realizaron con una frecuencia de 14 días junto con el producto C y las aplicaciones al suelo se realizaron mediante una dosis inicial o de choque y luego aplicaciones mensuales de mantenimiento, con la ayuda de un equipo conformado por un tanque de Dióxido de Carbono, una manguera de hule, un set de boquilla en abanico y un recipiente plástico que contenía la mezcla de los productos impulsados por la presión del tanque.

C. Saneamiento de la plantación

El saneamiento o deshoje en la plantación se realizó con la ayuda de un machete ya que la altura de las plantas lo permitía. Esta práctica cultural fue realizada para contribuir al manejo sobre la sigatoka negra en el follaje de las plantas.

D. Evaluación de la emisión foliar

Durante el período de septiembre a diciembre del año 2008, se realizaron evaluaciones semanales en las 10 plantas seleccionadas en zig-zag de la parcela demostrativa, realizando un conteo del número de hojas verdaderas que presentaba cada una de ellas. La numeración se realizó de forma descendente, sin contar la hoja candela o cigarro y las hojas agobiadas, con el sistema de impares y pares. En este sistema se debe tomar en cuenta la posición de las hojas ya que su desarrollo es en forma helicoidal, por lo tanto se

forman dos líneas de posición, la posición de hojas con números impares que inicia en la hoja 1 y la posición de hojas con números pares que inicia con la hoja 2, finalmente del total de plantas evaluadas se saca el promedio de hojas por día de evaluación para obtener el promedio de hojas por semana.

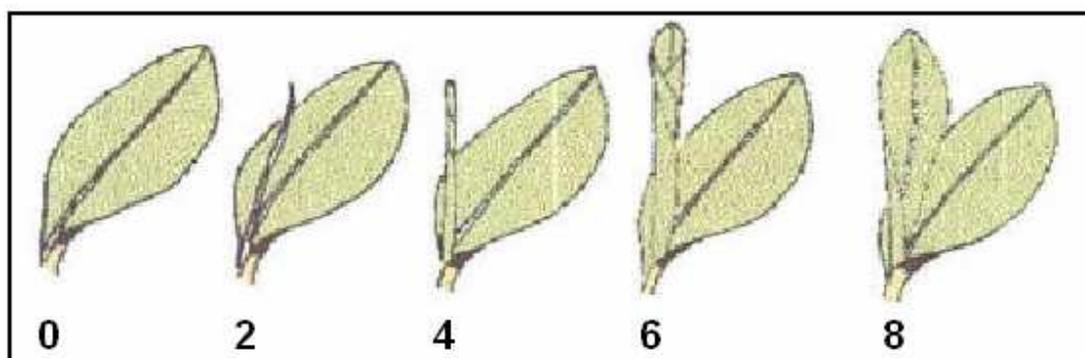


Figura 35 Estados de hoja candela o cigarro en Musáceas.

3.1.3.4 Fase de gabinete II

Se recopiló toda la información que se obtuvo en la fase de campo, se tabularon y analizaron los resultados y se procedió a la discusión de los mismos.

3.1.4 Resultados

El comportamiento del número de hojas por planta y semana en la parcela de banano (*Musa sapientum* L.) se detalla a continuación en el Cuadro 22:

Cuadro 22 Promedio de hojas por planta y por semana en la finca “Primavera”.

Planta	Semana														Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	9	10	9	10	10	11	11	12	14	15	10	11	12	13	11.3
2	9	10	9	11	11	11	11	12	12	15	9	10	11	12	11.1
3	6	7	8	9	10	6	7	9	10	10	9	8	10	11	8.8
4	7	8	8	9	11	11	11	11	12	13	9	9	10	12	10.4
5	9	10	11	10	12	10	10	11	12	12	10	7	9	10	10.6
6	6	8	9	10	11	10	11	13	11	12	9	8	10	11	10.4
7	9	8	10	11	11	11	10	11	11	12	10	9	10	11	10.8
8	12	12	11	11	12	10	11	12	12	13	13	10	11	12	12.1
9	11	10	11	11	13	12	12	13	12	13	11	9	10	11	12.0
10	9	10	10	11	10	10	9	10	11	12	11	8	9	10	10.7
Promedio	8.7	9.3	9.6	10.3	11.1	10.2	10.3	11.4	11.7	12.7	10.1	8.9	10.2	11.3	

El promedio de hojas en cada una de las 10 plantas evaluadas durante el ensayo en la finca “Primavera” se presenta en la Figura 36, encontrándose la mayor cantidad de hojas en la planta 8 y la menor cantidad en la planta 3.

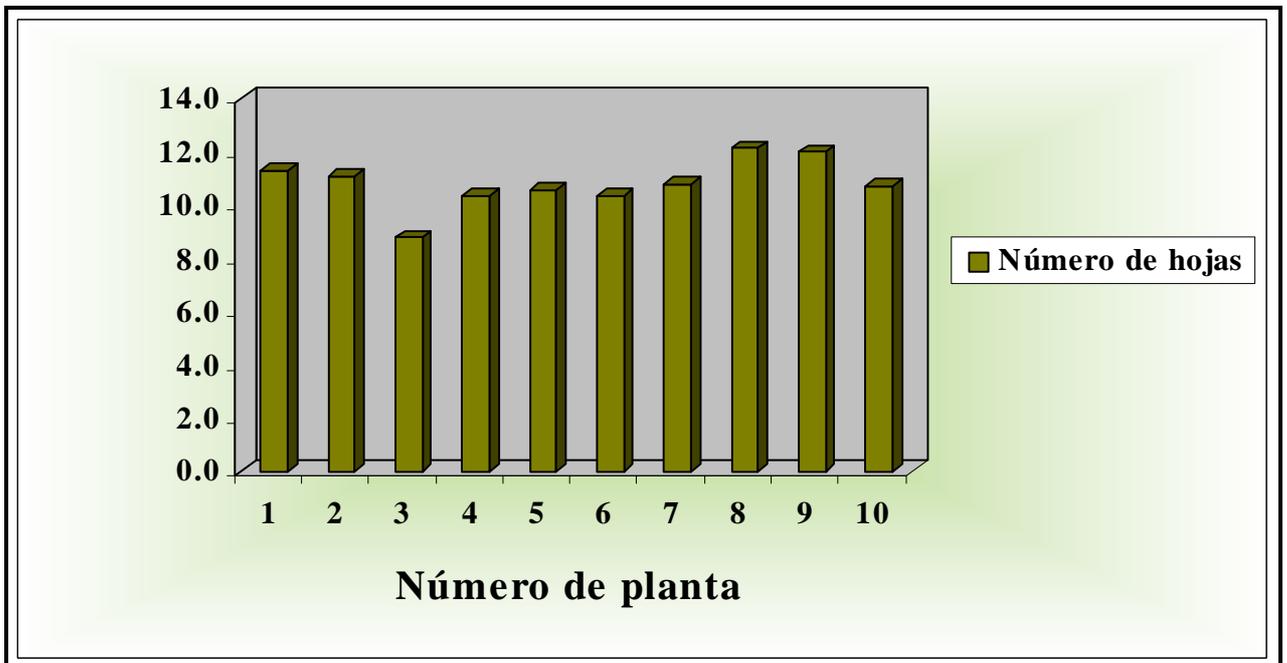


Figura 36 Promedio de hojas por planta en el ensayo realizado en la finca “Primavera”.

El promedio de hojas por semana de las 10 plantas evaluadas durante el ensayo en la finca "Primavera" se presenta en la Figura 37.

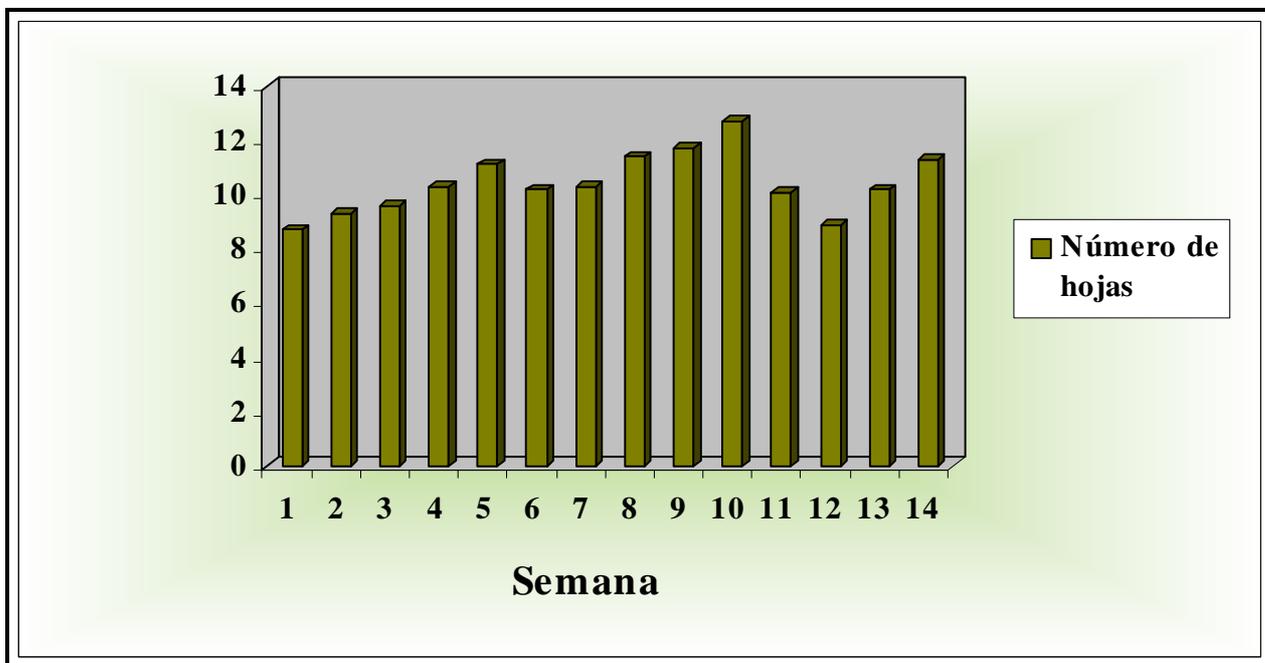


Figura 37 Promedio de hojas por semana en el ensayo realizado en la finca "Primavera".

Durante las 14 semanas que duró el ensayo se puede observar que en la semana 10 las plantas presentaron la mayor cantidad de hojas por planta con un total de 12.7 y en la semana 1 la menor cantidad con 8.7 hojas por planta en promedio.

En la Figura 38 se puede observar la hoja candela o cigarro de una de las plantas seleccionadas en el área de ensayo de la finca "Primavera", además de la frondosidad de la planta, se puede ver el efecto de los microorganismos benéficos en el manejo de la sigatoka negra en la hoja 1 la cual esta libre de síntomas de la enfermedad.

La Figura 39 muestra a las plantas en la semana 13 del ensayo, las mismas presentaron un follaje bastante abundante, con bajos índices de infección de sigatoka negra.



Figura 38 Hoja candela o cigarro en las plantas de banano en la finca “Primavera”.



Figura 39 Plantas de banano al término del ensayo en la finca “Primavera”.

3.1.5 Conclusiones

- La emisión foliar del banano en las 10 plantas evaluadas en el ensayo implementado en la finca “Primavera” demostró que durante las 14 semanas de evaluación, las plantas emergieron entre 8.7 y 12.7 hojas por planta. La semana 1 fue la que menor cantidad de hojas presentó con 8.7 hojas por planta y la semana 10 fue la que más hojas por planta presentó con 12.7.
- La planta que más hojas emergió durante las 14 semanas de evaluación fue la planta número 8 con un total de 12.1 hojas, presentando la máxima cantidad de hojas en las semanas 10 y 11 con 13 hojas y la mínima cantidad de hojas en las semanas 6 y 12 con 10 hojas respectivamente. La planta número 3 fue la que menor cantidad de hojas emergió durante el ensayo con 8.8 hojas, presentando valores de 6 hojas en las semanas 1 y 6 como valor mínimo y 11 hojas en la semana 14 como valor máximo.
- Este ensayo permite observar el efecto que tienen los microorganismos efectivos en la emisión foliar del banano, así como la influencia que tiene éstos en la nutrición de la planta, ya que el follaje de la misma fue frondoso y sin daño de importancia por parte de la sigatoka negra.

3.2 Servicio II

“Evaluación de microorganismos eficaces para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet) en banano (*Musa sapientum* L.) en macetas demostrativas, en la aldea Playa El Semillero, Villa de Tiquisate, Escuintla”

3.2.1 Antecedentes

La sigatoka negra, enfermedad causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, es el principal problema fitopatológico del cultivo del banano y el plátano en América, Asia y África. Debido a sus características biológicas de mayor producción de ascosporas, mayor número de ciclos sexuales por año y una tasa elevada de colonización de tejidos, la sigatoka negra logra rápidamente predominar sobre otras enfermedades foliares del banano menos agresivas (Hidalgo, 2003).

El efecto de la sigatoka negra sobre los rendimientos del banano y otros cultivares de *Musa* es muy significativo, llegando a causar pérdidas en las plantaciones entre un 50 y 100 % de la producción. El costo de su control representa uno de los rubros más altos para los productores, representando alrededor del 27 % de los costos de producción, que asciende a un promedio de US\$ 1000/ha/año aproximadamente (Romero, 1997).

Las mayores pérdidas provocadas por la sigatoka negra se deben a la severa defoliación, que produce una marcada disminución en el peso y calidad de los racimos y un marcado efecto en acelerar la maduración de las frutas, lo cual ocurre durante el transporte a los mercados de consumo (Romero, 1997).

En la costa Sur de Guatemala, desde el inicio de las plantaciones de banano en el área de Ocós, San Marcos, se vio la dispersión de la enfermedad en una finca de 250 ha. Por efectos eólicos, la enfermedad se diseminó desde un comienzo en sentido del viento, encontrándose después por toda la costa sur conforme ha ido la expansión del cultivo de Musáceas. Actualmente toda el área del sur de Guatemala que comprende una extensión entre banano y plátano de 15,000 ha. aproximadamente, desde los 20 hasta los 750 m.s.n.m. se puede ver la presencia de la enfermedad (Asencio, 2004).

Actualmente la industria bananera de Guatemala invierte anualmente esfuerzo, tiempo y una considerable parte de los costos de producción en el control de la sigatoka negra, por lo que constantemente se busca una mejor eficiencia en el uso de los recursos para lograr un control integral de la enfermedad (Salvador, 2002).

Con el fin de promover nuevos productos y técnicas innovadoras en el cultivo de las Musáceas, la empresa Soluciones Analíticas S. A. cuenta con la posibilidad de implementar parcelas demostrativas en la costa sur del territorio nacional mediante convenios con los propietarios de fincas y empresas de las diversas áreas de producción del país.

Considerando que la presencia de la sigatoka negra en la costa sur del país es un problema fitosanitario prioritario en el cultivo del banano, afectando significativamente la cantidad y calidad de la cosecha e incrementa considerablemente los costos de producción, encontrar nuevos manejos de la enfermedad es de bastante interés para los productores.

3.2.2 Objetivos

- ① Determinar el Porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) por sigatoka negra en banano en macetas demostrativas bajo un manejo con microorganismos eficaces.
- ① Determinar el Promedio ponderado de infección (P.P.I.) en la severidad de ataque de la sigatoka negra en banano bajo un manejo con microorganismos eficaces.

3.2.3 Metodología

3.2.3.1 Fase de gabinete I

A. Revisión de literatura

Se consultaron libros, tesis, documentos, páginas Web, revistas, con literatura correspondiente al cultivo del banano y a la enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Morelet, la sigatoka negra.

B. Selección de clientes en la base de datos

En agosto de 2008 se realizó una búsqueda en la base de datos de los clientes de la empresa Soluciones Analíticas S. A. que son productores de Musáceas en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos.

A partir de los clientes seleccionados en la base de datos, se realizaron los contactos vía telefónica con los encargados de investigación de cada una de las fincas productoras para generar la inquietud de realizar un ensayo para el manejo de sigatoka negra con productos biológicos con microorganismos eficaces en sus terrenos.

Al tener la respuesta positiva de la “Compañía Bananera Independiente de Guatemala - COBIGUA- Costa sur”, se decidió realizar el ensayo en sus instalaciones ubicadas en la aldea Playa El Semillero, Villa de Tiquisate, Escuintla, en las siguientes coordenadas 14°07'46.48 Latitud Norte y 91°26'25.75” Longitud O este.

C. Reconocimiento del área de ensayo

A inicios de septiembre del 2008 se realizó la primera visita de campo a las instalaciones de la finca, con la finalidad de conocer el área destinada para el ensayo, observándose que las plantas de banano particularmente se encontraban en macetas de concreto, distribuidas en un área de 60 m², a luz solar directa y con riego como se muestra en la Figura 40.



Figura 40 Área del ensayo con las macetas con banano.

D. Selección de macetas

Del total de 16 macetas demostrativas de banano (*Musa sapientum* L.), se seleccionaron 8 macetas para el tratamiento con microorganismos eficaces y 8 como testigo para la realización del ensayo.

E. Elaboración de la boleta de campo

En base a la metodología de Stover modificada por Gauhl, se elaboró la boleta de campo tomando en cuenta el número de planta evaluada, la cantidad de hojas presentes en cada una y el síntoma y grado de infección de la sigatoka negra en el follaje de cada planta, para determinar la magnitud del daño en el follaje de la plantación de banano.

3.2.3.2 Fase de laboratorio

A. Dosificación de los productos con microorganismos eficaces

Producto A: Es un polvo mojable formulado a base de diferentes cepas de microorganismos que atacan la sigatoka negra por los métodos de competencia,

parasitismo y antibiosis, además de contener en su composición inductores de la síntesis de fitoalexinas, lo que garantiza un buen control y la seguridad de la no generación de resistencia por ser un producto con múltiples modos y sitios de acción. Este producto se puede aplicar en cualquier etapa del cultivo, pero se sugiere hacer las aplicaciones en las primeras etapas de desarrollo del mismo. Su dosis inicial al suelo es de 500 gr/ha y posteriormente se aplican dosis de mantenimiento mensual de 250 gr/ha. La dosis para la aplicación foliar es de 250 gr/ha en intervalos de 14 días.

Producto B: Producto activador de los microorganismos del producto A, es necesaria su mezcla ya que esto provoca que cuando se realice la aplicación, se encuentre la máxima cantidad de microorganismos benéficos y se logre un control más rápido. Su dosis inicial al suelo es de 250 gr/ha y posteriormente se aplican dosis de mantenimiento mensual de 125 gr/ha. La dosis para la aplicación foliar es de 125 gr/ha en intervalos de 14 días.

Producto C: Producto utilizado únicamente en las aplicaciones foliares, es un potenciador del producto A y funge como un coadyuvante que facilita la adherencia y penetración de las estructuras o metabolitos segregados por los microorganismos. La dosis a aplicar de producto es de 125 ml/ha en intervalos de 14 días.

Tomando en cuenta que el área de las 8 macetas demostrativas es de 60 m², la dosis aplicada fue la siguiente:

Cuadro 23 Dosificación utilizada en las 8 macetas demostrativas.

Producto	Dosis inicial al suelo	Dosis mantenimiento al suelo	Dosis inicial y mantenimiento foliar
A	3 gr.	1.5 gr.	1.5 gr.
B	1.5 gr.	0.75 gr.	0.75 gr.
C			0.75 ml.

3.2.3.3 Fase de campo

A. Preparación de la mezcla de los productos biológicos

En las aplicaciones al suelo y follaje la mezcla de los productos A y B se realizó en 500 ml. de agua, con 8 horas de anticipación para lograr una adecuada aplicación y colonización por parte de los microorganismos. Al realizar la mezcla se agitó y se dejó reposar hasta el momento de la aplicación en un envase plástico sin tapadera. Luego la mezcla se trasladó al recipiente plástico del equipo de aplicación y se llevó al área del ensayo. El producto C, que solo se utiliza para aplicaciones foliares, se agregó al momento de la aplicación a la mezcla ya elaborada de los productos A y B.

B. Aplicación de la mezcla de los productos biológicos

La mezcla del producto A y el producto B se aplicó vía foliar y al suelo, las aplicaciones foliares se realizaron con una frecuencia de 14 días junto con el producto C y las aplicaciones al suelo se realizaron mediante una dosis inicial o de choque y luego aplicaciones mensuales de mantenimiento, con la ayuda de un equipo conformado por un tanque de Dióxido de Carbono, una manguera de hule, un set de boquilla en abanico y un recipiente plástico que contenía la mezcla de producto impulsado por la presión del tanque.

C. Saneamiento de la plantación

El saneamiento o deshoje en la plantación se realizó con la ayuda de un machete ya que la altura de las plantas lo permitía. Esta práctica cultural fue realizada para contribuir al manejo de la sigatoka negra en el follaje de las plantas en ambos grupos de macetas.

D. Evaluación de incidencia de sigatoka negra

Durante el período de septiembre a diciembre del año 2008, se realizaron evaluaciones semanales en las 16 plantas de banano en las macetas demostrativas, 8 macetas con manejo con microorganismos eficaces y 8 macetas como testigo absoluto, realizando un conteo de las hojas que presentaban síntomas de ataque de sigatoka negra, desde pizca o estría, hasta llegar a mancha según los grados de severidad de la escala de Stover modificada por Gauhl.

La evaluación se realizó llevando semanalmente la numeración de las hojas de arriba hacia abajo, sin contar la hoja candela o cigarro y las hojas agobiadas, con el sistema de impares y pares, para observar el estado de infección en el follaje y la cantidad de hojas en cada planta.

3.2.3.4 Fase de gabinete II

Se recopiló toda la información que se obtuvo en la fase de campo, se tabularon los resultados y se procedió a la discusión de los mismos.

3.2.4 Resultados

El comportamiento del promedio de hojas por planta y el porcentaje de hojas infectadas con sigatoka negra en cada uno de los grupos de macetas con banano (*Musa sapientum* L.) se detalla a continuación en el Cuadro 24.

Cuadro 24 Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) y del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) en las macetas demostrativas.

Semana	PHP		Porcentaje de H.I.	
	Tratamiento	Testigo	Tratamiento	Testigo
1	8.25	8.75	1.52	8.74
2	9.13	10.00	2.63	11.34
3	10.25	10.88	5.81	19.52
4	11.25	12.00	14.43	22.93
5	11.63	10.63	18.14	18.68
6	10.38	10.13	17.88	24.63
7	10.00	9.00	14.91	18.06
8	9.88	9.75	29.30	33.22
9	9.50	9.75	25.00	26.78
10	9.75	9.88	32.04	31.55
11	8.00	8.38	12.50	14.93
12	7.88	8.63	11.06	19.97
Promedio	9.66	9.82	15.44	20.86

En la Figura 41 se observa el comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) durante las 12 semanas de duración del ensayo. La mayor cantidad de hojas en las plantas con tratamiento fue en la semana 5 con 11.63 hojas y la menor fue en la semana 12 con 7.88 hojas, para un promedio final de 9.66 hojas por planta. El testigo en la semana 4 tuvo la mayor cantidad de hojas con 12 y en la semana 11 la menor cantidad con 8.38 hojas por planta, para un promedio final de 9.82 hojas por planta.

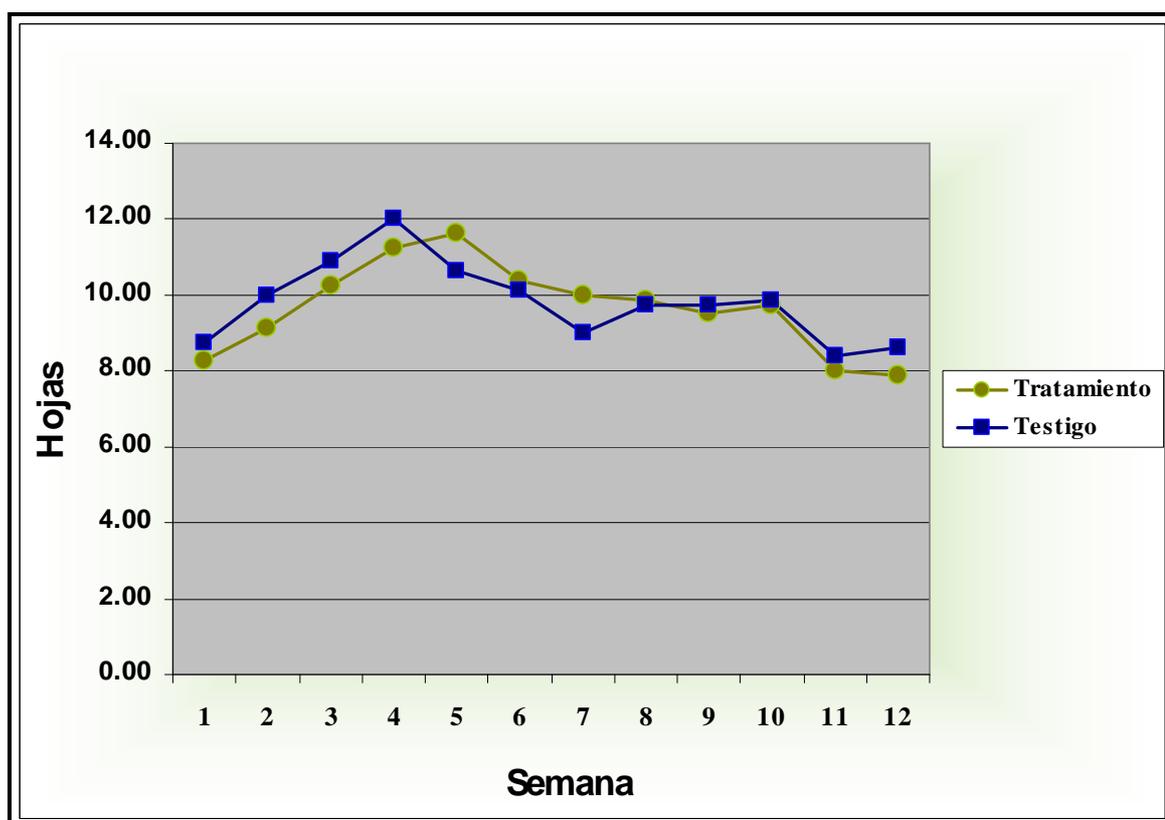


Figura 41 Comportamiento del promedio de hojas por planta (PHP) por semana en las macetas demostrativas.

En la Figura 42 se observa el comportamiento del porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) durante las 12 semanas de duración del ensayo. La mayor cantidad de hojas infectadas en las plantas con tratamiento fue en la semana 10 con 32.04 hojas y la menor fue en la semana 1 con 1.52 hojas, para un promedio final de 15.44 hojas infectadas. El testigo en la semana 8 tuvo la mayor cantidad de hojas infectadas con 33.22 y en la semana 1 la menor cantidad con 8.74 hojas, para un promedio final de 20.86 hojas infectadas.

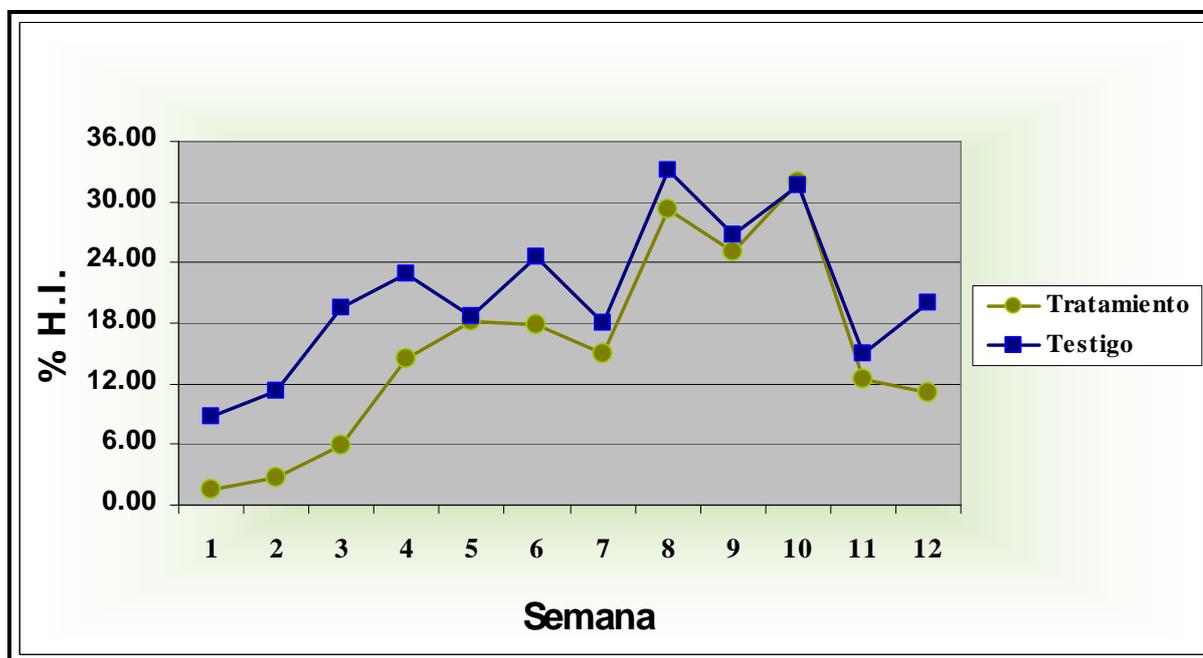


Figura 42 Comportamiento del porcentaje hojas infectadas (% H.I.) por semana en las macetas demostrativas.

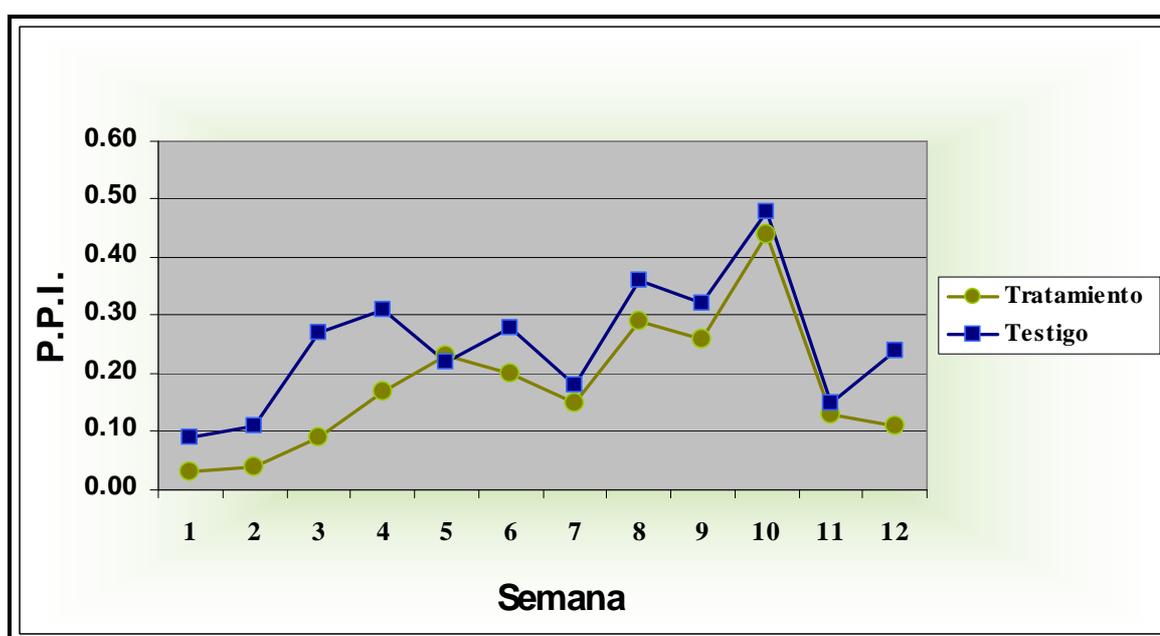
En el Cuadro 25 se observa el promedio ponderado de infección (P.P.I.) durante las 12 semanas de duración del ensayo en cada uno de los grupos de macetas, 8 con tratamiento con microorganismos eficaces y 8 como testigo. Este promedio ponderado nos da el valor de la magnitud del daño que ejerce el patógeno al follaje de la plantación de banano en una escala de 0 a 1. Las plantas con tratamiento con microorganismos eficaces para el manejo de la sigatoka negra presentaron un P.P.I. de 0.18 y las plantas testigo presentaron un P.P.I. de 0.25.

En las plantas con tratamiento el mayor valor del P.P.I. fue de 0.44 en la semana 10 y el menor fue de 0.03 en la semana 1. En las plantas en macetas testigo el mayor valor del P.P.I. fue de 0.48 en la semana 10 y el menor fue de 0.09 en la semana 1. Tanto los valores mínimos como máximos del P.P.I. demuestran una mayor incidencia de sigatoka negra en los follajes de las plantas testigo que en las plantas con tratamiento.

Cuadro 25 Promedio ponderado de infección (P.P.I.) en las macetas demostrativas.

Semana	P.P.I.	
	Tratamiento	Testigo
1	0.03	0.09
2	0.04	0.11
3	0.09	0.27
4	0.17	0.31
5	0.23	0.22
6	0.20	0.28
7	0.15	0.18
8	0.29	0.36
9	0.26	0.32
10	0.44	0.48
11	0.13	0.15
12	0.11	0.24
Promedio	0.18	0.25

En la Figura 43 se observa el comportamiento del promedio ponderado de infección (P.P.I.) durante las 12 semanas de duración del ensayo.

**Figura 43** Promedio ponderado de infección (P.P.I.) en las macetas demostrativas.

3.2.5 Conclusiones

- ④ El porcentaje de hojas infectadas (% H.I.) en banano por sigatoka negra en las macetas demostrativas con un manejo con microorganismos eficaces fue de 15.44 % de un promedio de hojas por planta (PHP) de 9.66, es decir 1.49 hojas están infectadas con el ataque del hongo. Las plantas del testigo absoluto presentaron un % H.I. de 20.86 de un PHP de 9.82, es decir 2.05 hojas infectadas por sigatoka negra, 0.56 hojas más que las plantas con tratamiento con microorganismos eficaces.

- ④ El promedio ponderado de infección (P.P.I.) en las plantas con tratamiento con microorganismos eficaces para el manejo de sigatoka negra fue de 0.18, mientras que las plantas del testigo absoluto presentaron un P.P.I. de 0.25, la diferencia entre ambos grupos de plantas es de 0.07 a favor de las plantas en el testigo absoluto, lo que indica el efecto positivo de los productos biológicos con microorganismos eficaces para el manejo de la sigatoka negra.

3.3 Servicio III

“Realización de muestreos de suelos y foliares con fines de fertilidad, para análisis químico de laboratorio”

3.3.1 Antecedentes

La empresa Soluciones Analíticas S. A. tiene como visión ser una guía, solución y apoyo para que sus clientes optimicen su productividad y calidad. La misión de la empresa es ser un equipo de profesionales que brinden innovaciones tecnológicas para la industria, servicios de consultoría y análisis químico, físico y biológico, equipo y productos para programas de gestión de calidad y apoyo para el desarrollo de programas de gestión ambiental. En el área agrícola, Soluciones Analíticas S. A. ofrece a los productores análisis de suelos, foliares, abonos orgánicos, enmiendas agrícolas, enfermedades, nemátodos y aguas de uso agrícola y residual, así como la interpretación y recomendaciones del análisis realizado.

El muestreo de suelos nos brinda una estimación de la fertilidad de un área de trabajo, ofreciéndonos en el análisis químico parámetros como pH, concentración de sales, CIC, saturación de bases, % de materia orgánica, contenido de micro y macronutrientes, entre otros. El análisis químico foliar constituye una herramienta complementaria del análisis químico de suelos, que en base a un muestreo foliar del área de trabajo, nos da información del contenido nutricional de la planta, específicamente en micro y macronutrientes mediante una relación de nutrientes en la hoja y el crecimiento de la planta, comúnmente expresado en porcentaje de materia seca.

3.3.1.1 Muestreo de suelos

El muestreo de suelos, en el diagnóstico de la fertilidad de un suelo se ve como una actividad indispensable, como lo menciona un axioma fundamental en el muestreo de suelos, definido por Cline (1944) “*el análisis no puede ser mejor que la muestra*”, lo que enfatiza la importancia de realizar un buen muestreo de suelos, ya que los errores más frecuentes en el análisis de suelos, se dan en la toma de muestras, atribuyéndosele a la variabilidad de las diferentes submuestras que la componen en cuanto a su número,

volumen, área o lugar que representa y finalmente, el error analítico en las diferentes técnicas de determinación química sobre la misma porción de una muestra, pero en sí, el límite de exactitud está dado por el muestreo y no por el análisis. (Cancino, 2004)

Los fertilizantes son altamente responsables en incrementos dramáticos en la producción de los cultivos, como en la calidad de los mismos. Pero, para obtener el mejor resultado de las aplicaciones de fertilizantes en los cultivos y recuperar la inversión realizada, se deben de aplicar las correctas cantidades y tipos de nutrientes requeridos por el suelo, conjuntamente con las necesidades hídricas y nutricionales del cultivo para obtener buenas cosechas. (Cancino, 2004)

La cantidad de fertilizante a utilizar en un cultivo depende del costo del mismo y del valor del cultivo al momento de la cosecha, pero ante los altos costos de los fertilizantes, la necesidad de tener una producción amigable con el ambiente y obtener mejores y abundantes cosechas, la decisión de ¿qué? y ¿cuánto? aplicar se vuelve más compleja, es por ello que la información que nos brinda un análisis de suelo resulta ser una herramienta muy importante e indispensable. (Cancino, 2004)

Debido a que a partir de los análisis químicos de suelos se evalúa la fertilidad del suelo y se practican recomendaciones para las aplicaciones de fertilizante y otras prácticas correctivas del suelo, las técnicas de muestreo estarán en función del objetivo del análisis de suelo. Y por lo tanto, en general para una mejor estimación se debe dividir el área en unidades de muestreo relativamente homogéneas y obtener una muestra compuesta a partir de una cantidad de submuestras suficientemente grande manteniendo uniforme las características que se plantearon para realizar el muestreo para lograr una muestra representativa del área. (Cancino, 2004)

Tomando en cuenta la variabilidad que presentan los suelos, un aspecto importante en el muestreo es que las muestras provengan de áreas lo más homogéneas posibles, tomando en cuenta factores como topografía, altura, pedregosidad, erosión, textura, manejo, drenaje, cobertura y color entre otros, con lo anterior definimos el área o áreas a

muestrear y consecuentemente el número de muestras compuestas y submuestras, definiendo así nuestro patrón de muestreo como se muestran en la Figura 44. (Cancino, 2004)

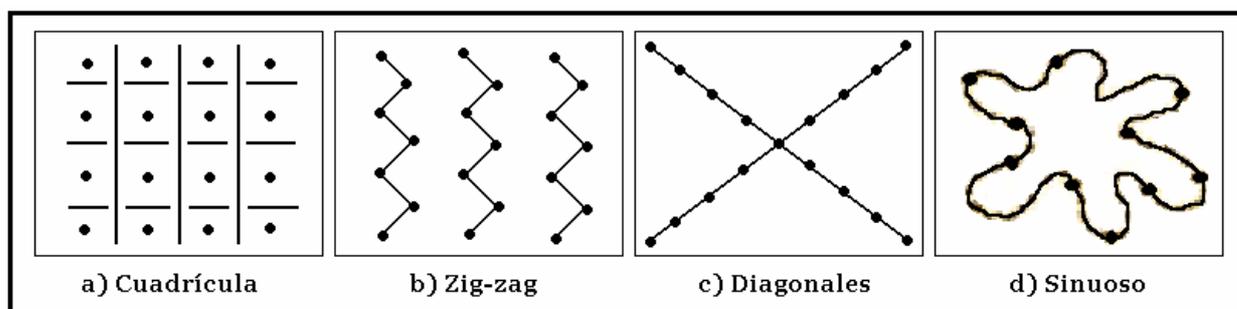


Figura 44 Patrones de muestreo utilizados en el muestreo de suelos. (Cancino, 2004)

El muestreo de suelos se puede realizar en cualquier época del año, pero se recomienda realizarlo previo al período de aplicación de fertilizantes y enmiendas. Para cultivos anuales se recomienda realizarlo antes del período de siembra para tener suficiente tiempo para hacer interpretación de los resultados, formular las recomendaciones de fertilización, comprar los fertilizantes y/o enmiendas para que estén listos al momento de sembrar el área. Para cultivos perennes e intensivos se recomienda realizar muestreos 1 o 2 veces al año, preferiblemente en época seca y época lluviosa. (Cancino, 2004)

Para lograr la representatividad de la muestra de suelo, se recomienda sacar entre 15 y 20 submuestras distribuidas en el área, siendo para cultivos perennes en 25 a 30 m². y en cultivos anuales en cada manzana, teniendo en cuenta que cada submuestra debe tener el mismo volumen de suelo para lograr formar aproximadamente 1 libra de suelo para enviar a laboratorio. La profundidad del muestreo va en relación directa con el sistema radicular del cultivo en cuestión, la profundidad de muestreo en tomate es similar a la de chile pimiento, pero no así a la de aguacate o hule. Por lo general para la gran mayoría de cultivos agrícolas se recomienda muestrear uniformemente los primeros 15-30 cm. (Soluciones Analíticas, s. f.)

Para la extracción del suelo se puede utilizar varias herramientas como la pala, el barreno de Oakfield, el tubo de Hoffer, el tubo de Veihmeyer, el barreno de cubo o espátulas; todas estas herramientas deben estar completamente limpias. Posteriormente se traslada el suelo recolectado a bolsas plásticas limpias para formar la muestra compuesta e identificarla.

Entre los cuidados al realizar el muestreo de suelo se encuentra no utilizar herramientas que hayan estado en contacto con fertilizantes o químicos, no fumar, no poner en contacto la muestra o submuestras con productos químicos, fertilizantes, enmiendas agrícolas, cemento, entre otros. También no se recomienda realizar el muestreo cerca de caminos, veredas, bodegas, viviendas, ríos, comederos, cercas, canales o lugares que han sufrido quemas recientes.

3.3.1.2 Muestreo foliar

La fertilidad del suelo puede ser evaluada de manera más directa usando el cultivo para determinar el contenido nutricional de la planta o su producción. La extracción de nutrimentos por las plantas representa en sí, el método más directo y concreto del análisis nutricional del suelo y se asume que, la composición química de la planta refleja en forma directa el estado nutricional del suelo. Sin embargo, se debe destacar que el análisis foliar es apenas una de las herramientas empleadas para determinar como obtener el mejor rendimiento de los cultivos y como tal debe complementar otros métodos y no reemplazarlos. (Cancino, 2004)

El procedimiento para realizar el muestreo foliar requiere del mayor cuidado posible, ya que los resultados serán útiles solo si el muestreo se ha realizado en forma correcta, principalmente por las siguientes razones:

- ⊙ Existen diferencias marcadas en la concentración de los nutrimentos entre especies y aún entre genotipos de una sola especie (pueden diferir en la respuesta a las presiones nutrimentales por deficiencia o exceso).

- ④ Las diferencias nutrimentales son más marcadas cuando se analizan órganos por separado en distintas etapas de desarrollo (en estados fenológicos mayores, la concentración de elementos disminuye por efecto de dilución y la movilidad de los elementos dentro de la planta para la ubicación de sitios de mayor o menor acumulación de nutrimentos varía con los cultivos). (Cancino, 2004)

Las herramientas utilizadas en el muestreo foliar son cuchillos, navajas, tijeras podadoras o machetes, todos debidamente limpios y desinfectados para prevenir algún ataque de patógenos por las heridas a la planta.

En general, las hojas son los órganos colectados comúnmente, las más recientemente maduras o desarrolladas, justo abajo del punto de crecimiento, ramas principales y tallos. En cuanto a la época del año, en la mayoría de los casos se recomienda llevar a cabo el muestreo antes o al momento en que las plantas inician su fase reproductiva, sin embargo, en ocasiones se deben considerar otros estados fenológicos. (Cancino, 2004)

La cantidad de hojas en la muestra compuesta varía en cada cultivo, pero como medida general se pueden tomar dos hojas por planta (en algunos cultivos dos pares de hojas) hasta completar 50 o 60 hojas en la muestra. La colecta del material vegetal se debe realizar bajo las condiciones más adecuadas, tratando de evitar lo siguiente:

- ④ No llevar a cabo el muestreo cuando la planta está cubierta de polvo o suelo, si presenta daños por insectos, daños mecánicos, enfermedad, ni tampoco tejido muerto debe incluirse en la muestra.
- ④ No se recomienda hacer el muestreo cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de estrés por humedad, temperatura o una fertilización foliar.
- ④ Al observar síntomas de deficiencia nutrimental es conveniente analizar plantas normales de la misma área para tener un punto de comparación de dos plantas

con diferente vigor, muestreando el follaje en ambos casos en el mismo estado fenológico. (Cancino, 2004)

La frecuencia del muestreo foliar depende del tipo de cultivo y de la frecuencia de aplicación de fertilizantes de cada área de producción, pero la época más adecuada para realizarlo es después de las aplicaciones de fertilizantes al suelo. En café, árboles frutales y otros cultivos permanentes se recomienda realizar el primer muestreo foliar 1 o 2 meses antes de la primera fertilización y repetirlo un mes después de cada fertilización. En hortalizas, maíz y cereales se recomienda realizar el primer muestreo foliar 15 o 20 días después de la germinación y el segundo muestreo a media temporada. En rosas, follajes y cultivos intensivos se recomienda hacer muestreos foliares 3 o 4 veces al año. (Soluciones Analíticas, s. f.)

El manejo de la muestra foliar es en bolsas de papel, debidamente identificadas, siempre que se conserve una temperatura de 5°C y que el tiempo de traslado no exceda las 24 horas preferiblemente. Las condiciones durante el transporte hacia el laboratorio, tales como temperatura y humedad del tejido deben mantenerse ya que se puede afectar la integridad de la muestra. En general es más recomendable la conservación de la muestra en ambientes refrigerados o frescos, empacado en bolsas de papel bien ventiladas (perforadas), sin que el material esté demasiado apretado, ya que esto aumenta la temperatura y la respiración del tejido vegetal. (Cancino, 2004)

3.3.1.3 Identificación de las muestras

Al momento de tener la muestra compuesta de suelo o foliar, se prosigue a identificarla y así poder llevar un control e historial del área muestreada. Los datos para identificación de la muestra se presentan a continuación.

- Nombre de la empresa, dirección y teléfono
- Persona responsable del muestreo
- Datos de facturación (Nit, dirección fiscal y nombre)
- Identificación de la muestra (Referencia)
- Cultivo o procedencia

- ④ Nombre de la finca
- ④ Ubicación de la finca (Departamento y municipio)
- ④ Fecha del muestreo (Soluciones Analíticas, s. f.)

3.3.2 Objetivos

- Realizar muestreos de suelos y foliares para optimizar los recursos empleados en la agricultura y mejorar las cosechas de los agricultores.

- Interpretar los resultados de los diferentes análisis realizados a los agricultores.

3.3.3 Metodología

Los muestreos de suelo o foliares realizados durante el período agosto 2008 a mayo 2009, fueron coordinados con el personal del área agrícola de la empresa Soluciones Analíticas S. A. Los encargados o responsables de cada empresa o finca solicitaban la ejecución del muestreo en sus terrenos y posteriormente se programaba la fecha para realizarlo y el tipo y cantidad de muestras a tomar.

Luego ya estando en el terreno para muestreo se confirmaba lo solicitado por la persona encargada y si fuese necesario se realizaba alguna sugerencia para satisfacer de la mejor manera las necesidades del cliente.

Posteriormente se procedía a sacar las muestras de suelo o foliares previamente determinadas, siempre con los respectivos cuidados de la toma de muestras, con un patrón de muestreo ya establecido según las características del lugar y finalmente se identificaban para ser ingresadas al laboratorio para su respectivo análisis. Para las muestras de suelo se utilizó un barreno de acero inoxidable y para las muestras foliares se utilizó una navaja o una cuchilla dependiendo del cultivo.

Al tener los resultados del análisis se procedía comunicarse con la persona responsable del muestreo para determinar la forma más conveniente para entregar los resultados y realizar la interpretación de los mismos cuando fuera requerido.

3.3.4 Resultados

En el Cuadro 26 se muestran los cultivos en los que se realizaron análisis de suelo y/o análisis foliares y su ubicación.

Cuadro 26 Cultivos en los que se realizaron muestreos de suelos y/o foliares.

Cultivo	Nombre científico	Lugar de muestreo
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Amatitlán, Guatemala.
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Ciudad Vieja, Sacatepéquez.
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Tecún Umán, San Marcos.
Banano	<i>Musa sapientum</i> L.	Ocós, San Marcos; Tapachula, Méx.
Café	<i>Coffea arábica</i>	Antigua Guatemala, Sacatepéquez.
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Nahualate, Suchitepéquez.
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Parramos, Chimaltenango.
Cebollino	<i>Allium schoenoprasum</i>	Ciudad Vieja, Sacatepéquez.
Chile pimiento	<i>Capsicum annum</i>	Amatitlán, Guatemala.
Melocotón	<i>Prunus persica</i> L.	Amatitlán, Guatemala.
Ejote	<i>Judíaphaseolus vulgaris</i>	Patzicía, Chimaltenango.
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Patzicía, Chimaltenango.
Hule	<i>Hevea brasiliensis</i>	Nahualate, Suchitepéquez.
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Ocós, San Marcos.
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Champerico, Retalhuleu.
Menta	<i>Mentha piperita</i>	Ciudad Vieja, Sacatepéquez.
Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Ocós, San Marcos.
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Ciudad Vieja, Sacatepéquez.
Ornamentales	Varios	Parramos, Chimaltenango.
Palma africana	<i>Elaeis guineensis</i> J.	Costa de San Marcos
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Ocós, San Marcos.
Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	Amatitlán, Guatemala; Parramos, Chimaltenango.
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Ciudad Vieja, Sacatepéquez.

En la Figura 45 se observa la realización de un muestreo de suelos en plátano con el barreno, en este caso la submuestras de suelo se toma a una distancia de 30 cm. aproximadamente del “hijo” de la planta.



Figura 45 Muestreo de suelos realizado en plátano en Ocos, San Marcos.

3.3.5 Conclusiones

- ⊗ Durante la ejecución de este servicio se realizaron muestreos foliares y de suelos con fines de fertilidad en 23 cultivos diferentes. Los cuales se llevaron a cabo en diferentes regiones del país a solicitud de los encargados y/o propietarios de los terrenos.
- ⊗ Los resultados de los muestreos realizados fueron interpretados con el encargado de cada cultivo cuando éste lo solicitara. Dependiendo el tipo de muestra, la interpretación se enfocó en conocer las características de los suelos a cultivar, realizar programas de fertilización para los cultivos, hacer correcciones oportunas en las fuentes y cantidades de nutrientes aplicados a los cultivos y realizar alguna enmienda cuando fuese necesario.

3.3.6 Bibliografía

1. Asencio, I. 2004. Experiencia en el manejo de las principales enfermedades en el cultivo del plátano (*Musa* AAB, Simmonds) de exportación en áreas comerciales de la empresa Cobigua, en la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 42 p.
2. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2009. Estadísticas anuales de comercio exterior: años anteriores 1994-2008 (en línea). Guatemala. Consultado 14 jun 2009. Disponible en: <http://banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=3986&lang=1&aud=1>
3. Betancourt, G. s. f. La sigatoka negra del plátano y el banano (en línea). España, INFOAGRO. 35 p. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.infoagro.net/shared/docs/a3/4Sigatoka_negra.pdf
4. Cancino, M. 2004. Manual de laboratorio de fertilidad de suelos y fertilizantes. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Tecnológica, Subárea de Manejo de Suelo y Agua. 200 p.
5. Hidalgo, M *et al.* 2003. Efecto de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano (*Musa* sp. AAA, cv. Valery) (en línea). Revista Agronomía Costarricense 30(1):35-41. Consultado 12 abr 2009. Disponible en: www.mag.go.cr/rev_agr/v30n01_035.pdf
6. Romero, R. 1997. Avances en epidemiología y manejo de la sigatoka negra en banano (en línea). Revista Agronomía Costarricense 21(1):77-81. Consultado 25 set 2008. Disponible en: www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_077.pdf
7. Salvador, M. 2002. Comportamiento de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en base a un programa de fumigaciones, en el cultivo de banana (*Musa sapientum* L.) en bananera “El Retiro”, Nueva Concepción, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 42 p.
8. Smith, M; Lamborn, R. 1982. The fertilizer handbook, chapter 9: diagnostic methods. Washington, DC, US, The Fertilizer Institute. p. 177-207.
9. Soluciones Analíticas, GT. s. f. Instructivo para la toma de muestras de plantas para análisis químico (análisis foliar) (en línea). Guatemala. 2 p. Consultado 11 abr 2009. Disponible en: www.solucionesanaliticas.com
10. _____. s. f. Instructivo para la toma de muestras de suelos para análisis químico y físico (en línea). Guatemala. 2 p. Consultado 11 abr 2009. Disponible en: www.solucionesanaliticas.com
11. Wade, M; Romero, N. 1995. Guía práctica para la interpretación de análisis de suelos. Guatemala, Agri-lab Laboratorio Agrícola. 24 p.