

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES



ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO OCASIONADA POR
Mycosphaerella fijiensis **EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA. C.A.**

ANA SOFÍA ROGEL PALENCIA

ASESOR

Edin Francisco Orozco Miranda

GUATEMALA, JULIO DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

TESIS DE GRADO

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO OCACIONADA POR
Mycosphaerella fijiensis EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA. C.A**

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

ANA SOFÍA ROGEL PALENCIA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, JULIO DE 2018.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL IV	P. en electrónica Waldemar de León Samayoa
VOCAL V	P.C. Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, julio 2018

Guatemala, julio de 2018

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 titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL NITRÓGENO SOBRE EL DESARROLLO EN L ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO OCACIONADA POR *Mycosphaerella fijiensis* EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA. C.A.**, presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ana Sofía Rogel Palencia

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

O cualquiera de las concepciones que el hombre tenga para explicar lo sagrado.

MIS PADRES

Juan Guillermo Rogel Peñate y Mayra Lisseth Palencia Muralles por su apoyo incondicional, por brindarme la voluntad para soñar y la fuerza para cumplir mis sueños, los amo.

FAMILIA ROGEL ÁLVAREZ

Mauricio Rogel, Carol Álvarez, Gabrielito y Javier por acogerme y darme un lugar en su familia, por todos los buenos consejos y paciencia que me brindaron.

MI HERMANO

Carlos Alberto Rogel Palencia gracias por ser ese compañero de vida que todos quisieran tener a su lado en las buenas y en las malas.

FAMILIA GARCÍA CARRILLO

Por la guía, amor y amistad que siempre encontré en su hogar, en especial a ti Ana Laura, por ser la mejor amiga que pude tener.

MIS AMIGOS

Gabriel Alfonso Álvarez Rodríguez y Kelder Alexis Ortíz Cardona gracias por todo su cariño, sin ustedes esto no sería posible.

MI ASESOR

Edín Francisco Orozco Miranda por todas sus enseñanzas y su amistad, mi eterna gratitud y cariño para usted.

MIS AMIGOS

Abner Sagastume, Jose Carlos Benard, Javier Álvarez, Tracy Vela, Nelson Gálvez, Darwin Dardón, Wilinton Hernández, Luis Carlos Robledo, Carlos Barrios, Ana Gladis Calderón, Oscar Arenales, Josué Escobar, Luis Valdez, Ixchebel Noj, Marisol Reyes, Floridalma Jiménez, Daisy Rosales y Maritza Ajxollip, a todos ustedes gracias por su importante amistad y apoyo en este proceso.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

GUATEMALA país de la eterna primavera.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA alma mater, fuente de conocimiento y sabiduría.

FACULTAD DE AGRONOMÍA por formarme como profesional y por educarme en el campo de la agronomía.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. **Edín Orozco** por su valiosa asesoría y su colaboración en la elaboración del presente documento.

Ing. Agr. **Waldemar Nufio** por su confianza y su cariño.

Ing. Agr. **Christian Rodriguez**, Ing. Agr. **Alex Curín**, Ing. Agr. **Carlos Diaz Barneond** e Ing. Agr. **Tracy Pamela Vela** por compartir sus conocimientos y amistad brindada durante la elaboración del presente documento.

Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

		Página
1	INTRODUCCIÓN	3
2	MARCO TEÓRICO	5
2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1	HISTORIA	5
2.1.2	IMPORTANCIA SOCIAL Y ECONÓMICA.....	6
2.1.3	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE BANANO	8
2.1.4	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	9
2.1.5	VARIEDADES	11
2.1.6	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS FAVORABLES PARA EL CULTIVO DE BANANO	11
2.1.7	PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL BANANO EN GUATEMALA.....	12
2.1.8	MANEJO DEL CULTIVO DE BANANO	19
2.1.9	ANÁLISIS TEMPORAL.....	25
2.1.10	INCIDENCIA.....	26
2.1.11	SEVERIDAD	26
2.1.12	ESCALA DE SEVERIDAD.....	26
2.1.13	DIAGRAMA DE SEVERIDAD	26
2.2	MARCO REFERENCIAL	27
2.2.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
2.2.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS	28
2.2.3	ZONA DE VIDA.....	28
2.2.4	SUELOS	28
3	OBJETIVOS	29
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	29
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4	HIPÓTESIS	29
5	METODOLOGÍA	30

5.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DEL CULTIVO Y SU MANEJO	30
5.1.1	ANÁLISIS CLUSTER	30
5.2	CUANTIFICACIÓN DE INTENSIDAD DE SIGATOKA NEGRA EN ENSAYOS DE FINCA DE BANANO EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA	30
5.2.1	<i>Delimitación de la zona de estudio</i>	30
5.2.2	<i>Siembra y distribución de tratamientos en campo</i>	31
5.2.3	<i>Ensayos de finca año 2014</i>	32
5.2.4	<i>Ensayo de finca año 2015</i>	34
5.2.5	<i>Ensayo de finca año 2016</i>	34
5.2.6	<i>Manejo Agronómico</i>	35
5.2.7	<i>Sistematización de información de clima</i>	35
5.2.8	<i>Análisis temporal de la Sigatoka Negra año 2014</i>	35
5.2.9	<i>Análisis de información.....</i>	36
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
6.1	SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE MANEJO DEL CULTIVO DE BANANO EN EMPRESAS PRODUCTORAS DE EXPORTACIÓN	37
6.1.1	<i>Ubicación geográfica de las fincas y áreas de producción.....</i>	37
6.1.2	<i>Análisis Cluster de las fincas de producción de banano de la costa del Pacífico y Atlántico de Guatemala</i>	39
6.1.3	<i>Manejo del cultivo de banano en Guatemala previo a la siembra</i>	42
6.1.4	<i>Establecimiento de la plantación de banano.....</i>	42
6.1.5	<i>Manejo agronómico del cultivo de banano en Guatemala</i>	46
6.1.6	<i>Cosecha</i>	55
6.1.7	<i>Comercialización</i>	58
6.2	SIGATOKA NEGRA EN ENSAYOS DE BANANO EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA Y SU CUANTIFICACIÓN	61
6.2.1	<i>Cuantificación de Sigatoka en el año 2014.....</i>	61
6.2.2	<i>Cuantificación de Sigatoka en el año 2015.....</i>	66
6.2.3	<i>Cuantificación de Sigatoka en el año 2016.....</i>	68

	Página
6.2.4	<i>Efecto de la aplicación de fungicidas en el número y sanidad de hojas de banano</i> 70
6.2.5	<i>Sigatoka Negra y su relación con el crecimiento vegetativo</i> 77
6.2.6	<i>Sigatoka Negra y su relación con la productividad y calidad de fruto</i> 84
6.3	SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE CLIMA Y SU RELACIÓN CON LA SIGATOKA NEGRA EN EL ÁREA BANANERA DE LA COSTA SUR DE GUATEMALA 88
6.3.1	<i>Precipitación</i> 88
6.3.2	<i>Humedad Relativa</i> 90
6.3.3	<i>Temperatura</i> 90
6.3.4	<i>Relación de las condiciones climáticas con el progreso de la Sigatoka Negra</i> 92
6	CONCLUSIONES 95
7	RECOMENDACIONES 97
8	BIBLIOGRAFÍA 98
9	ANEXOS 104

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS CULTIVARES DE BANANO DE ACUERDO A SIMMONDS Y SHEPHERD (1995)	9
CUADRO 2 ESTADIOS DE DESARROLLO DE LA SIGATOKA NEGRA.....	14
CUADRO 3 EVOLUCIÓN DEL COMBATE QUÍMICO DE LA SIGATOKA Y TIEMPO APROXIMADO DE INTRODUCCIÓN Y DURACIÓN DE LOS DIFERENTES REGÍMENES DE ASPERSIÓN. MODIFICADO Y AMPLIADO DE STOVER (1989) POR GUZMÁN, M ET AL. 2013.	23
CUADRO 4 CARACTERÍSTICAS Y RIESGO DE RESISTENCIA DE GRUPOS QUÍMICOS DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA DE ACUERDO CON EL COMITÉ DE ACCIÓN DE RESISTENCIA DE FUNGICIDAS, DEL GRUPO DE TRABAJO DEL BANANO (FRAC), 2013.	25
CUADRO 5 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS ENSAYO JUNIO-AGOSTO 2014.....	32
CUADRO 6 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS ENSAYO OCTUBRE 2014.....	32
CUADRO 7 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS ENSAYO 2015	34
CUADRO 8 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS ENSAYO AGOSTO-OCTUBRE 2016.....	34
CUADRO 9. INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS EXPORTADORAS DE BANANO DONDE SE OBTUVO INFORMACIÓN PARA LA SISTEMATIZACIÓN DE MANEJO DEL CULTIVO.	39
CUADRO 10 ESCALA FENOLÓGICA PARA PLANTAS DE BANANO CULTIVADAS BAJO LAS CONDICIONES DE LA ALDEA BOLIVIA, SUCHITEPÉQUEZ.....	83
CUADRO 11 PRUEBA ESTADÍSTICA T DE STUDENT PARA EL CALIBRE DE BANANOS EN LA COSECHA DEL ENSAYO V.	85
CUADRO 12 PRUEBA ESTADÍSTICA T DE STUDENT PARA EL CALIBRE DE BANANOS EN LA COSECHA DEL ENSAYO V.	86
CUADRO 13 PROMEDIO MENSUAL DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS E ÍNDICE DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA, DURANTE 2014.....	92
CUADRO 14 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA Y FACTORES CLIMÁTICOS DE FEBRERO A OCTUBRE DE 2014.....	93
CUADRO 15A PLAN DE FERTILIZACIÓN RECOMENDADA POR LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES INDEPENDIENTES DE BANANO.	105

Página

CUADRO 16A BOLETA DE INFORMACIÓN DE DATOS DE MANEJO DEL CULTIVO DE BANANA	
GUATEMALA 2014	107
CUADRO 17A, MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN DE FINCAS DE BANANO EN COSTA NORTE Y	
SUR DE GUATEMALA	110

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 CICLO DE VIDA DE MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS.	18
FIGURA 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ENSAYOS DE FINCA.....	27
FIGURA 3 PARCELAS EXPERIMENTALES EN LOS TRATAMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE FINCA.....	31
FIGURA 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE FINCAS DONDE SE OBTUVO INFORMACIÓN PARA SISTEMATIZACIÓN DE MANEJO DEL CULTIVO DE BANANO EN GUATEMALA.	38
FIGURA 5 DENDOGRAMA GENERADO DE 19 VARIABLES OBTENIDAS CON SIETE FINCAS, EN LA CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BANANO, EN TRES DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA.....	40
FIGURA 6 CANAL DE DRENAJE PRIMARIO.	43
FIGURA 7 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	43
FIGURA 8 SIEMBRA EN PLANTACIÓN DE BANANO COMERCIAL	44
FIGURA 9 . A) PLANTAS DE BANANO EN FASE DE VIVERO; B) PLANTAS DE TAMAÑO HOMOGÉNEO Y FORMA DE TRANSPORTE A CAMPO DEFINITIVO; C) HOJAS RUDIMENTARIAS; D) SIEMBRA EN CAMPO DEFINITIVO.....	46
FIGURA 10 A) SINTOMATOLOGÍA DE C. MUSAE; B) AISLAMIENTO DE C. MUSAE EN MEDIO DE CULTIVO PDA; B) C. MUSAE 40X.	51
FIGURA 11 A) CIRUJANO; B) CIRUGÍA.....	52
FIGURA 12 A) CENTRO DE ACOPIO DE EMBACES DE AGROQUÍMICOS; B) APLICACIÓN TERRESTRE DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA; C) APLICACIÓN AÉREA DE AGROQUÍMICOS.....	55
FIGURA 13 APUNTALAMIENTO CON HILOS PLÁSTICOS	56
FIGURA 14 EMBOLSADO DE FRUTA EN CAMPO	57
FIGURA 15 A) CALIBRADOR DE BANANOS; B) RACIMOS TRANSPORTADOS DE CAMPO A PLANTA EMPACADORA.	58
FIGURA 16 A) REVISIÓN DE CALIDAD DE BANANO RECIÉN LLEGADO DE CAMPO; B) CAMIÓN DE DESCARTE O RECHAZO.	59
FIGURA 17 CONTENEDORES DE TRANSPORTE PARA FRUTA EMPACADA	59
FIGURA 18 . INCREMENTO DEL VALOR FOB DE LAS EXPORTACIONES DE BANANO EN GUATEMALA, DE 2007 AL 2016. FUENTE: BANCO DE GUATEMALA (2017).	60

FIGURA 19 A) CURVA DE PROGRESO DE SIGATOKA NEGRA EN LA EVALUACIÓN DE MANCOCEZEB INDIVIDUAL Y EN MEZCLA CON BOSCALID, JUNIO-AGOSTO 2014; B) ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE) EN EL ENSAYO DE JUNIO-AGOSTO 2014.....	63
FIGURA 20 A) CURVA DE PROGRESO DE SIGATOKA NEGRA EN LA EVALUACIÓN DE MANCOZEB INDIVIDUAL Y EN MEZCLA CON CLOROTALONIL, OCTUBRE 2014; B) ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE), EN ENSAYO DE OCTUBRE 2014.	65
FIGURA 21 A) CURVA DE PROGRESO DE SIGATOKA NEGRA EN LA EVALUACIÓN DE FENPROPIMORTY FENPROPIDINA + PROPICONAZOL, AGOSTO-OCTUBRE 2015; B) ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE), AGOSTO-OCTUBRE 2015.	67
FIGURA 22 A) CURVA DE PROGRESO DE SIGATOKA NEGRA EN LA EVALUACIÓN DE FENPROPIDIN + DIFENOCONAZOL + ACEITE MINERAL, AGOSTO-OCTUBRE 2016; B) ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE), AGOSTO-OCTUBRE 2016.	69
FIGURA 23 . COMPARACIÓN DE LA HOJA MÁS JOVEN ENFERMA PROMEDIO EN LA ÚLTIMA MEDICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SOMETIDOS A ENSAYO (2014-2015).....	73
FIGURA 24 COMPARACIÓN DE PROMEDIO DE NÚMERO DE HOJAS TOTALES EN LA ÚLTIMA LECTURA DE SEVERIDAD DE LOS TRATAMIENTOS SOMETIDOS A ENSAYO (2014-2016).....	76
FIGURA 25 ALTURA PROMEDIO DEL PSEUDOTALLO EN LOS TRATAMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE FINCA DESARROLLADOS EN EL AÑO 2014.....	78
FIGURA 26 DIÁMETRO PROMEDIO DEL PSEUDOTALLO EN LOS TRATAMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE FINCA DESARROLLADOS EN EL AÑO 2014.	80
FIGURA 27 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA CORRELACIÓN DE LA ALTURA Y EL DIÁMETRO DEL PSEUDOTALLO, EN PLANTAS RECIÉN SALIDAS DE VIVERO	81
FIGURA 28 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA CORRELACIÓN DE LA ALTURA Y EL DIÁMETRO DEL PSEUDOTALLO	81
FIGURA 29 PROMEDIO DE CALIBRE DE LOS TRATAMIENTOS EN LA COSECHA DE LOS RACIMOS	84
FIGURA 30 PROMEDIO DEL PESO DE RACIMO EN LOS TRATAMIENTOS DURANTE LA COSECHA	85

FIGURA 31 A) RAQUIS DE RACIMO TESTIGO ABSOLUTO; B) RAQUIS DE RACIMO CON CONTROL PARA LA SIGATOKA NEGRA; C) MADURACIÓN PREMATURA DE RACIMO TESTIGO; D) MADURACIÓN DE RACIMO CON CONTROL PARA LA SIGATOKA NEGRA.	87
FIGURA 32 PRECIPITACIÓN MENSUAL (2010-2016) SUCHITEPÉQUEZ. LOS NÚMEROS CORRESPONDEN A LOS MESES DEL AÑO.	88
FIGURA 33 PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL ALDEA BOLIVIA, SUCHITEPÉQUEZ.	89
FIGURA 34 HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO ALDEA BOLIVIA, SUCHITEPÉQUEZ.	90
FIGURA 35 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN ALDEA BOLIVIA, SUCHITEPÉQUEZ.....	91
FIGURA 36 COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE INFECCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA BAJO LAS CONDICIONES DE SUCHITEPÉQUEZ DE SEGÚN: A) HUMEDAD RELATIVA, B) PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y C) VELOCIDAD DEL VIENTO. DATOS DE CLIMA INSTITUTO PRIVADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESTACIÓN IRLANDA,	94
FIGURA 37A ESCALA DIAGRAMÁTICA DE ESTOVER PARA DETERMINACIÓN DE SEVERIDAD DE LA SIGATOKA NEGRA.	106
FIGURA 38A ESCALA DE ESTADIO DE LA CANDELA SEGÚN BRUN	106
FIGURA 39A, COMPARACIÓN DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (2007-2014) CON RESPECTO A LA PRECIPITACIÓN MENSUAL AÑO 2015 Y 2016 EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA.	110
FIGURA 40A, COMPARACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO ACUMULADA (2007-2014) RESPECTO A PRECIPITACIÓN ACUMULADA AÑO 2015 Y 2016 EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA.	111

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO OCASIONADA POR
Mycosphaerella fijiensis EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA. C.A.**

**TEMPORAL ANALYSIS OF THE BLACK SIGATOKA OF THE BANANA FROM
Mycosphaerella fijiensis ON THE SOUTH COAST OF GUATEMALA, C.A.**

El banano (*Musa sapientum*) es una liliopsida cuyo cultivo tiene importancia y valor comercial. Guatemala es el sexto productor de banano en el mundo con alrededor de 43,000 ha para 2017 y dirige sus exportaciones principalmente a Estados Unidos y Europa. Las regiones propicias para el cultivo de banano en Guatemala se encuentran en la región de la costa del Pacífico y del Atlántico, dentro del sistema de producción se pueden mencionar factores que la limitan, tales como problemas fitosanitarios. La Sigatoka Negra ocasionada por *Mycosphaerella fijiensis*, es el principal problema fitosanitario y limitante para la producción. En plantaciones comerciales con manejo intensivo, se reportan pérdidas económicas hasta de 10 %. La falta de manejo puede ocasionar hasta 100 % de pérdidas económicas debido a que se producen frutos sin valor comercial para exportación. En el combate de la enfermedad se realizan aspersiones de fungicidas según programas elaborados con criterio técnico, basados en la rotación de fungicidas de contacto y sistémicos en donde prevalecen los primeros para evitar la resistencia. El costo empleado para control del hongo es el mayor de todas las actividades que se realizan dentro del cultivo.

La presente investigación se realizó debido a la importancia comercial y económica del banano en Guatemala, la complejidad del patosistema indicado y la falta de información a nivel nacional en el tema. Como aporte a las problemáticas anteriormente mencionadas se planteó sistematizar información de manejo del cultivo en plantaciones comerciales, cuantificar la intensidad de la Sigatoka Negra en plantas variedad Grand Naine y sistematizar información de clima en la zona dónde se realizó la cuantificación de la enfermedad para correlacionarla con la misma. La información de manejo se obtuvo a través de entrevistas con personal de las empresas productoras, la cuantificación se realizó en ensayos de finca durante 2014 a 2016 y la información de clima se obtuvo a partir de una

estación meteorológica ubicada en la zona del estudio. Como resultado del análisis de la información recabada se determinó que la producción de banano es tecnificada, en latifundio y previo al establecimiento de una plantación se realizan labores de labranza mecanizada, se establecen drenajes y sistemas de aspersión para riego. Se realizan entre 15-20 fertilizaciones de forma granulada al suelo, foliar y fertirriego por ciclo, el control de malezas es químico y para el manejo de la Sigatoka Negra se realizan entre 36 y 40 aspersiones de fungicidas al año. Los fungicidas que prevalecen son los de contacto y la principal forma de aplicación es aérea. Las fincas presentan variaciones climáticas derivadas de la posición geográfica, la principal variedad cultivada es Gran Enano y se siembra a densidad de 1800 a 1600 plantas/ha con rendimientos que varían entre 2700 y 4000 cajas/ha.

En la cuantificación de Sigatoka Negra se determinaron índices de infección entre 15 a 18, a los 60 días después de la siembra. Luego, en plantas testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas), a los 120 días, la enfermedad se desarrolló y se determinaron índices de 40 y 47, con tasa de incremento de la enfermedad máxima fue de 1.14. Entretanto, a los 120 días después de la siembra en plantas asperjadas con fungicidas, se calcularon índices de severidad entre 33 y 40, con tasa de incremento de 0.89, que varió según el fungicida. La cantidad de enfermedad fue mayor en los tratamientos testigo y con aplicaciones de fungicidas se logró reducción de la enfermedad entre 9 % y 27 %. Conforme los resultados obtenidos se observó que las mezclas y el uso de fungicidas sistémicos tienen mejor eficacia en el control de la enfermedad. Las curvas de progreso de la Sigatoka Negra en el análisis temporal se explican a través del modelo exponencial (R^2 0.86 – 0.97 y cuadrado medio del error de 0.0001).

Con datos de la estación meteorológica Irlanda cercana a la aldea Bolivia, Santo Domingo, Suchitepéquez, donde se realizaron los ensayos de finca, (periodo 2010-2016) se registró precipitación promedio anual de 2300 mm, 86 % de humedad relativa y temperatura de 28 °C. Durante el periodo 2014-2016 el promedio anual registrado fue de 1200 mm y hubo incremento de la temperatura a 28.8 °C, lo que denota disminución en la precipitación e incremento de la temperatura. Según análisis de correlación (índices 0.37, 0.47 y 0.92), los

factores climáticos correlacionados al incremento de la Sigatoka Negra fueron precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento.

1 INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca* L.) es uno de los principales productos agrícolas para diferentes países en Europa, Asia y Latinoamérica, durante el año 2013 la producción de banano fue de 18,008,474 T y los mayores consumidores fueron La Unión Europea, Estados Unidos y Canadá (Muñoz, E 2014). Para el año 2014, de acuerdo con el valor de las exportaciones, se establece que existen 10 países en los cuales se concentra el 81 % de la producción de banano y Guatemala ocupa el sexto lugar con alrededor de 721,4 millones de dólares (Fresh plaza, 2016).

En Guatemala el cultivo de banano inicia alrededor de los años 1866-1872 (Barrios, M 2008) y actualmente se considera como un cultivo de gran importancia para la economía ya que es el tercer cultivo con mayor aporte al Producto Interno Bruto (PIB) (Banguat 2011). Sin embargo, la producción de banano se ve afectada por factores abióticos tales como el fenómeno del niño, que ha tenido un impacto importante en la producción bananera, principalmente en algunos países de Centro y Suramérica dónde se han registrado pérdidas y para el caso de Guatemala la dificultad para la disponibilidad de agua de riego (Carlier, J 2000 & Méndez García, 2014). Actualmente se considera que las principales limitantes para la producción bananera la constituyen factores bióticos como plagas y enfermedades entre las que se encuentran: el picudo del banano (*Cosmopolites sordidus* germar), nematodo (*Radopholus similis* Cobb), Moko del banano (*Ralstonia solanacearum* Smith), mal del Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) y Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet).

La Sigatoka Negra es una enfermedad que posee diferentes hospederos en el género *Musa*, la enfermedad es clasificada como mancha foliar y tiene efecto en la disminución del área foliar lo que interfiere los procesos fotosintéticos, condición que de no ser manejadas apropiadamente podría repercutir en la disminución del peso del racimo hasta un 50 % y causar pérdidas de económicas entre 33 % y 76 % (Amorim L; Rezende J.A.M; Bergamin, A 2011; Hidalgo, M; Tapia, A; Rodríguez, W 2016 & Carlier, J 2000).

La falta información actualizada sobre el comportamiento de la enfermedad, aspectos climáticos y estrategias de manejo, favorecen el incremento de la enfermedad. Además, la aplicación excesiva de productos químicos y de la misma familia en el cultivo del banano provoca daño al medio ambiente y los seres vivos, favorecen la resistencia de *M. fijiensis* y por consiguiente incrementan los costos de producción. De acuerdo con Pérez-Vicente, L (2006) las principales clases de fungicidas utilizadas para el control de la Sigatoka Negra son los inhibidores de desmetilación (DMIs) aminos, inhibidores de la respiración mitocondrial (SIBC; estrobilurinas), anilinoimidazoles (APs), bencimidazoles (BCM), inhibidores del succinato deshidrogenasa (SDHs) y guanidinas.

El objetivo de la presente investigación fue realizar el estudio de los aspectos epidemiológicos de la Sigatoka Negra del banano en la costa sur de Guatemala, en Aldea Bolivia (14°47'1.36" N y 90°23'49.86" S) Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Departamento de Suchitepéquez. Para ello, se estudió la relación de la enfermedad con variables climáticas en las que se determinaron correlaciones, se tomaron variables fisiológicas que se utilizaron para comparar el efecto de tratamientos químicos para el control de la enfermedad en el crecimiento de las plantas y cosecha, además de la descripción del manejo agronómico que los productores de banano realizan para cumplir con los estándares de exportación.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Historia

El género *Musa* deriva su nombre del árabe, *mouz*, el cual pudo haberse asignado en honor a Antonio Musa (63-14 a.C.), la palabra banano o banana también tiene su origen del árabe *banan* que significa dedo (Simmonds & Shepherd 1995). El banano también es conocido como plátano, guineo, banana, cambures y otros (Barrios M, 2008).

El banano fue distribuido por los portugueses, quienes lo encontraron en su centro de origen, el cual se desarrolló simultáneamente en el sureste asiático y las islas del Pacífico, desde la India hasta Papúa Nueva Guinea, incluyendo Malasia e Indonesia (Barrios, M 2008; Marín, D *et al.*, 2000).

Se estima que el comercio del banano en Guatemala inició alrededor de 1866 a 1872, al mismo tiempo que en Panamá y Costa Rica durante el mandato de Manuel Estrada Cabrera quien estimuló el cultivo del banano, cuando hubo crisis para el cultivo de café (Barrios, M 2008).

La United Fruit Company (UFCO) llegó a Guatemala en 1901 y en 1904 firmó un acuerdo para culminar la vía férrea desde el Rancho, en el departamento de El Progreso a la Ciudad Capital. A cambio, El gobierno de Guatemala de ese entonces, cedió 1500 caballerías a lo largo del río Motagua, la administración del muelle de Puerto Barrios y la exención de impuestos en la exportación de banano durante 35 años. En 1912, la UFCO conformó la Railways of Central America e inicia el cultivo del banano en Izabal (Molina, J 2011).

La compañía sueca Guatemala Plantation Limited, celebró un contrato con el gobierno guatemalteco en el cual se le concedía utilizar las tierras a orillas del Océano Pacífico para el cultivo del banano, la UFCO le impidió a toda costa operar a la nueva compañía sueca, comprando para ello, las tierras que habían sido concesionadas, esta última inversión no favoreció a la empresa estadounidense ya que culminó por vender las recién adquiridas

propiedades a causa de la sigatoka Negra, enfermedad que acabó con las plantaciones existentes (Barrios, M 2008).

Luego de la reforma agraria, la UFCO cambió su denominación en el año 1971 a United Brands Company quien trasladó sus derechos a Del Monte Corporation (Barrios, M 2008).

Actualmente el cultivo de banano se desarrolla en la costa sur y el departamento de Izabal en donde existen inversiones de bananeras internacionales y propietarios independientes. La mayoría de los empresarios nacionales son parte de La Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB) y poseen una participación del 80 % de la producción nacional y una cuarta parte del producto de exportación (APIB 2014, ISDE 2011).

2.1.2 Importancia social y económica

Según las cifras de comercio exterior del Banco de Guatemala, la actividad bananera presenta un crecimiento económico de 197 % en los últimos diez años y crecimiento exponencial de 25 % del año 2012 al año 2013.

Para el año 2012, el Centro de Comercio Internacional (Trademap) establece que, en el caso de Guatemala, la tasa de crecimiento promedio anual, en cuanto a las exportaciones de banano es de 15.80 %, con porcentaje de participación en el mercado mundial de 6.63, lo cual sitúa a Guatemala como el sexto país más importante en la exportación de banano en el mundo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones 2013)

En el 2013 los mayores exportadores de banano respecto a volumen fueron Ecuador con aporte aproximado en toneladas de 26.6 %, Filipinas con 13.5 % y Guatemala 10.4 %, lo cual indica para Guatemala un crecimiento de 114 % del año 2003 al año 2013, al pasar de 20.4 millones de quintales a los 43.8 millones (Macas Acosta, G 2013).

El 95 % de las exportaciones de banano en Guatemala están dirigidas a Estados Unidos, en donde se cubre aproximadamente el 28 % de las importaciones. El restante 5 % se distribuye a países asiáticos y europeos (ISDE 2011, Macas Acosta, G 2013).

Según los datos del Banco de Guatemala (BANGUAT 2014) el valor de las exportaciones expresado en números FOB desde el año 2002, hasta el año 2013, corresponden a 216,282,870 y 623,435,248 respectivamente, lo que indica una tendencia creciente en las exportaciones.

El banano genera 1.91 del porcentaje de PIB nacional y 16.37 del porcentaje de PIB agrícola, convirtiéndose para el año 2012 en el tercer cultivo más importante con respecto al porcentaje de PIB que genera. (BANGUAT 2011).

Las empresas productoras de banano de la costa sur producen de 3500 a 3800 cajas de 42 lb/año. El porcentaje de cosecha aprovechado es de 92 % y se rechaza del 6 % - 8 % de la cosecha. (Méndez García 2014).

De acuerdo con Méndez García (2014) se prevé que en el futuro la principal limitante para la actividad bananera será escasez de agua y mano de obra. No obstante, según el estudio realizado por la Iniciativa Sectorial para el Desarrollo (ISEDE) en el 2011, estima que la actividad bananera genera alrededor de 62 mil empleos directos y un estimado de 10 mil empleos indirectos en el país.

Según el estudio realizado en el año 2002 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación (MAGA), el país cuenta con 251,000 ha favorables para el desarrollo del cultivo, descontando las áreas protegidas del SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas) y las áreas con cobertura forestal (Agrequima, 2012)

Escuintla es el departamento que mayor producción de banano y plátano registra en el país, con superficie cultivada de 18,533 ha lo que equivale a 33.1 %. Luego se encuentra Izabal con el 32 %, Quetzaltenango con 4.57 %, Retalhuleu con 4.5 %, Suchitepéquez 3.7 %, Santa

Rosa y Alta Verapaz tienen la menor superficie cultivada, 71 ha y 10 ha respectivamente, que equivale aproximadamente al 0.15 % de la producción (Prensa Libre 2014).

El total de hectáreas cultivadas de banano y plátano en el país es de 55,927 ha, de las cuales 32,000 corresponden al cultivo de banano, lo que equivale al 0.51 % y 0.29 % del territorio nacional, respectivamente (Prensa Libre 2014, Méndez García 2014).

2.1.3 Clasificación taxonómica del cultivo de banano

Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>M. paradisiaca</i> L. = <i>M. sapientum</i> L.

De acuerdo con entidades internacionales dedicadas a la clasificación botánica de las plantas, como el Real Jardín Botánico de Kew, el Jardín Botánico de Missouri, y otros colaboradores, se establece que *Musa x sapientum* L. (banano) y *Musa x paradisiaca* L. (plátano) se clasifican como sinónimos (The Plant List, 2014).

La clasificación taxonómica de las especies comestibles del género *Musa* se identifican según la clasificación de Simmonds y Shepherd (1995), en donde se considera que los cultivares más importantes son los que corresponden al genoma AAA, AAB y ABB, tal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de los cultivares de banano de acuerdo a Simmonds y Shepherd (1995)

Género	Genoma	Tipo	Subgrupo	Cultivares comunes
<i>Musa</i>	AAA	Banano	Gros Michel Cavendish	Gross Michel Coco Lacatán Valery (Robusta, Poyo) Grand Naine Giant Cavendish e.g. Williams
<i>Musa</i>	AAB	Plátano	Plátano	Falso cuerno Francés (Dominico)
<i>Musa</i>	ABB	Banano de Cocción (Guineos)	Maia Maoli	Maqueño Bluggoe (cuadrado) Pelipita

Fuente: Office of the gene technology regulator 2008.

Las designaciones A y B en el genoma corresponden a *Musa acuminata* y *M. balbisiana*, respectivamente. El banano es un híbrido natural de estas dos especies de *Musa*.

Se cree que hay más de 50 especies de banano, pero las especies, *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son mejor conocidas por haber tenido una función en la domesticación en la mayoría de los cultivares de banano.

2.1.4 Descripción morfológica

A. Hoja

Se encuentran dispuestas en forma helicoidal e imbricada. Las hojas verdaderas tienen dimensión aproximada de 1.5 a 2 m de largo y 0.6 m de ancho. Se originan desde el centro del tallo y al extenderse desplazan las hojas más adultas hacia afuera. El pseudotallo, es erecto, cilíndrico y rígido; mide de 3 a 7 m de altura (Morales, D 2008, Anacafé 2004 y Cortés, G 1994).

B. Raíz

Consiste en un sistema radical primario que es reemplazado por raíces adventicias, las cuales se originan de forma similar a las raíces laterales, es decir, de forma endógena. Aparecen en grupos de 3 ó 4 y su diámetro oscila entre los 5 y 10 mm; pueden alcanzar una longitud de 5 a 10 m y su radio de exploración es de 2.5 m. El proceso de emisión de raíces continuo es durante el periodo vegetativo ya que durante la floración dicho proceso se detiene (Morales, D 2008 y Cortés, G 1994).

C. Cormo

Es un tallo horizontal y subterráneo, que solo emerge en época de floración (Galán, V 1992) crece en ramificaciones laterales subterráneas conocidas como brotes, retoños o hijos; que emergen del cortex del mismo.

El cormo es un importante órgano de almacenamiento, formado por un cilindro central rodeado de cortex protector, es corto debido a la poca distancia entre entrenudos, cada entrenudo está dado por el nacimiento de una nueva hoja, éstos tienen un diámetro de 25 cm a 40 cm y pueden pesar entre 6 kg y 10 kg (Morales, D 2008, Anacafé 2004 y Cortés, G 1994).

D. Inflorescencia

Se encuentra cubierta por brácteas casi ovals, color rojo violáceo y aspecto ceroso. Cada una de estas estructuras cubre un grupo de flores alineadas en dos hileras (Cortés, G 1994).

Las flores presentan un perianto zigomórfico, constituido por un sépalo de tres lóbulos principales, dos menores y uno libre. La inflorescencia está constituida por flores hermafroditas, masculinas y femeninas, las cuales se distinguen las unas de las otras por medio del tamaño ya que las flores femeninas son más grandes. Las primeras flores que se ven por el repliegue de las brácteas que corresponden a un rango de 30 a 75 flores, son

flores hembras que darán origen a los frutos (Anacafé 2004, Cortés, G 1994 y Galán, V 1992).

E. Fruto

Se desarrolla de forma partenocárpica, es decir, por desarrollo del óvulo que no necesita ser polinizado. Al principio, los óvulos crecen, el eje floral, los septos y la placenta se dividen y la región central se comienza a llenar con un tejido carnoso y suave, los rudimentos seminales no desarrollan semillas. El periodo necesario para que el racimo alcance su estado de corte es de 3 a 10 meses dependiendo del cultivar (Cortés, G 1994).

2.1.5 Variedades

Las principales variedades cultivadas en Guatemala son las provenientes del subgrupo Cavendish en donde se encuentran Grand Naine, Valery y Williams; también se cultivan otras variedades como Gross Michel. A parte de otras variedades menos comunes que coloquialmente son llamadas; banano de oro, banano manzana, banano morado y banano majunche (Anacafé 2004 y Santiago, L 2005).

Los cultivares provenientes del subgrupo Cavendish son más populares entre los productores, a pesar de ser susceptibles a la sigatoka Negra, debido a que la variedad Gross Michel posee susceptibilidad al mal de Panamá, enfermedad cuyo control químico directo es poco eficiente (Augstburger, F *et al.* 2002 & Rodriguez, M 2012).

2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos favorables para el cultivo de banano

Las plantas de banano se desarrollan óptimamente en regiones tropicales húmedas, cálidas con temperaturas entre 21 °C -30 °C y altitudes comprendidas entre 0 a 300 metros (Mendoza, E 1995 & Agrequima 2012).

Para Guatemala precipitaciones anuales de 1400 a 3500 mm, son suficientes para el desarrollo del cultivo (Agrequima 2012). De ser necesaria el agua de riego Galán, V (1992) y Mendoza, E (1995) refieren que suministrar entre 120 – 180 mm de agua al mes para obtener cosechas económicamente rentables.

La textura de suelo recomendado para el cultivo puede ser franco arenoso a franco arcillosa. Según estudios realizados en Sudáfrica (Langenegger 1980) los mejores suelos para el desarrollo de la planta son los que poseen un contenido de arcilla entre 30 % y 55 %, con buen drenaje; profundidad no menor de 0.8 m, pH entre 6 y 7.5 y pendiente menor a 8 % (Mendoza, E 1995; Agrequima 2012 y Galán, V 1992).

La velocidad del viento es un factor importante, ya que velocidades mayores a 40 km/h causan daño a las plantas debido a la reducción del área foliar. Las hojas son necesarias en la época de floración, ya que para la producción de un racimo de valor comercial es necesario que existan de 4 a 6 hojas presentes, aunque el óptimo se considera entre 6 y 8 hojas (Galán, V 1992).

2.1.7 Principales enfermedades del banano en Guatemala

Las plantas de banano se ven afectadas por la incidencia de varios hongos y bacterias, que son agentes causales de las enfermedades que afecta el cultivo, a continuación, se describen las principales enfermedades:

A. Moko del banano

Es ocasionado por *Ralstonia solanacearum*, raza 2. Las heridas ocasionadas por nematodos como *Pratylenchus coffeae*, *Rotylenchulus reniformis*, *Helicothylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* y más frecuentemente *Radopholus similis* (Alvarado, A 2007), insectos, material de propagación infectado, herramienta contaminada y agua de escorrentía

favorecen el incremento de la enfermedad. La bacteria coloniza de manera sistémica produciendo oclusión en los vasos del xilema, lo cual dificulta el transporte del agua, provoca amarillamiento y marchitez del follaje, en casos severos el daño en el follaje puede avanzar hasta causar la muerte de la hoja central y el raquis de la flor. La bacteria induce la producción de etileno, por lo que otro síntoma no deseado de la enfermedad es la maduración prematura del fruto (Asencio, I 2004 y Núñez, G *et al.* 2002).

B. Mal de Panamá

El agente causal de la enfermedad es el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, sobrevive largos periodos de tiempo, aún sin la presencia de bananeras, debido a que produce estructuras de resistencia sobre los restos vegetales. Ingresa de manera directa o indirecta por la raíz para establecerse en el sistema vascular dificulta el movimiento del agua y nutrientes en la planta (Rodríguez, M 2012).

Provoca amarillamiento y muerte de hojas, malformación de hojas jóvenes, decoloración de peciolo, entrenudos cortos y frutos sin valor comercial. En el sistema vascular se observa decoloración marrón o rojiza y es visible en la cara interior de las láminas foliares del pseudotallo (Rodríguez, M 2012).

C. Sigatoka Negra

La Sigatoka Negra tuvo sus primeros reportes en las islas del pacífico, como Fiji, Tonga, Papúa y Nueva Guinea, lugares considerados centro de origen del patógeno con epíteto *fijiensis* (Mendoza, E 1995). La enfermedad se encuentra ampliamente distribuida por el mundo, en regiones donde se cultiva banano y plátano.

Según Asencio, I (2004) y Mendoza, E (1995), en Centro América la enfermedad fue detectada por primera vez en el año 1969, en una finca experimental de la United Fruit Company, llamada Guaruma I, en Honduras. En 1972, se detectó en la finca Zapote, ubicada frente a Guaruma I y en 1973 la enfermedad fue encontrada a una distancia de 11

Km del foco inicial, en la finca Naranja Chino. El Huracán Fifi, que se presentó en 1974, fue el principal causante de la dispersión del patógeno, en todo el territorio hondureño y para el año 1977, se reportó en Guatemala. Esta enfermedad afecta el área foliar del banano y se observa una secuencia de estadios y síntomas que se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2 Estadios de desarrollo de la Sigatoka Negra.

Estadio	Síntomas
I	Puntos angulares de color marrón rojizo de 0.5 mm, también conocidos como “pizca”, que aparecen en el envés de la hoja y son visibles con luz transmitida.
II	La pizca crece de manera longitudinal paralela a la venación, forma estrías de 1 a 2 mm de ancho y de unos 10 mm de largo de color café rojizo que se hacen visibles primero en el envés de la hoja y posteriormente en el haz.
III	Presencia de estrías de 5mm de ancho y de 2 cm a 3 cm de largo que se tornan claramente visibles en el haz tomando un color casi negro.
IV	La estría crece toma forma elíptica y rodeándose de un halo marrón claro que da la impresión de humedad principalmente por las mañanas.
V	La parte central de la mancha se deprime haciéndose visible en ambos lados de la hoja, la zona húmeda se vuelve más nítida y se rodea de un halo amarillento.
VI	La mancha central se seca y rodea por un anillo negro bien definido que a su vez se encuentra rodeada por un halo amarillento, lesión que persiste aun cuando la hoja ya esté muerta.

Fuente: Escala de Fouré (1991).

a. *Mycosphaerella fijiensis*

Es el agente causal de la enfermedad de la Sigatoka Negra, es un hongo heterotálico, haploide, filamentoso, presenta fase teleomórfica y anamórfica. La recombinación heterotálica crea potencial para que ocurran cambios genéticos a causa del proceso meiótico, proceso que favorece la rápida adaptación a condiciones ambientales y a la dispersión de los alelos que forman resistencia a los fungicidas (Bonilla, J 2009).

b. Taxonomía del hongo *Mycosphaerella fijiensis*

Reino	Fungi
Subreino	Dikarya
Phylum	Ascomycota
Subphylum	Pezizomycotina
Clase	Dothideomycetes
Subclase	Dothideomycetidae
Orden	Capnodiales = Mycosphaerellales
Familia	Mycosphaerellaceae
Género	<i>Mycosphaerella</i>
Especie	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet

El estado anamórfico del hongo es llamado *Paracercospora fijiensis* o *Pseudocercospora fijiensis*, como ha sido renombrada recientemente (Bornacelly, H 2009) y el teleomorfo corresponde a *Mycosphaerella* (Kirk, P *et al.* 2008)

c. Morfología del hongo

Los cuerpos fructíferos producidos por *M. fijiensis*, son los espermogonios, conidióforos y pseudotecios.

Los espermogonios se producen en la superficie inferior de la hoja, de forma globosa obpiriforme con paredes pardo-claras, de 23 μm - 55 μm , con un ostiolo ligeramente prominente que emerge por el estoma. Los espermogonios producen células masculinas de reproducción, llamadas espermacios dispuestos en hileras, son unicelulares baciliformes, hialinos, truncados por los extremos, con dimensiones aproximadamente de 2 μm - 4.5 μm x 1.5 μm - 3 μm , que posteriormente van a fertilizar las hifas hembras vecinas llamadas tricóginas.

Los conidióforos se originan alrededor de los estados II, III y manchas maduras del estado V, de acuerdo con la escala de Fouré. Emergen por los estomas y algunas veces sobre

masas emergentes compactas de micelio llamadas estromas. Los estromas también pueden desarrollarse sobre espermogonios jóvenes. Los conidióforos se desarrollan sobre un pequeño agrupamiento de cuatro a seis células engrosadas que se forman en la cámara subestomática y emergen a través de la apertura de los estromas en fascículos de dos a cuatro conidióforos. Son rectos y de dimensiones entre $27 \mu\text{m} - 71 \mu\text{m} \times 3-5 \mu\text{m}$, con 1 a 5 septos, raramente ramificados con cicatrices de esporas en la parte basal. Forman conidios obclavados, hialinos, de $27 \mu\text{m} - 110 \mu\text{m} \times 2-5 \mu\text{m}$, con uno a diez septos (más frecuentemente siete), hilum bien marcado que se forma sobre la apertura de estromas, durante el estadio II, III y manchas maduras en estado V. La presencia de esporodoquios es rara, a diferencia de lo que ocurre con la Sigatoka amarilla.

En su fase teleomórfica produce ascosporas en pseudotecios, anfígenos, errumpentes, con diámetro variable entre 43 y $86.5 \mu\text{m}$, en ascas bitunicadas, con dimensiones de $12-18.4 \times 2.5-5 \mu\text{m}$, hialinas sin paráfisis, con dos hileras de ascosporas bicelulares, con una célula anterior mayor y una constricción marcada a nivel de su único septo, las ascas son liberadas durante la fase V y VI de los estadios de desarrollo de la enfermedad (Pérez, L 2002; Asencio, I 2004 y Aguirre, M *et al.* 2003).

d. Ciclo de vida y epidemiología de la Sigatoka Negra

La Sigatoka es una enfermedad policíclica ya que durante el transcurso de la epidemia puede presentar varias infecciones durante el ciclo de cultivo. Posee dos tipos de infección, ya que produce dos esporas diferentes, aunque éstas no se produzcan necesariamente en forma alterna.

El inóculo, lo constituyen ascosporas y conidios, éstos se desplazan por medio del agua de lluvia, el rocío y el viento.

Según Guzmán, M (2013), los conidios se producen en mayor cantidad durante periodos de alta humedad, principalmente si se forma una película de humedad sobre la superficie de la hoja. El desprendimiento de los conidios se da por medio del salpique del agua, ya sea de

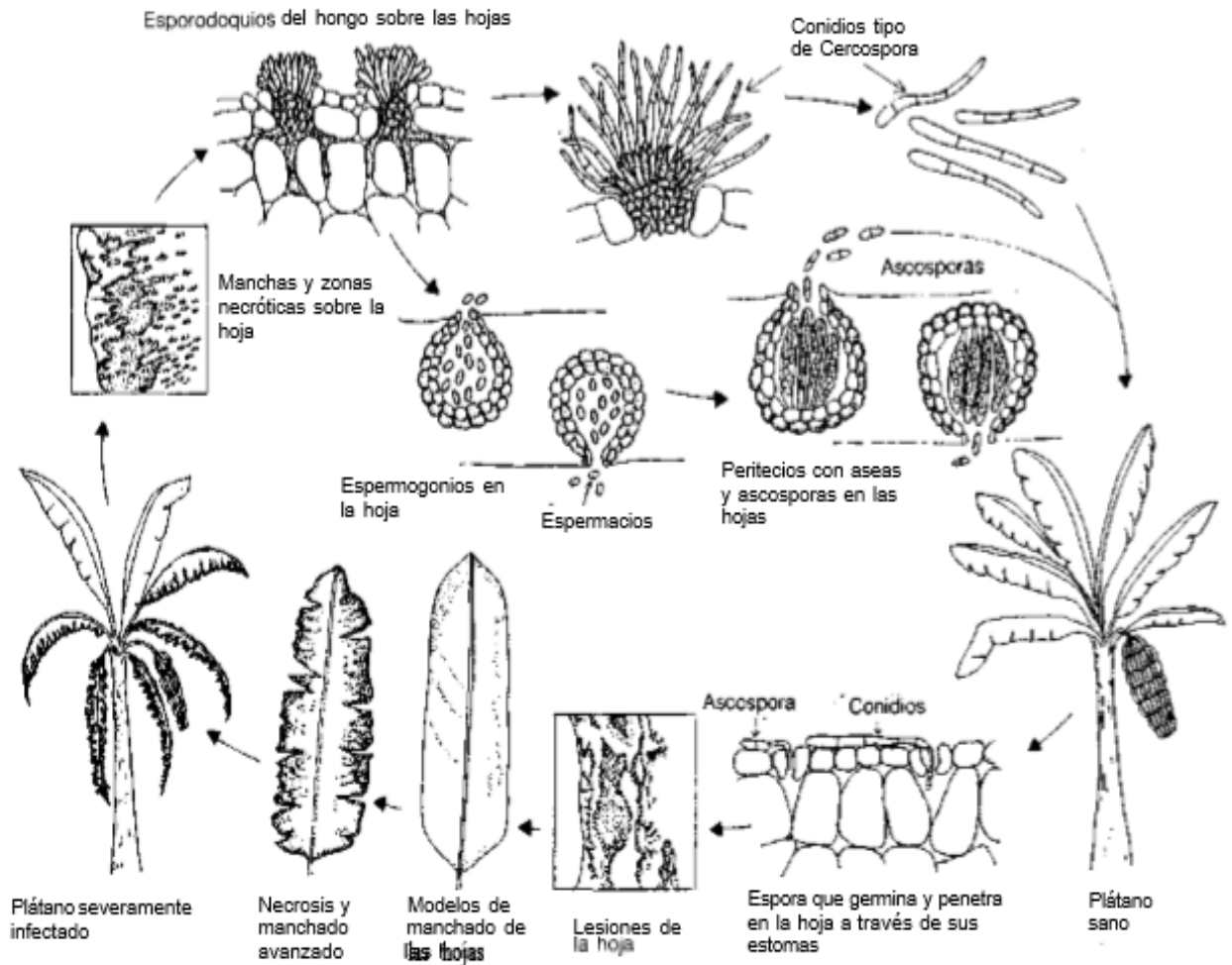
lluvia, de riego o el escurrimiento de esta sobre la superficie de las hojas y no por acción del viento, por lo que la dispersión de los conidios está asociada a cortas distancias.

Las ascosporas, que son el principal medio de diseminación del hongo por acción del viento, permiten avanzar distancias mayores que los conidios. La liberación de ascosporas se da por medio de inyección simple del peritecio que las libera bajo condiciones favorables, las cuales son, precipitación de baja intensidad (lluvias mayores a 20 mm, reducen considerablemente la presencia de esporas) y humedad relativa mayor al 90 % ya que permite que se forme una película de mojado foliar que favorece la turgencia de los pseudotecios (Asencio, I 2004).

Según Bornacelly, H (2009) y Manzano *et al.* (2005) el ciclo de la enfermedad da inicio con la deposición de una ascospora o un conidio según sea el caso como se muestra en la figura 1. Si las condiciones son apropiadas la germinación se produce en 2 a 6 horas. Se produce un crecimiento epifítico de los tubos germinativos que se extienden en busca de un estoma que penetrar. La penetración puede durar hasta 3 días siempre y cuando se cumplan las condiciones adecuadas de temperatura, humedad relativa y mojado foliar. El hongo prolifera en el tejido intercelular de la hoja, en donde produce una relación biotrófica durante 3 a 4 semanas, después de la penetración. Las ascosporas se liberan de los pseudotecios en los estadíos V y VI, mientras que las conidias se producen sobre el conidióforo y se liberan desde la etapa II hasta la VI. (Bornacelly, H 2009).

El desarrollo de la Sigatoka Negra es favorecido cuando existe humedad relativa de 90 %, temperatura menor a 20 °C, periodos secos inhiben el crecimiento del hongo según Craenen (1998), citado por Manzano *et al.* (2005).

El periodo de incubación en condiciones de la región de la Costa sur de Guatemala es de 35 días y el periodo de latencia ocurre en 49 días. Durante los meses de verano los periodos de incubación y latencia se prolongan (Asencio, I 2004).



Fuente: Agrios, G. 2005.

Figura 1 Ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis*.

e. Clima favorable para el patógeno

La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 26 °C, en genotipos susceptibles como lo describen Manzo-Sánchez, G *et al.* (2005). Bornacelly, H (2009) menciona intervalo óptimo que va de 26 °C a 29 °C y humedad relativa de 90 % – 100 %. Vientos fuertes y precipitación constante de baja intensidad favorecen la presencia y dispersión de ascosporas.

2.1.8 Manejo del cultivo de banano

A. Siembra

La preparación del suelo se hace de forma mecanizada, empleando subsolador, arado a profundidad de 40 cm y rastra. En algunos casos se emplea el subsolador en forma cruzada y posteriormente se hace labor de rastra (EDA 2007).

Las grandes plantaciones dedicadas a la exportación utilizan material proveniente de la micropropagación (cultivo de tejidos) que ofrece un producto certificado libre de plagas y enfermedades (FAO 2001).

Actualmente se utilizan densidades de 1600 a 2000 plantas/ha. (Cuellar, J & Morales, M 2005).

Estudios realizados en Cuba y Colombia muestran que densidades por encima de 1000 plantas/ha aumentan el rendimiento de la plantación y disminuye la severidad de la Sigatoka Negra. Esto se atribuye a ciertos cambios en las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad relativa que están íntimamente relacionadas con la formación de agua condensada sobre la superficie de la hoja. Además, la luz en el interior de la plantación se reduce, lo que disminuye la toxicidad de la toxina fotosensible Cercosporín. Estas condiciones podrían variar según el cultivar y clima o bien de la formación de microclimas dentro de la plantación. (Belalcázar, CS et al. 2003, Álvarez, J& Beltrán, A 2003y Orozco-Santos, M *et al.* 2008).

B. Fertilización

De acuerdo con Wichmann (1992), el requerimiento nutricional promedio de los bananos del subgrupo Cavendish es de 4-7 kg N, 0.9-1.6 kg P₂O₅ y 18-30 kg K₂O, por tonelada de racimos enteros producidos.

Según Memon, NUN et al. (2010) en el trópico se utilizan de 320 kg – 400 kg de N/ha*año, fraccionados en tres aplicaciones, 300 kg de P_2O_5 /ha*año de P (130 kg P/ha*año) y 1,000 kg - 1,200 kg de K_2O /ha*año (80 kg - 100 kg de K/ha*año). Cantidades que generalmente se encuentran enfocadas a una mayor producción y no necesariamente al control de la Sigatoka.

La relación N:K es de suma importancia para la producción y manejo de la Sigatoka Negra, la relación adecuada para la nutrición de la planta es de 3.2 : 2.8 durante el crecimiento vegetativo (0 a 5 meses), 2.4 : 1.9 durante la formación de fruto (5 a 8 meses) y 1.7 : 1.3 en la etapa de formación de fruta (EDA 2007).

De acuerdo por Gauhl (1992), La enfermedad está estrechamente relacionada con el crecimiento del hospedero, mientras más pobre es el crecimiento, la influencia de la enfermedad es más severa. Las plantas muestran mayor tolerancia a la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra cuando las cantidades de N, son cercanas a 300 Kg/ha/año (Méndez 1998). De tal modo que en México, se realizó un estudio con banano Grand Naine, que presentó menor daño de Sigatoka Negra cuando se aplicaron dosis de 200 kg N/ha*año, 75 kg P/ha*año y 150 kg K/ha*año (Orozco- Romero, J et al. 2004).

C. Control de malezas

Antes de la siembra se recomienda utilizar un herbicida pre-emergente, posteriormente se recomienda hacer plateo alrededor de las plantas con machete. Cuando la planta se encuentra en estado de parición, de ser necesario hacer alguna aplicación se hace de forma localizada (EDA, 2007).

Este control se realiza para evitar la competencia de las malezas sobre las plantas de banano, evitar que entren en estrés, reducir la humedad relativa dentro de la plantación y favorecer la aireación.

D. Deshoje

Esta práctica se realiza con tres fines: protección (cuando las hojas afectan el crecimiento del racimo). Fitosanitario (consiste en eliminar las hojas afectadas por la Sigatoka Negra) y eliminar las hojas que no son fisiológicamente funcionales.

El corte se hace al ras del pseudo-tallo y la herramienta debe estar desinfectada, para evitar la acumulación de agua y la posible contaminación por algún tipo de patógeno (Eda 2007).

E. Riego y drenaje

Debido a la característica franca o franco arenosa de la mayoría de los suelos donde se siembra el banano se recomienda que el riego no tenga turnos de más de 2 h para evitar lixiviación. Los drenajes se utilizan para eliminar el exceso de humedad que haya en el suelo, de tal forma que se promueva un buen desarrollo radicular y deben elaborarse de tal forma que se preserve la humedad del suelo a no menos de 1.2 m. (EDA 2007).

Los problemas de drenaje provocan deficiencia en la emisión foliar y aumento en la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra, el ritmo de desarrollo de la enfermedad es más acelerado en lugares donde hay deficiencia de drenaje debido al menor ritmo de crecimiento y el estrés generado (Orozco-Santos, M *et al.* 2008).

Los sistemas de riego de aspersion favorecen el desarrollo de la Sigatoka Negra, por tener un efecto similar al de la lluvia, especialmente si este es subfoliar ya que favorece la germinación, esporulación y dispersión del patógeno. Los métodos que registran menor severidad y mayor porcentaje de área foliar sana son el sistema por inundación y goteo, siendo éste último el que muestra mejores resultados, ya que el método por inundación posee algunas desventajas como, mayor gasto de agua, provoca estrés en las plantas cuando los intervalos de riego no son los apropiados y favorece la proliferación de malezas. (Orozco-Santos, M *et al.*, 2008).

En Guatemala se utiliza la miniaspersion, en conjunto de una elaborada red de drenajes subsuperficiales. Estos drenajes están conformados por canales primarios, con una

profundidad de 2 m - 3 m, canales secundarios de 2 m de profundidad y canales terciarios, de 1.5 m de profundidad. Según Méndez García (2014) el agua es el factor más importante y limitante para la producción, además de las enfermedades.

F. Control de Sigatoka Negra

Entre los métodos de control se menciona el cultural, que consiste en todas aquellas consideraciones estructurales que debe tomar en cuenta el agricultor al momento de establecer, diseñar y manejar la plantación de banano. Entre estas prácticas se encuentra el control de malezas, podas de saneamiento, manejo de densidades de siembra, manejo de luz dentro de la plantación, drenajes, lamina y método de riego, barreras rompe vientos, manejo de hojarasca, entre otras.

El método más común de control es el químico, pero es costoso. Según Coello, R (2008) anualmente, una plantación típica necesita de 38-50 aspersiones de fungicidas, y esto incrementa hasta un 30 % el costo de producción. Tiene la desventaja de reducir la efectividad del producto por el desarrollo de resistencia del hongo a los ingredientes activos que se aplican, se debe cuidar la cobertura al momento de la aplicación ya que el hongo se encuentra en el haz y en el envés de la hoja y la esporulación del hongo se produce en el envés de la hoja (EDA 2007). Razón por la cual, se requiere de consideraciones técnicas en la planificación y aplicación de este tipo de control. Según Méndez García (2014) en Guatemala el costo de una caja de banano es de U.S. \$ 3.50. De este, U.S. \$ 0.18 corresponden a fertilización. U.S. \$ 0.6 al control de malezas, U.S. \$ 0.22 protección de la fruta (incluye desmane, embolsado, deshoje, desflorado) y U.S. \$ 0.28 que es el costo más alto, corresponde a la aplicación de fungicidas y equivale al 8 % del costo/caja.

El control químico involucra el uso de fungicidas que durante el transcurso del tiempo han cambiado como se observa en el cuadro 3. En la actualidad destaca el uso de ditiocarbamatos como mancozeb y compuestos aromáticos como clortalonil y aceite mineral, que actúan de forma preventiva (Souza, P & Dutra, M 2003 y Coello, R 2008).

Cuadro 3 Evolución del combate químico de la Sigatoka y tiempo aproximado de introducción y duración de los diferentes regímenes de aspersión. Modificado y ampliado de Stover (1989) por Guzmán, M et al. 2013.

Fungicida	Tiempo
Caldo bordelés, cobres fijos y ditiocarbamatos	1936-1962
Aceite de petróleo	1956-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con ditiocarbamatos	1956-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con benzimidazoles	1972-1995
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con benzimidazoles en mezcla con ditiocarbamatos (mezcla)	1977-1991
Clorotalonil	1978-presente
Ditiocarbamatosfloables	1980-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con tridemorph (aminas) y desde 1990 también tridemorph en mezcla con ditiocarbamatos (mezcla)	1981-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con triazoles	1984-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con triazoles en mezcla con tridemorph	1989-presente
Ditiocarbamatos (SC) formulados con aceite mineral	1990-presente
Aceite de petróleo o emulsiones aceite-agua con triazoles en mezcla con tridemorph y ditiocarbamatos (mancozeb)	1994-presente
Nuevos triazoles, algunos más activos que propiconazole (fenbuconazole, bifertanol, tebuconazole, hexaconazole, difenoconazole y epoxiconazole)	1996-2009
Ditiocarbamatos en mezcla con una resina y aceite de petróleo (principalmente en Guatemala y México, alta frecuencia de aplicación)	1996-presente
Inhibidores Qo (estrobilurinas), Azoxistrobinas primer compuesto introducido	1997-presente
Inductores de resistencia (acibenzolar-S-metil), primer compuesto introducido, usado en forma comercial casi exclusivamente en fincas de Costa Rica hasta la fecha.	2001- 2009
Anilinopirimidinas (Aps)	2004-presente
Inhibidores SDHI (boscalid primer compuesto introducido)	2012-presente
Guaninas (dodine)	2013, en algunos países de Centro y Sur América)

Fuente: Guzmán, M *et al.*, 2013

Los fungicidas sistémicos, actúan de modo preventivo y curativo, están relacionados al desarrollo de resistencia debido a que poseen una acción monositio. Los productos que se encuentran disponibles en el mercado incluyen ingredientes activos como las estrobilurinas que inhiben los procesos de transferencia de electrones en la respiración. En campo el uso de triazoles y benzimidazoles se ha reducido debido a la resistencia poligénica y monogénica, respectivamente generada. En el caso de los triazolesees muy común encontrarlos en mezcla con tridemorph, ditiocarbamatos o aceite mineral (Siqueira L, 2007 y Guzmán, M *et al.* 2013). Para el control de la Sigatoka Negra en la costa sur de Guatemala se realiza aplicación de fungicidas a cada 5-7 días, según la humedad relativa, que está relacionada a la precipitación. Con ese intervalo, se hacen 52-72 aplicaciones/año. Las principales familias de fungicidas utilizadas son triazoles, carboxamidas, estrobilurinas, aminas y calixin en mezcla con triazoles. (Méndez García 2014).

El aceite mineral o de petróleo tiene una utilidad importante debido a su función protectante, se utiliza solo o en mezcla con otros compuestos. Es importante revisar las recomendaciones en la literatura, para aplicar la dosis adecuada, ya que posee efectos fitotóxicos y también pueden afectar a insectos y ácaros benéficos (Guzmán, M *et al.* 2013).

Guatemala aún no se utiliza el llamado control biológico, pero otros países como México y Brasil se realizan investigación en torno a este control. Se han utilizado bacterias epífitas como *Pseudomonas* sp, organismos quitinolíticos como *Serratia marcescens*, *S. entomophyla*, *Bacillus* sp., *Trichoderma* spp. y metabolitos secundarios como Fitoalexinas (Osorio, G 2006).

En experimentos realizados en México, las plantas de banano tratadas con bacterias del género *Azospirillum* y hongos micorrízicos presentaron mejores niveles de tolerancia a la Sigatoka Negra (8 %a 10 % menor severidad) en comparación con plantas con la fertilización química tradicional (Orozco-Santos, M *et al.* 2006).

El uso de fungicidas genera cierto grado de resistencia según sea sistémico o protectante. El cuadro 4, se muestra el riesgo o grado de resistencia de los ingredientes activos utilizados en la actualidad para el control químico de la Sigatoka Negra.

Cuadro 4 Características y riesgo de resistencia de grupos químicos de fungicidas para el control de la Sigatoka Negra de acuerdo con el Comité de acción de resistencia de fungicidas, del Grupo de Trabajo del Banano (FRAC), 2013.

Grupo químico	Tipo de acción	Riesgo de resistencia
Benzimidazoles (BCM)	Sistémicos	Alto
Inhibidores de la desmetilación (IDM)	Sistémicos	Medio
Inhibidores Qo (Estrobilutinas)	Sistémicos	Alto
Aminas	Sistémicos	Medio a bajo
Anilino pirimidinas (AP)	Sistémicos	Medio
Inhibidores de SDHI	Sistémicos	Medio a alto
Guanidinas	Sistémicos	Bajo a medio
Protectantes	Protectante	Bajo
Microbiales	Protectante	Bajo

Fuente: Guzmán, M *et al.* 2013.

2.1.9 Análisis temporal

Se le denomina así al estudio que analiza el progreso y no el desarrollo de una enfermedad en el tiempo. Para ello es necesario sistematizar datos de incidencia y severidad de la enfermedad en la dimensión temporal. Se aplica un sistema de medición de la enfermedad y se representan las unidades evaluadas en sistemas de coordenadas X (incidencia), Y (tiempo). Los parámetros utilizados para el análisis son Y_0 (incidencia inicial), Y_f (incidencia final), T_t (duración total de la epidemia), r (tasa de infección aparente), ABCPE (área bajo la curva de progreso de la enfermedad), X_0 (inicio de la epidemia) y C (forma de la curva). Estos parámetros permiten caracterizar la intensidad de la epidemia y evaluar medidas de control (Mora *et al.* 2008).

2.1.10 Incidencia

Se define como el porcentaje de individuos enfermos en una muestra o población, independientemente del grado de severidad. En otras palabras, se cuentan individuos enfermos sin tomar en consideración la intensidad de los síntomas de la enfermedad evaluada (Mora *et al.* 2008).

2.1.11 Severidad

Porcentaje o proporción del tejido u órgano del hospedante con síntomas de la enfermedad, resulta de integrar el número y tamaño de las lesiones.

Entre los métodos visuales automatizados para medir la intensidad de la enfermedad están las escalas de severidad y los diagramas de severidad (Mora *et al.* 2008).

2.1.12 Escala de severidad

Serie de clases que contienen rangos hasta un grado de severidad posible para una determinada enfermedad. No existe una representación pictórica de severidad en las distintas clases (Mora *et al.* 2008).

2.1.13 Diagrama de severidad

Es una representación pictográfica de ciertos grados de severidad, en la actualidad acompañado de una escala, transformándose así en una escala diagramática ya sea arbitrarias, aritméticas o logarítmicas (Mora *et al.* 2008).

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Localización geográfica del área de estudio

El área de estudio se localiza en la costa sur de Guatemala, en donde se existen plantaciones comerciales de banano.

Las parcelas de monitoreo estuvieron ubicadas en Aldea Bolivia, Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Departamento de Suchitepéquez, coordenadas UTM 0664587 y 1567154, altitud 29 metros (figura 2), en la zona bananera de la vertiente del Pacífico.

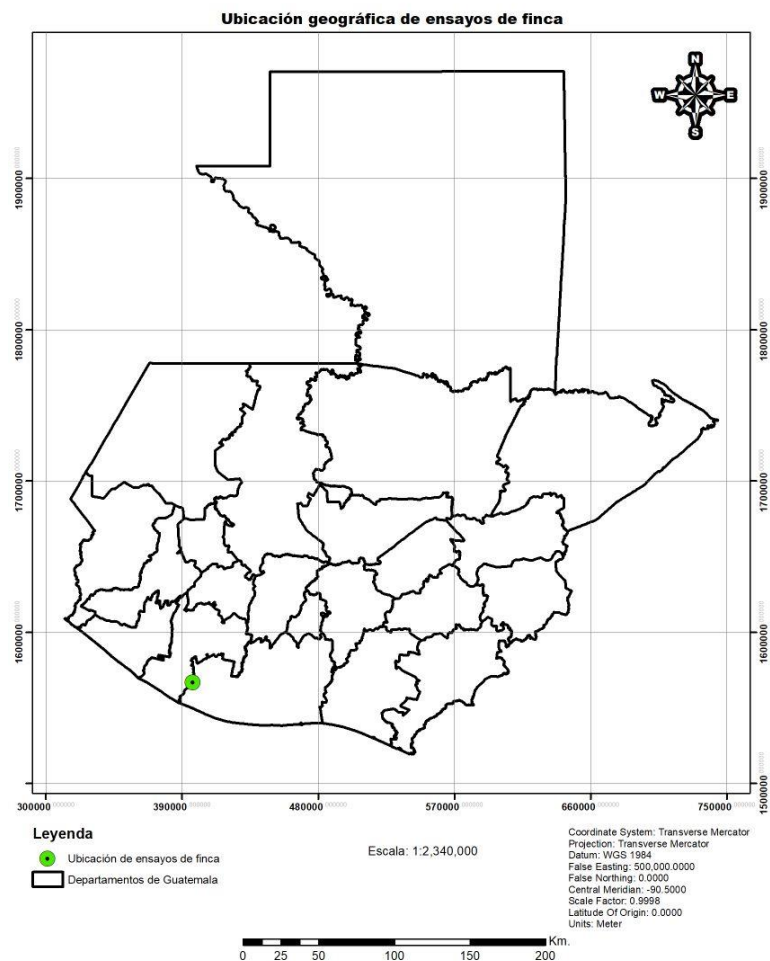


Figura 2 Ubicación geográfica de ensayos de finca

2.2.2 Condiciones climáticas

El clima del municipio es cálido, las lluvias se hacen presentes en los meses de mayo a noviembre que varía su intensidad según la orografía del lugar (Nufio, K 2011).

La precipitación pluvial oscila entre 3284 mm promedio anual, la temperatura anual máxima es de 35 °C y la mínima es de 23 °C con una humedad relativa del 80 % (Nufio, K 2011).

2.2.3 Zona de vida

Se ubica en la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical cálido, Bmh-Sc (Nufio, K 2011).

2.2.4 Suelos

Los suelos encontrados en la Aldea Bolivia pertenecen al orden molisoles, los cuales se caracterizan por ser de color oscuro en su horizonte superficial, de color oscuro, rico en humus bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial, profundos, con buen drenaje interno, nivel freático relativamente cercano a la superficie, textura franco-arenosa. (Nufio, K 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Estudiar manejo y progreso temporal de la Sigatoka Negra del banano en la costa sur de Guatemala, en Aldea Bolivia ($14^{\circ}47'1.36''$ N y $90^{\circ}23'49.86''$ S) Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Departamento de Suchitepéquez y su relación con variables climáticas y de manejo del cultivo.

3.2 Objetivos Específicos

1. Sistematizar información de manejo del cultivo de banano comercial en empresas productoras de banano para.
2. Cuantificar durante el segundo semestre del año 2014 - 2016 la intensidad de la Sigatoka Negra en plantaciones de banano Grand Naine.
3. Sistematizar información de clima relacionado al área dónde se cultiva banano en la costa sur de Guatemala durante el año 2014 - 2016.

4 HIPÓTESIS

La severidad de la Sigatoka Negra se incrementa en los meses en que se presenta la época lluviosa en Guatemala.

5 METODOLOGÍA

5.1 Recopilación de información del cultivo y su manejo

Se realizaron entrevistas con la boleta descrita en el cuadro 16A a los técnicos encargados de siete fincas productoras de banano en Izabal y la Costa Sur de Guatemala. La boleta contempló la recolección de información relacionada al manejo agronómico del cultivo, control e incidencia de plagas y enfermedades y mercados de distribución.

Durante las entrevistas se tomó la ubicación geográfica de las mismas para identificarlas posteriormente en el mapa de Guatemala.

5.1.1 Análisis Cluster

Para la aplicación del análisis Cluster se utilizó el programa estadístico Infostat. Se agruparon las fincas con manejo similar, para lo que se utilizó el método de Ward (mínima varianza) y se utilizó el índice de Spearman. Finalmente se generó el dendograma como resultado gráfico del análisis.

5.2 Cuantificación de intensidad de Sigatoka Negra en ensayos de finca de banano en la costa sur de Guatemala

5.2.1 Delimitación de la zona de estudio

La zona de estudio estuvo ubicada en Aldea Bolivia, Municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Departamento de Suchitepéquez, a $14^{\circ}47'1.36''$ N y $90^{\circ}23'49.86''$ S, en la zona bananera de la vertiente del Pacífico. Las parcelas de monitoreo fueron ubicadas en ensayos de finca, exclusivos para la cuantificación de la enfermedad de Sigatoka.

5.2.2 Siembra y distribución de tratamientos en campo

Se establecieron cuatro ensayos de finca, los cuales se desarrollaron en el segundo semestre del año durante los años 2014, 2015 y 2016.

El establecimiento de las parcelas experimentales se realizó de igual forma para todos los ensayos. Los tratamientos fueron distribuidos en campo de forma aleatoria conforme al diseño experimental descrito para cada ensayo.

Se sembraron 5 plantas por parcela, de las cuales se tomó datos a las 3 plantas centrales ya que las dos plantas en los extremos se consideraron para efecto de borde. La distancia de siembra fue de 2.5 m entre plantas y a 5 m entre hileras. La variedad de banano sembrada en los ensayos fue Grand Nine, provenientes de reproducción *in vitro* y seleccionadas en vivero para obtener una plantación con desarrollo uniforme durante la siembra.

Para delimitar el área entre parcelas y para reducir el impacto de la deriva en los tratamientos con aplicación de fungicidas, se sembró maíz en los márgenes de las parcelas (figura 3).



Figura 3 Parcelas experimentales en los tratamientos de los ensayos de finca.

5.2.3 Ensayos de finca año 2014

En el año 2014 se evaluaron dos ensayos de finca, el primero se desarrolló en los meses de junio-agosto y el segundo en el mes de octubre. El análisis de cuantificación de la intensidad de la Sigatoka Negra se enfocó a determinar el efecto de algunas de las mezclas que se realizan con productos de contacto en Guatemala para comparar el control de estas.

En el ensayo de finca I (junio-agosto) se propuso la evaluación de 3 tratamientos, dos métodos químicos y un testigo absoluto (cuadro 5). Las mezclas de fungicidas utilizadas para la evaluación fueron mezclas de mancozeb individual y en combinación con boscalid. El fin de la evaluación fue observar las diferencias producidas en la curva de progreso de la enfermedad y determinar cuál es el tratamiento más efectivo para el control de la enfermedad.

Cuadro 5 Descripción de tratamientos ensayo junio-agosto 2014

Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto
2	mancozeb 80 WP, 1.5 kg/ha
3	mancozeb 80 WP, 1.5 kg/ha + boscalid 50 SC, 0.3 l/ha

En el ensayo de finca desarrollado en octubre de 2014, los tratamientos evaluados contemplaron la aplicación de mancozeb individual y en combinación con clorotalonil (cuadro 6).

Cuadro 6 Descripción de tratamientos ensayo octubre 2014

Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto
2	mancozeb 80 WP, 2 kg/ha
3	mancozeb 80 WP, 1.5 kg/ha + clorotalonil 720 SC, 0.5 l/ha

VARIABLES ESTUDIADAS

Para los ensayos de finca desarrollados en el año 2014 se realizaron mediciones de las siguientes variables:

- a) Total de hojas por planta (TH): cantidad de hojas por planta, sin tomar en cuenta las que se encuentran es estado de senescencia o agobiadas al momento de realizar la lectura.
- b) Hoja más joven enferma (HJE): es la hoja más joven con presencia de estrías (lesiones jóvenes de la enfermedad), examinadas a trasluz y desde el suelo.
- c) Hoja más joven con mancha (HJM): corresponde a la hoja más joven en la que se manifiesta el estadio 4 de la escala de Fouré, 1985, (cuadro 2).
- d) Severidad de la enfermedad en base a la escala de Stover modificada por Gauhl (1992), (figura 3 A).
- e) Índice de infección (IND): es una expresión porcentual de la severidad de la enfermedad, calculado mediante la fórmula: $IND = \frac{\sum nb}{(N-1)T} * 100$, donde n= cantidad de hojas en cada grado de la escala de Stover modificada, b= grado de infección, N= cantidad de grados usados en la misma escala (7 grados), T= total de hojas evaluadas (Romero, 1994). Los valores de este índice pueden oscilar entre cero y 100 %, a valores más altos mayor severidad. Con este índice serán construidas las curvas de progreso de la enfermedad.
- f) Diámetro del pseudotallo (D): medida del diámetro del pseudotallo de la planta a una altura de 15 cm de la parte basal.
- g) Altura del pseudotallo (h): medida tomada desde la base del pseudotallo hasta la inserción de la hoja uno.
- h) Estado fenológico de la planta.

5.2.4 Ensayo de finca año 2015

Durante agosto-octubre del año 2015 se realizaron evaluaciones de severidad de la Sigatoka Negra, en base a la escala de Stover modificada por Gauhl (1992). Las mediciones fueron enfocadas a conocer el control que poseen las mezclas de fungicidas sistémicos, descritos en los tratamientos (cuadro 7), sobre el control de la enfermedad.

Cuadro 7 Descripción de tratamientos ensayo 2015

Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto
2	fenpropimort 88 OL, 0.5 l/ha
3	fenpropidina (275 g/l) + propiconazol (125 g/l) EC, 0.5 l/ha

5.2.5 Ensayo de finca año 2016

El ensayo de finca para el año 2016, se evaluó en los meses de agosto-octubre y fue estructurado con el fin de observar la influencia que posee establecer un plan de manejo para la Sigatoka Negra en dónde se aplicación conceptos de rotación de ingredientes activos para controlar la enfermedad, comparado con respecto a un testigo absoluto.

Para lograr dicho fin se plantearon dos tratamientos (cuadro 8). El tratamiento número 1 correspondió al testigo absoluto y el tratamiento número dos al programa de control que consistió en aplicaciones de fenpropidin (0.4 l/ha) + difenoconazol (0.5 l/ha) + aceite mineral (8 l/ha), rotado con aplicaciones de mancozeb (1.5 kg/ha). Durante las diez semanas que tuvo el ensayo, se realizaron aplicaciones semanales en el tratamiento 2, 6 aplicaciones de fenpropidin (0.4 l/ha) + difenoconazol (0.5 l/ha) + aceite mineral (8 l/ha), intercaladas con cuatro aplicaciones de mancozeb (1.5 kg/ha).

Cuadro 8 Descripción de tratamientos ensayo agosto-octubre 2016

Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto

2	fenpropidin 750 EC, 0.4 l/ha + difenoconazol 250 EC, 0.5 l/ha + aceite mineral, 8 l/ha
---	--

La medición de la severidad de la enfermedad fue realizada con base en la escala de Stover modificada por Gauhl.

5.2.6 Manejo Agronómico

Todos los ensayos y parcelas experimentales recibieron el mismo manejo agronómico durante su ciclo fisiológico de tal manera que, en la medida de lo posible, la única variable fuera la aplicación de fungicidas químicos.

El terreno de siembra fue mecanizado con arado y provisto de drenajes previo a la siembra. El manejo de herbicidas se realizó de forma manual. Todas las plantas se sometieron a deshoje con objetivos sanitarios. Se aplicó una lámina de riego de 5mm/día por medio de un sistema de riego por aspersión y la fertilización se realizó de acuerdo con el programa descrito en el cuadro 15A.

5.2.7 Sistematización de información de clima

Para el logro de este objetivo, se contemplaron datos de humedad relativa, temperatura, precipitación y humedad de hoja provistos por la estación meteorológica Irlanda que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del Instituto privado de investigación sobre cambio climático (ICC) ubicada dentro de la zona de estudio (ICC, 2017).

Los datos climáticos fueron utilizados para analizar la relación que existe entre las condiciones climáticas y el progreso de la enfermedad.

5.2.8 Análisis temporal de la Sigatoka Negra año 2014

Durante los meses de febrero-octubre del año 2014 se seleccionaron grupos de 10 plantas a las que no se les aplicó ningún tratamiento para el control de la Sigatoka Negra. Las

lecturas de severidad fueron tomadas quincenalmente conforme a la escala de Stover modificada por Gauhl (1992). Las mediciones de severidad iniciaron a partir de la emergencia de siete hojas verdaderas hasta la emisión del primordio floral.

El manejo agronómico brindado a las plantas en estudio fue el descrito en el punto 8.2.3. El dato de índice de severidad obtenido en el grupo de plantas se organizó para obtener el promedio mensual de severidad de la Sigatoka Negra, conocer el comportamiento de esta durante el periodo de estudio y relacionarlo con las condiciones climáticas.

5.2.9 Análisis de información

La información se organizó en orden cronológico, por ensayo y variable estudiada. Se utilizaron bases de datos Excel en dónde se almacenó para su análisis.

Las curvas de progreso de la enfermedad, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad y las mediciones vegetativas evaluadas para conocer el efecto de los tratamientos sobre el control de la Sigatoka Negra, se representaron en gráficas de Excel.

1

El análisis Cluster y pruebas de comparación de medias fueron realizados por medio del programa estadístico Infostat. La correlación de información climática y severidad de la Sigatoka Negra fue realizada por medio del paquete de análisis de datos que posee el programa Excel.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Sistematización de información de manejo del cultivo de banano en empresas productoras de exportación

6.1.1 Ubicación geográfica de las fincas y áreas de producción

El área dónde se cultiva banano en Guatemala, está ubicada en el litoral del Océano Pacífico y del Atlántico. Específicamente en los departamentos de Escuintla, Izabal, Quetzaltenango, Retalhuleu y Suchitepéquez. La información obtenida para este estudio fue en tres de los cinco departamentos con mayor producción de banano en Guatemala: Escuintla, Izabal y Suchitepéquez. En Guatemala existen 59,391 hectáreas dedicadas a la producción de banano y plátano de las cuales alrededor de 32,536 hectáreas corresponden únicamente al cultivo de banano. Se estima que, en los departamentos de Escuintla, Izabal y Suchitepéquez se encuentra concentrada el 69 % del área total de banano cultivado en Guatemala con 33.1 %, 32 % y 3.7 %, respectivamente y equivalente a 22,450 hectáreas del área total sembrado (Barillas 2015, Prensa Libre 2014 & Méndez García 2014).

Las fincas seleccionadas para la realización de las entrevistas se muestran en la figura 4, la sumatoria del área de dichas fincas es de 9,975 hectáreas, equivalente al 30.65 % del 69 % del área total con cultivo de banano en Guatemala. De este 30.65 % de hectáreas seleccionadas para el presente estudio el 33.52 % de hectáreas corresponde a las fincas ubicadas en Escuintla, el 4.08 % a las hectáreas ubicadas en las fincas en Izabal y el 1.05 % del área se encuentra en Suchitepéquez.

De acuerdo con la información recabada durante las entrevistas, la producción de banano es en monocultivo, altamente tecnificado, propiedad privada con terrenos planos y ubicados en altitudes de 0 - 70 m s.n.m. El área de producción de las fincas es variable y varía de 233 ha a 7000 ha, lo que indica que para este cultivo de manera comercial y en el caso de Guatemala, las áreas de producción son extensas o de latifundio. Todas las fincas poseen área conservada como bosque natural y su extensión varía de 4 ha – 20 ha.

Según registros de precipitación de las fincas bananeras, en la región Sur la precipitación

promedio anual es de 2,300 mm, distribuidos en 6 meses (mayo-octubre) y la región norte 2,600 mm en 8 meses de lluvia (mayo-diciembre). La temperatura promedio registrada en ambas regiones se encuentra entre 26-27° C.

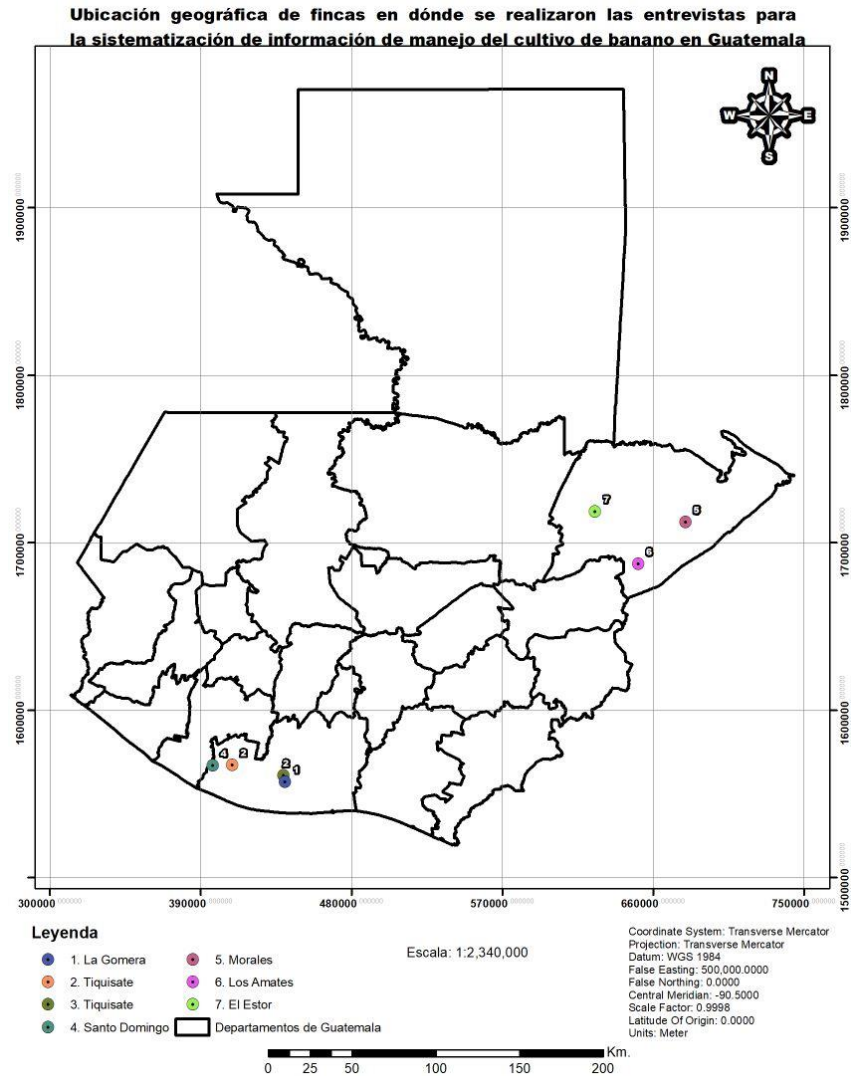


Figura 4. Ubicación geográfica de fincas donde se obtuvo información para sistematización de manejo del cultivo de banano en Guatemala.

Se realizaron siete entrevistas a técnicos en fincas productoras de banano en diferentes localidades de Guatemala, cuadro 9. La información obtenida corresponde al manejo agronómico que se les brinda a las plantaciones de banano comerciales donde se obtiene el fruto para exportación.

Cuadro 9. Información de las empresas exportadoras de banano donde se obtuvo información para la sistematización de manejo del cultivo.

FINCA	LOCALIDAD	DEPTO.	REGIÓN	EMPRESA EXPORTADORA
1	La Gomera	Escuintla	Costa del Pacífico	Del Monte
2	Tiquisate	Escuintla	Costa del Pacífico	Chiquita
3	Tiquisate	Escuintla	Costa del Pacífico	Dole
4	Santo Domingo	Suchitepéquez	Costa del Pacífico	Chiquita
5	Morales	Izabal	Costa del Atlántico	Chiquita
6	Los Amates	Izabal	Costa del Atlántico	Del Monte
7	El Estor	Izabal	Costa del Atlántico	Chiquita

6.1.2 Análisis Cluster de las fincas de producción de banano de la costa del Pacífico y Atlántico de Guatemala

Este análisis permitió conocer la afinidad o similitud existente entre las fincas que fueron considerados en el estudio. Su agrupamiento fue basado en el análisis de las 19 variables a seguir: finca, departamento, municipio, altitud, área de producción, producción de otros cultivos, tendencia de bosque, registro de clima, mes de inicio y final de la época lluviosa, variedad de banano, densidad, número de hijos, muestreo de suelo, tipo de fertilización, enmiendas al suelo, frecuencia de control de malezas, tipo de aplicación de fungicidas y rendimiento (cuadro 17A). Las variables que fueron excluidas para el análisis no representaban fuente de variación.

En el análisis de agrupamientos, se utilizó la correlación de Spearman como medida de similaridad o correlación entre las variables analizadas, la línea de corte se trazó a una distancia de 0.58, por lo que se formaron dos grupos. El primer grupo corresponde a las fincas situadas en la región Norte, Izabal y el Segundo grupo a la región de la Costa Sur de Guatemala. En el grupo 1 se ubican las fincas con los números: 1, 2, 3, 4 y en el grupo 2: 5,

6 y 7. Cada número representa una finca de producción de banano, descrito en el cuadro 9. La principal fuente de heterogeneidad observada y que se separa estos dos grupos corresponde a la ubicación geográfica.

a. Análisis del dendograma

El dendograma elaborado corresponde a la representación gráfica del análisis de agrupamientos y muestra la relación en grado de similitud basado en las 19 variables analizadas, figura 5.

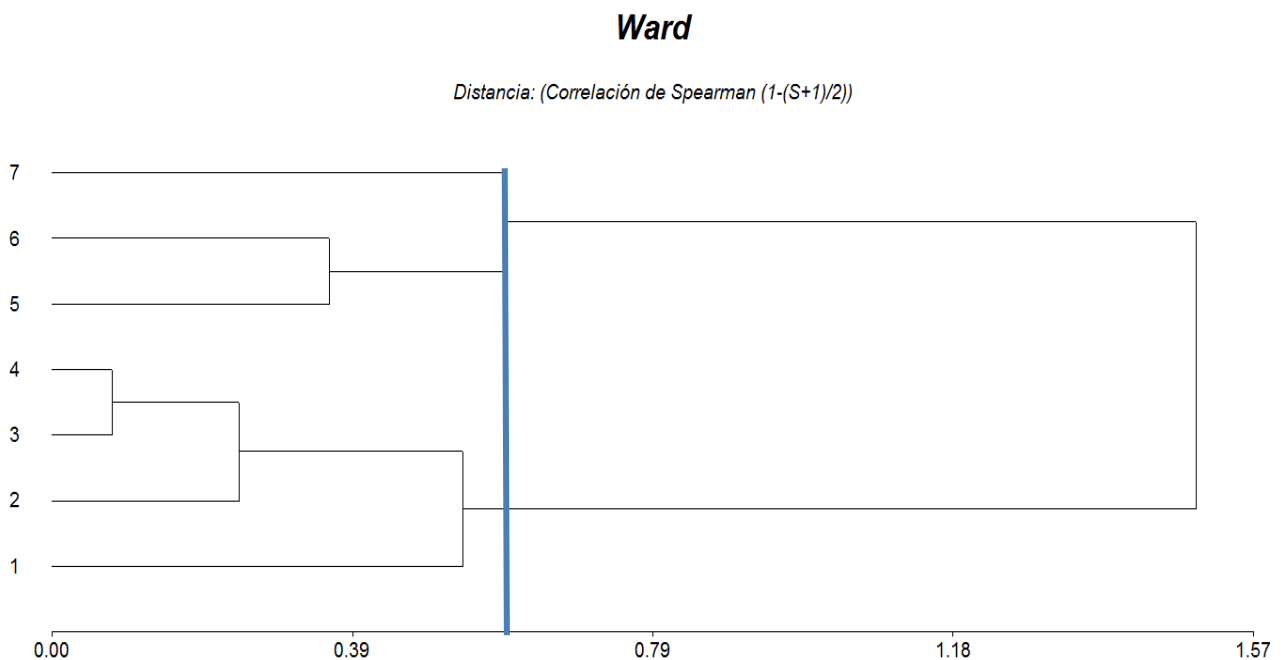


Figura 5 Dendograma generado de 19 variables obtenidas con 7 fincas, en la caracterización del manejo agronómico del cultivo de banano, en tres departamentos de Guatemala.

Descripción de características de las fincas de banano en los grupos del dendograma

GRUPO 1. El grupo número 1 se caracteriza por estar situado en la región de la Costa Sur del Pacífico, las fincas de esta región se encuentran a una altitud de 30 m-40 m s.n.m., el área de producción varía de 272 ha a 700 ha y poseen de 4 ha a 20 ha de bosque conservadas como área protegida. La temperatura promedio varía de 26 °C a 28 °C y se

presentan cinco meses con precipitación en el año que inician en mayo y culminan en octubre. La principal variedad cultivada en las plantaciones de banano es Gran enano, cultivadas a una densidad de 1600 plantas/ha, los rendimientos de las plantaciones se encuentran entre 3800 y 4000 cajas/ha. Como parte del manejo de las plantaciones se realizan de 1 a 3 muestreos de suelos en el año, la fertilización de estas se realiza de manera combinada, lo cual indica que incorporan además de fertilización granulada la fertiirrigación y fertilización foliar al programa de fertilización. Son plantaciones en las que se ha realizado aplicación de enmiendas tales como cal dolomítica y sulfato de calcio. El control de malezas se realiza principalmente de forma química y se tienen de 4 a 7 ciclos de aplicación al año, en algunas fincas como la 1 y 2 para contribuir al control de malezas poseen cobertura. La aplicación de fungicidas químicos para el control de la Sigatoka Negra se realiza por medio de aplicaciones aéreas.

GRUPO 2. Las fincas 5, 6 y 7, ubicadas en la costa del Atlántico de Guatemala se encuentran ubicadas en altitudes entre 50 m y 70 m s.n.m., el área productiva es de 205 ha a 615 ha y poseen entre 541 ha y 2 ha de área protegida. La temperatura promedio registrada es de 26 °C, existen ocho meses en los que se establece la época lluviosa en el año (mayo-diciembre). La principal variedad cultivada es Gran enano, pero existen plantaciones como las de la finca 5 en las que la variedad principal es Williams. Las densidades de siembra para las plantaciones varían de 1600 a 1800 plantas/ha con rendimientos de 2700 a 3500 cajas/ha. La fertilización en las fincas es realizada principalmente de forma granulada y complementan el programa con fertiirrigación y fertilización foliar. No se realizan aplicaciones de enmienda al suelo. Los ciclos de aplicación de herbicidas varían de 5 a 7 por año y no se posee cobertura en las plantaciones como parte de las estrategias para el control de malezas. Las aplicaciones de fungicidas químicos se realizan de forma aérea pero también son combinados con aplicaciones terrestres con bombas de mochila.

Las fincas ubicadas en la Costa Sur del pacífico de Guatemala se encuentran ubicadas en altitudes menores que las fincas ubicadas en la Costa del Atlántico además de poseer áreas de producción más extensas. En las fincas de producción del Atlántico existe mayor

extensión de áreas protegidas, poseen mayor cantidad de meses con precipitación, existen fincas cuya variedad principal de cultivo no es Gran enano y los rendimientos de las plantaciones son menores que los reportados para los de la región del pacífico.

6.1.3 Manejo del cultivo de banano en Guatemala previo a la siembra

El manejo que se le da a las plantaciones de banano en Guatemala tiene pequeñas variaciones de una región a otra. Varía principalmente lo relacionado a la fertilización, lo que repercute en el rendimiento (cajas/ha). Aspectos relacionados a: riego, drenaje, control fitosanitario, criterios de cosecha, entre otros aspectos agrícolas se manejan de manera uniforme independientemente de la región. Las principales prácticas de manejo del cultivo se describen a seguir.

6.1.4 Establecimiento de la plantación de banano

a. Preparación de suelo

Previo a la siembra de las plantas de banano, se realiza la labranza de suelo para reducir la compactación, favorecer las condiciones de aireación y permitir el desarrollo radicular de la planta. Para ello utiliza maquinaria agrícola como subsolador, arado y la rastra.

b. Drenaje

Posterior a la labranza del suelo, se realizan las redes de canales de drenaje abiertos. Consisten en canales colectores primarios, secundarios, terciarios y sangrías. Esto es necesario para evacuar el agua saturada en el suelo, dado que el exceso de esta no es favorable al cultivo (figura 6).



Figura 6 Canal de drenaje primario.

c. Establecimiento de sistema de riego

El sistema de riego establecido en las plantaciones de banano es por aspersión, figura 7. Es diseñado para aplicar una lámina diaria de 4 a 4.5 mm, de acuerdo a las condiciones del lugar. Los aspersores son distanciados a 10 m entre plantas y 10 m entre hileras, la altura del aspersor es a 60 cm del suelo y son colocados con ángulo de 14°.



Figura 7 Sistema de riego por aspersión

d. Establecimiento de infraestructura para acarreo de fruta

Los campos de cultivo de banano comerciales poseen estructuras llamadas cable vía. Son utilizados para colgar los racimos de banano que son cosechados en el campo y luego transportarlos a la planta empacadora (figura 8). También, son utilizados para la distribución

de las plantas de vivero al campo, traslado de insumos, entre otros.



Figura 8 Siembra en plantación de banano comercial

e. Siembra y variedades de banano cultivadas

Las plantas que se utilizan para el establecimiento de una plantación comercial de banano son provenientes de reproducción *in vitro*. Luego, se aclimatan en viveros especializados para dicho fin, previo a llevarlas al campo definitivo. El suelo de los patios de vivero está cubierto con plástico para evitar contaminaciones, el contacto directo con el suelo y reducir daños por plagas y enfermedades. También se encuentran cubiertos de sarán para mantener las condiciones de temperatura, humedad y luz controladas.

Las plantas de banano provenientes de la micropropagación son plantadas en sustrato conformado por suelo (60 %), arena (30 %) y cáscara de arroz (10 %), el cual es desinfectado. Luego, se utilizan bolsas plásticas de 1.5 l, con agujeros. Después de 5 a 6 semanas de adaptación en el área de vivero las plantas alcanzan el tamaño requerido e ideal para siembra a campo definitivo. Al momento de traslado al campo, se realiza la selección por tamaño que permite garantizar medidas biométricas homogéneas, plantaciones homogéneas y estandarizar la cosecha.

A partir de una muestra de 100 plantas de tamaño estándar obtenidas de un vivero comercial de banano, ubicado en el departamento de Suchitepéquez, Guatemala, se determinaron las siguientes mediciones. La altura promedio de las plantas para trasplante a campo definitivo desde la base del pseudotallo hasta la inserción de la hoja 1 fue de 21.43 cm y moda de 20 cm. El diámetro del pseudotallo fue medido en la base y la medida promedio fue de 1.98 y moda de 2 cm. El número promedio de hojas y la moda fue 7. A partir de estos datos, la varianza determinada para el número de hojas, altura de planta y diámetro del pseudotallo fue de 7.24, 0.76, y 0.06, respectivamente y se consideran valores bajos, lo que indica que las plantas son homogéneas al momento de ser sembradas.

Las primeras hojas emitidas por las plantas de banano en los viveros son conocidas como hojas no verdaderas o rudimentarias tal como lo descrito por Rodríguez, et al., (1985). Las hojas rudimentarias pueden ser identificadas por su tamaño pequeño y para variedad gran enano la presencia de secciones de coloración púrpura en la lámina foliar que se desarrollan desde la nervadura central hacia el borde de la hoja (figura 9). Con el tiempo, en el campo la planta emite las hojas verdaderas y las hojas rudimentarias son eliminadas.

Las variedades de banano cultivadas en las fincas de producción son del cultivar Cavendish, de las variedades: Gran Enano, Williams y Valerie. La variedad principal o que predomina es Gran Enano. La densidad de siembra de la variedad Gran enano varía de 1550 a 1600 plantas/ha. La variedad Williams es utilizada como variedad secundaria en varias plantaciones y es utilizada en condiciones de suelo arenoso, ya que, según los técnicos, esta variedad se adapta mejor a dichas condiciones. Valerie es una variedad poco utilizada dentro de las plantaciones.

Para el establecimiento de una plantación nueva, generalmente se hace durante los meses de mayo a junio, sin embargo, puede realizarse en cualquier época dado a que existe disponibilidad de agua para riego.

Durante la siembra para evitar daños de plagas del suelo y como medida de fitoprotección, se aplica una solución de insecticida-nematicida por medio del riego o junto a la planta

incorporado al suelo.

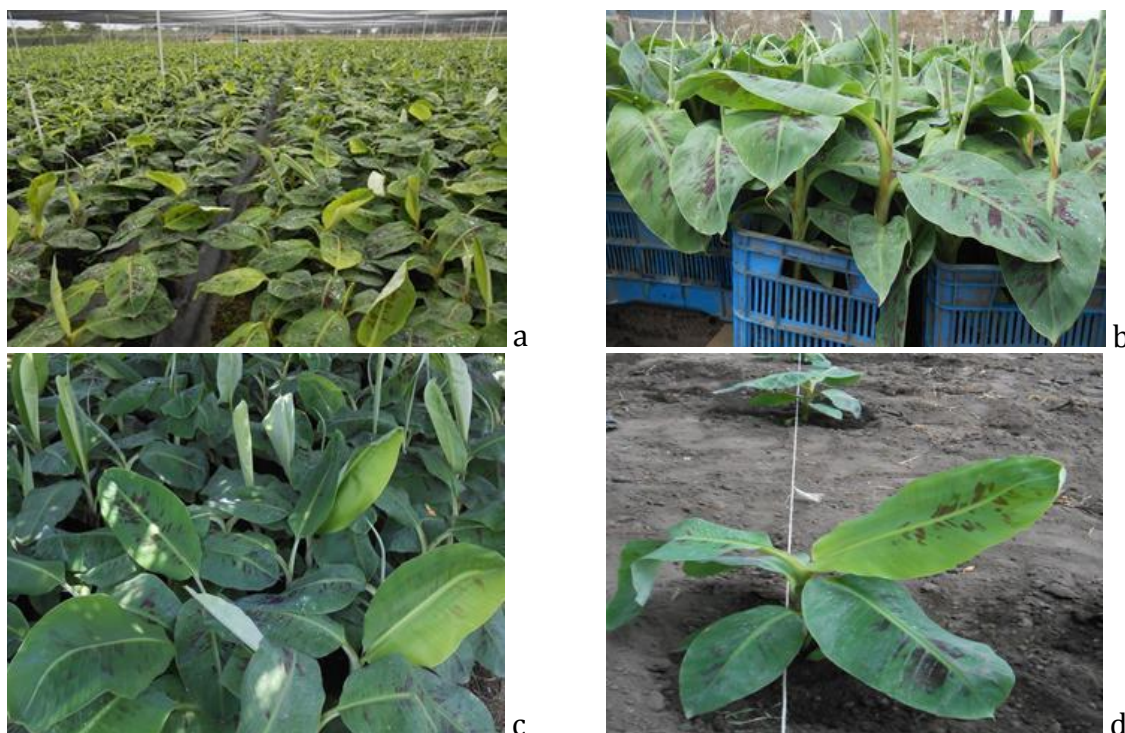


Figura 9 . a) Plantas de banano en fase de vivero; b) Plantas de tamaño homogéneo y forma de transporte a campo definitivo; c) Hojas rudimentarias; d) Siembra en campo definitivo.

f. Renovación de plantaciones

El banano es un cultivo perenne, la planta inicial emite hijos que permiten la continuidad de esta. Los criterios de renovación utilizados en las fincas son: ocurrencia de huracanes o tormentas, desborde de ríos y compactación del suelo.

Por lo tanto, las labores para el establecimiento de una plantación se realizan cuando se desea iniciar una plantación o cuando es necesaria la renovación de esta.

6.1.5 Manejo agronómico del cultivo de banano en Guatemala

Las principales prácticas de manejo agronómico que se realizan en el cultivo de banano en

Guatemala son: el riego, control de malezas, control de plagas y enfermedades y fertilización.

a. Riego

La lámina de riego aplicada en las zonas productoras de banano en Guatemala varia de 4 a 4.5 mm/día, esta se aplica en dos turnos de tres horas al día. Los turnos son programados durante el día o la noche, por lo general se prefiere el horario diurno ya que es una actividad que exige supervisión.

Las fuentes de agua para riego la constituyen los ríos que cruzan las fincas. El riego es una actividad necesaria en las plantaciones de banano debido a que para obtener producciones rentables, de acuerdo a Galán, V (1992) y Mendoza, E (1995), es necesario suministrar entre 120-180 mm de agua mensualmente.

b. Fertilización

La fertilización en las fincas productoras de banano se programa y calcula basado en muestreos de suelo, los cuales son realizados al menos dos veces al año con moda de tres muestreos, de acuerdo con la información recabada en las entrevistas.

La incorporación de fertilizante para macro elementos como N, K y P se realiza de forma granulada manual y es complementada con fertirriego. El fertilizante se aplica al contorno de la planta a distancia de 25 cm a 100 cm según el crecimiento de las raíces de la planta, en forma de media luna o disperso uniformemente en el área. De acuerdo con experiencias de algunos agricultores, se recomienda realizar la aplicación de fertilizante en forma dispersa y no en media luna, para evitar la pérdida de algunos elementos, ya que para aprovechar al máximo las aplicaciones de fertilizante, inmediatamente después de la fertilización se aplica riego y al disolverse el fertilizante colocado en media luna, podría ocasionársele quemaduras o lesiones al sistema radicular de la planta por estar concentrado en un solo sitio.

Algunos productores realizan fertilización foliar en la que se aplican micro elementos como

Zn y Bo, una vez por ciclo. En una finca de Tiquisate, Escuintla, se indicó que el requerimiento de sus plantaciones bajo las condiciones de su sitio y de acuerdo a 3 análisis químicos de suelo al año, el ajuste de macro elementos es de 500 kg de N/ha, 60 kg P₂O₅/ha y 530 kg K₂O/ha.

El número de fertilizaciones durante el ciclo de producción del banano también varía de acuerdo con las condiciones de cada finca. En general, según las entrevistas, el número de aplicaciones varía entre 15 y 20 por ciclo, que incluye la fertilización complementaria por medio de fertirriego y la fertilización foliar.

Debido a la condición plana de los terrenos en dónde se cultiva el banano, las empresas comerciales no realizan ninguna técnica de conservación de suelo y en general no aplican enmiendas a menos que el análisis del suelo indique que es requerido. Las enmiendas al suelo reportadas en las entrevistas han sido necesarias en las condiciones de la Costa Sur de Guatemala, en dónde se ha aplicado Cal dolomítica (100-500 g/planta) y Sulfato de calcio (280-566 g/planta).

La incorporación de materia orgánica tampoco es una práctica realizada por el personal a cargo del manejo de las plantaciones ya que los encargados de finca indicaron que la única incorporación de materia orgánica que se realiza es la proveniente del mismo cultivo.

Debido a la condición perenne del cultivo de banano es necesario manejar el número de hijos emitidos por planta. Las plantas de banano emiten varios hijos durante su ciclo productivo y los que son de utilidad para la producción bananera son los llamado hijos de espada, para garantizar el desarrollo adecuado del hijo en crecimiento y del racimo en formación se recomienda preservar solamente un hijo de espada por planta y remover el resto, como criterios de selección de hijos se procura dejar el primer o segundo hijo de espada emitido que tienden a ser más grandes y cuidar que en la medida de lo posible el hijo seleccionado mantenga la dirección de la hilera. La forma de medir la ejecución en el manejo de los hijos en campo es a través del retorno, este término hace referencia a la cantidad de racimos producidos por planta al año, si el manejo ha sido adecuado este

número debe permanecer en 1.90.

c. Manejo de malezas

Para el manejo de malezas los agricultores optan por el uso de herbicidas ya que las técnicas de chapeo, incorporación de cobertura y otras técnicas no químicas son poco comunes.

Actualmente son utilizados herbicidas de contacto como el dibromuro de diquat y herbicidas sistémicos como haloxifop metil, pero el herbicida más utilizado es el glifosato, el cual es aplicado a una dosis de entre 1 y 2 l/ha.

Con el fin de incrementar la eficiencia del herbicida e incrementar los días control de la maleza son agregados a las mezclas coadyuvantes principalmente adherentes. Las mezclas son aplicadas de forma terrestre con la ayuda de bombas de mochila manual y dirigida a la maleza que se desea controlar.

Las principales malezas presentes en las plantaciones de banano en Guatemala y con las cuales los agricultores deben lidiar son: *S. rhombifolia*, *S. maleleuca*, *C. arvensis*, *R. cochinchinensis* y *S. podophyllum*. Para los productores de banano en la región Norte de Guatemala el principal problema en el control de malezas es *S. podophyllum*, ya que, en la Costa Sur, a causa de la influencia del cultivo de caña de azúcar el principal problema lo constituye la incidencia de *R. cochinchinensis*.

d. Manejo de plagas y enfermedades

Como parte del manejo agronómico de las fincas de banano situadas en las regiones Norte y Sur de Guatemala se elaboran programas de control para plagas y enfermedades para reducir las pérdidas económicas relacionadas a la incidencia y severidad de estas.

El Moko del banano ha sido manejado en las fincas para que la incidencia ocasional de esta enfermedad no represente un problema significativo. Cuando se detecta la incidencia de la

enfermedad se procede a la eliminación de la planta afectada en un proceso que demora diez semanas, antes de proceder a la resiembra. El proceso de eliminación consiste en picar con machete la planta afectada, aplicar cal y cubrir con plástico durante siete semanas, posterior a ello se remueve el plástico de la planta picada y durante las siguientes tres semanas el área de incidencia es expuesta al sol.

Las plantas fabrican su alimento en las hojas, por lo tanto, cualquier daño ocasionado a este órgano repercute directamente el desarrollo del cultivo y por consiguiente de la producción. Existen plagas como los ácaros (*Tetranychus* sp) que son un problema económico para el cultivo ya que causan daño en el envés de las hojas hasta secarlas. Algunos agricultores indicaron que en los últimos dos años este problema ha incrementado, y actualmente como estrategia de control, las empresas han optado por el uso de depredadores naturales como *Neoseiulus californicus*, que es un ácaro depredador de otros ácaros y que ha resultado una estrategia eficaz para el control de la plaga.

En ocasiones, las plantas de banano se ven afectadas por volcamientos producidos por la actividad del picudo *Cosmopolites sordidus*. Para el control del picudo se utiliza Imidacloprid (0.8 %), producto sistémico en formulación granulada aplicado en la base del pseudotallo.

En los últimos tres años se ha reportado en Guatemala el daño de *Pheidole megacephala*, hormiga que debido al contenido de ácido fórmico en sus secreciones causan quemaduras en los frutos. Actualmente las pérdidas en producción reportadas para esta nueva plaga son menores al 5 %, por lo que los agricultores indican la necesidad de incorporar programas de control para que en años futuros no se convierta en una plaga de importancia económica.

Otro factor biótico causante de lesiones en el área foliar es la incidencia de enfermedades. Durante el proceso de emisión de hojas verdaderas, las hojas rudimentarias son atacadas por hongos como *Cordana musae* (zimm), principalmente durante la época lluviosa (Rojas C, 2013). *C. musae* (zimm) es una mancha foliar necrótica de forma ovalada y borde clorótico que puede ser identificada en las plantas por medio de sintomatología y aislamientos del hongo en laboratorio (figura 10). Según Rojas C (2013) esta enfermedad

posee poca importancia para el cultivo ya que es ocasional y es favorecida por condiciones de alta humedad. Bajo las condiciones de la aldea Bolivia, Suchitepéquez, Guatemala, la enfermedad tiene incidencia durante las primeras semanas de la fase fisiológica vegetativa, ya que conforme el desarrollo de las plantas y la aparición de hojas verdaderas la incidencia de la Sigatoka Negra se hace más agresiva hasta desaparecer la sintomatología de *C. musae*.

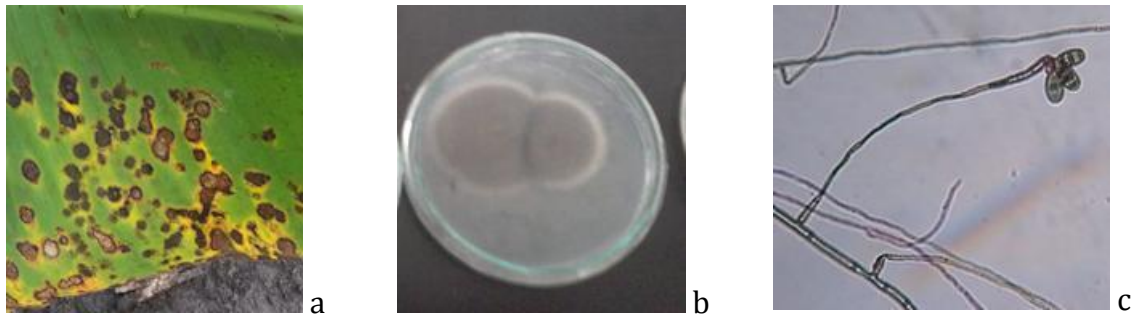


Figura 10 a) Sintomatología de *C. musae*; b) Aislamiento de *C. musae* en medio de cultivo PDA; c) *C. musae* 40X.

Conforme la emisión de hojas verdaderas, las hojas rudimentarias se vuelven senescentes hasta secarse. Con la emergencia de hojas verdaderas inicia la incidencia de las manchas foliares provocadas por la Sigatoka Negra que con la senescencia de los tejidos se vuelve más severa.

Como parte del control de la Sigatoka Negra y el manejo del tejido foliar, se realizan cirugías o podas sanitarias, la metodología de la cirugía consiste en el corte del tejido foliar con daño por el hongo y dejar el resto de tejido sano. En la etapa inicial de la enfermedad incide en la parte apical y avanza hacia la parte basal de la hoja, por lo que el personal de campo procede a lo que coloquialmente se conoce como despunte y consiste el corte de una sección de las hojas (figura 11).



Figura 11 a) Cirujano; b) Cirugía

El instrumento utilizado para la realización de las podas es el machete y se realizan semanalmente para evitar que la severidad de las hojas incremente y por lo tanto sea necesario remover una mayor cantidad de tejido foliar. Para evitar la transmisión de enfermedades provenientes del tejido vascular, se fabrica una solución desinfectante elaborada a base de Vanodine (1 %), que es un producto desinfectante bactericida, viricida y fungicida más rodamina como colorante. El colorante es aplicado a la mezcla para que el supervisor de campo pueda verificar que la herramienta de cirugía esté desinfectada.

El cuidado del área foliar efectiva es de suma importancia, ya que, de acuerdo con Hidalgo, M; Tapia, A; Rodríguez, W 2016 en gran medida el peso del racimo está relacionado al número de hojas que la planta posee al inicio de la etapa de floración ya que un mínimo de 8 - 10 hojas son suficientes para el desarrollo completo del racimo y la pérdida posterior de hojas ya sea por agentes bióticos o abióticos, no tiene un impacto tan importante en la ganancia de peso y la calidad del racimo.

Aunado a las podas sanitarias realizadas para la preservación del tejido foliar sano de las plantas de banano también se realizan aplicaciones de fungicidas químicos sistémicos y de contacto, alternados en programas de manejo que permiten controlar la severidad de la

Sigatoka Negra, que es una enfermedad causada por el hongo *M. fijiensis*. De acuerdo a las entrevistas realizadas, el principal problema fitosanitario de las plantaciones de banano es la sigatoka Negra y un control deficiente de la enfermedad puede repercutir en una reducción ente 5 y 10 % de la producción.

La experiencia de los agricultores indica que la variedad más susceptible a la Sigatoka Negra es Gran enano. Para el control químico de la enfermedad se utilizan productos fungicidas como Mancozeb y Clorotalonil que poseen acción de contacto o una amplia gama de fungicidas de acción sistémica como Tebuconazole, Bitertanol, Trifloxystrobin, Anilopirymidina, Pyrimethanil y Pyraclostrobin. Los fungicidas pueden ser utilizados solos y alternados entre sí o en combinación (sistémicos + contacto) para formar los llamados caldos.

El programa de manejo para la Sigatoka Negra debe estar bien planificado para que la incidencia y severidad de la enfermedad no tengan un impacto sobre la producción. Los encargados de finca elaboran programas para el control de la enfermedad, para ello deben tomar en consideración aspectos como la rotación de fungicidas, principalmente para el uso de fungicidas sistémicos, que generan resistencia en el patógeno.

La época de mayor incidencia de la Sigatoka Negra en las zonas de producción bananera en Guatemala se establece en el segundo semestre del año, principalmente en los meses con mayor humedad.

El uso de fungicidas sistémicos se hace más necesario durante la época de mayor incidencia de la Sigatoka Negra. La incorporación de adherentes o aceites agrícolas en la mezcla para el control químico de enfermedades también es importante. Algunos agricultores utilizan adherentes en las mezclas de fungicidas de contacto y aceite mineral en las mezclas de fungicidas sistémicos. La frecuencia de aplicación durante el segundo semestre del año es de 5 a 6 días, mientras que en los meses de baja incidencia puede variar de 15 a 20 días, de tal forma que en un año pueden existir alrededor de 36 aplicaciones de fungicidas.

Las aplicaciones de fungicidas para el control de la Sigatoka Negra se realizan en forma aéreas y las aplicaciones terrestres son utilizadas para bajíos o terrenos en dónde una aplicación aérea no es efectiva (figura 12).

La preparación de las mezclas elaboradas para el control de malezas, plagas y enfermedades se realizan en áreas especiales y designadas para la mezcla de productos químicos, así mismo también se cuenta con programas de calibración y mantenimiento de los equipos de aplicación, para asegurar la calidad de las aplicaciones. Los embaces y recipientes en dónde se adquieren los productos químicos, luego de ser utilizados, son sometidos a triple lavado, agujereados y almacenados en centros de acopio, para evitar la contaminación del suelo o de los mantos de agua (figura 12).



a



b



Figura 12 a) Centro de acopio de embaces de agroquímicos; b) Aplicación terrestre de fungicidas para el control de Sigatoka Negra; c) Aplicación aérea de agroquímicos.

6.1.6 Cosecha

Las plantas de banano variedad Gran enano demoran aproximadamente cinco meses después de la siembra para la emisión floral. Durante los siguientes tres meses la planta desarrolla un racimo fisiológicamente preparado para la cosecha.

Dentro de las actividades previas a la cosecha se encuentran el desmane, la remoción de la parte masculina de la flor y el apuntalamiento.

El desmane consiste en la remoción manual de las últimas manos del racimo, aproximadamente dos semanas después de la emergencia floral, esto se realiza con el objetivo de mejorar la calidad de los bananos y disminuir la presión ejercida por el peso al conservar de 6 a 8 manos en los racimos.

La remoción de la parte masculina de la flor de banano también se realiza con el objetivo de disminuir el peso de la inflorescencia, esta parte de la flor debe ser removida de forma manual y debe tenerse la precaución de hacerlo tres nudos debajo de la última mano.

Como se ha mencionado, el peso del racimo ejerce una presión muy fuerte y para evitar los volcamientos es necesario apuntalar las plantas. El apuntalamiento puede hacerse por medio de soportes de madera o por medio de hilos plásticos, en las fincas productoras de

banano en Guatemala se utilizan los hilos de plástico que según se indicó se colocan por encima del racimo sostenidos a la base de dos plantas o a una estaca en el suelo (figura 13).



Figura 13 Apuntalamiento con hilos plásticos

Conforme el proceso de maduración del racimo, las brácteas de la flor se caen, cuando estas han caído se procede al embolsado del racimo, para ello los agricultores proceden a colocar tres cubiertas sobre el racimo, una de agribón, cuya función es proteger al racimo de insectos plaga y absorber el látex emitido por la planta. La segunda cubierta es de plástico y su función consiste en proteger del polvo y otros agentes que pudieran causar fricción y por consiguiente heridas en los frutos. Además de conservar el microclima apropiado para el desarrollo del racimo. Por último, se coloca el llamado sombril que como su nombre lo indica, se coloca para proteger al racimo de los rayos directos del sol (figura 14).



Figura 14 Embolsado de fruta en campo

Para indicar al personal de campo la cosecha de los racimos, se utilizan como criterio el calibre de los bananos y la edad en días de los racimos.

La edad de cosecha del banano varía de 70 – 90 días, después de la emisión floral. Debido a que el banano producido en Guatemala es principalmente para exportación, es necesario tener un control estricto de la edad de los racimos, ya que los clientes más lejanos como Europa, exigen frutos más jóvenes, entre 70-84 días de edad. Con el fin de manejar la edad del racimo se les colocan cintas de colores, lo cual ayuda a programar la cosecha e identificar de forma rápida la edad.

Otro factor importante al momento de la cosecha es tener conocimiento del calibre o grado de los frutos, el calibre utilizado para la clasificación y comercialización del banano va de 40 a 49, un calibre de 50 es considerado como sobregrado y no clasifica para la comercialización, el sobregrado generalmente se alcanza en las primeras manos, por lo que es necesario monitorear los racimos (figura 15).

Los racimos cosechados son colocados en los cablevías y se les acomodan planchas de foamy para evitar el rose de la fruta durante el transporte hasta planta empacadora.



Figura 15 a) Calibrador de bananos; b) Racimos transportados de campo a planta empacadora.

6.1.7 Comercialización

El mercado de los productores de banano se encuentra enfocado a la exportación, ya que el 92 % de su producción cumple con los requisitos impuestos por el mercado internacional. Para mantener las exportaciones de banano las empresas se ajustan a requisitos como certificaciones y por consiguiente a la homogenización de procesos agrícolas e industriales.

En el momento en que los racimos ingresan a la planta empacadora, cada racimo es pesado con báscula, se les retira el foami, y una persona encardada de verificar la calidad de los racimos retira un fruto de la segunda mano y lo corta por la mitad. Lo primero que se observa es la emisión de látex y lo segundo es que la pulpa (sección central del fruto) no toque las orillas de la cáscara de banano, ya que de lo contrario sería un indicador de maduración y se considera rechazo (figura 16). Según datos compartidos, el 8 % de la producción que ingresa del campo es calificada como rechazo. El rechazo no es empacado con el resto de la producción si no que se acomoda en camiones y se comercializa en el mercado local de Guatemala (figura 16).

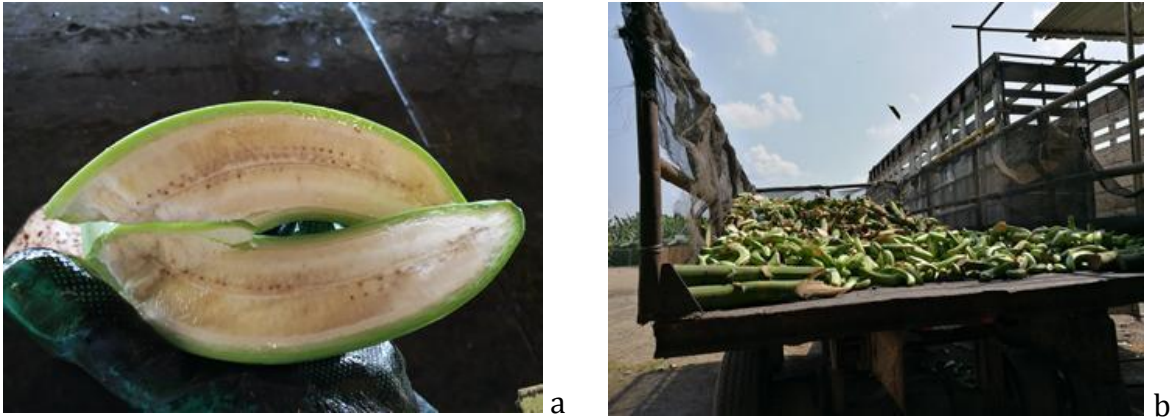


Figura 16 a) Revisión de calidad de banano recién llegado de campo; b) Camión de descarte o rechazo.

La fruta apta para la exportación es empacada en cajas de cartón y embalada en contenedores que serán embarcados a su lugar de destino (figura 17).



Figura 17 Contenedores de transporte para fruta empacada

De acuerdo con la Asociación Gremial de Exportadores (AGEXPORT, 2017), a febrero 2017, el sector bananero exportó US\$107.8 millones de la exportación de productos

tradicionales. La exportación de productos tradicionales, que incluye al sector bananero, representa el 27.5 % de las exportaciones totales del país. Las exportaciones a febrero 2017 (marzo 2016 – febrero 2017) aumentaron 23 % en relación con el dato a febrero 2016.

El valor FOB de las exportaciones de banano presentado por el Banco de Guatemala durante los últimos 10 años muestra que las exportaciones de banano han incrementado 135 % del año 2007 al año 2016 (figura 18). El incremento en la exportación de banano en los últimos diez años es importante y de acuerdo al Banco de Guatemala, es el tercer cultivo con mayor aportación al PIB en Guatemala.

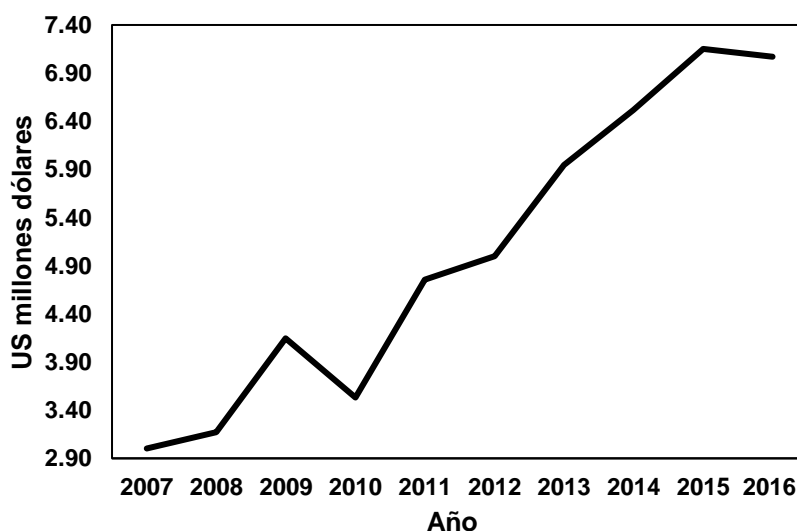


Figura 18 . Incremento del valor FOB de las exportaciones de banano en Guatemala, de 2007 al 2016. Fuente: Banco de Guatemala (2017).

La producción de banano es una actividad en constante crecimiento en Guatemala, tanto por el aumento del área productiva considerada en 2.7 % anual, como por la tecnificación del proceso productivo. Esto ha permitido optimizar las prácticas agronómicas e incrementar la producción por unidad de área lo que genera a su vez el incremento en las exportaciones que de acuerdo con AGEXPORT (2016) es de 6.2 % interanual.

6.2 Sigatoka Negra en ensayos de banano en la costa sur de Guatemala y su cuantificación

Se realizaron ensayos de finca en el segundo semestre de los años 2014, 2015 y 2016. Las lecturas de enfermedad se iniciaron cuando las plantas alcanzaron 7 hojas verdaderas. La intensidad de la Sigatoka Negra en plantas de banano se determinó con la ayuda de la escala diagramática de severidad de Stover (figura 39A) y luego se determinó el índice de infección (IND) en cada tiempo o lectura y se utilizó para construir las curvas de progreso de la enfermedad que se presentan en las figuras 19-22. Los resultados para cada año son discutidos a continuación.

6.2.1 Cuantificación de Sigatoka en el año 2014

En los ensayos de finca evaluados durante el año 2014, se evaluó la eficacia del fungicida mancozeb en el control de *M. fijiensis*. De acuerdo con la evolución del combate químico de la Sigatoka elaborado por Stover (1989) modificado y ampliado por Guzmán, M et al., (2013), el mancozeb aparece en el mercado en el año 1994 y su uso continúa hasta la fecha. Se considera como protectante de acción multisitio, es común para el manejo de la Sigatoka Negra en Guatemala, por lo que se comparó en aplicaciones individuales y en combinación con fungicidas sistémicos y de contacto.

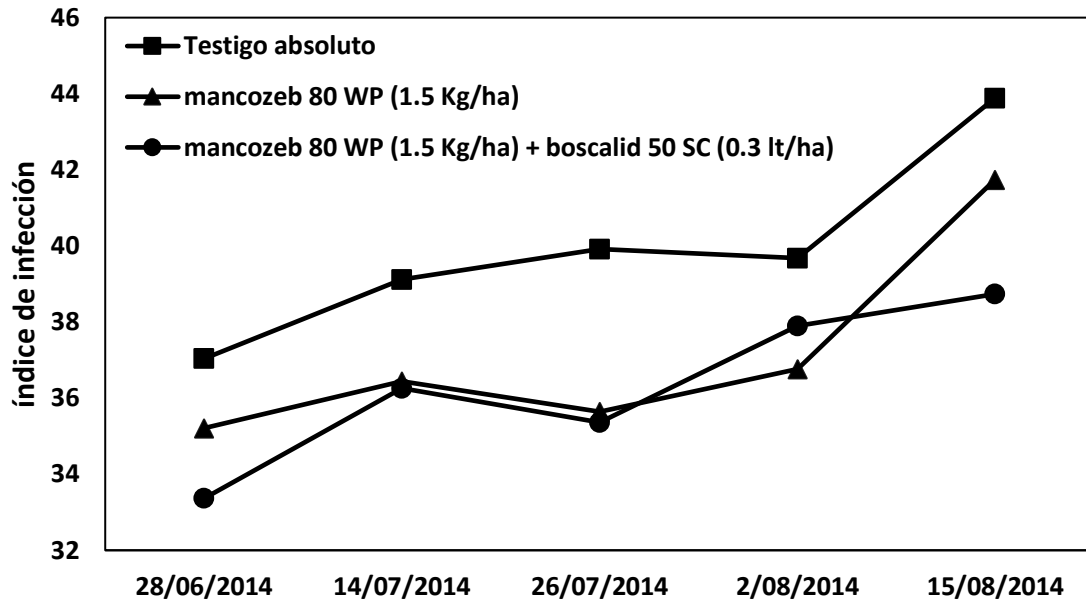
El primer ensayo de finca en el 2014 se desarrolló del 28/06/2014 al 15/08/2014, periodo en el cual se evaluaron 3 tratamientos, el testigo absoluto, mancozeb 80 WP (1.5 kg/ha) y mancozeb 80 WP + boscalid 50 SC, aplicación semanal. Según la estación meteorológica Irlanda (ICC, 2017) durante la evaluación en promedio la temperatura fue de 27.33 °C, la humedad relativa de 87.8 %, velocidad del viento de 4.88 Km/h y precipitación acumulada de 294 mm.

El ingrediente boscalid tiene acción sistémica e inhibe el proceso enzimático del succinato deshidrogenasa. Las curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento se presentan en la figura 19a. En el tratamiento testigo, hubo mayor índice de infección. En la

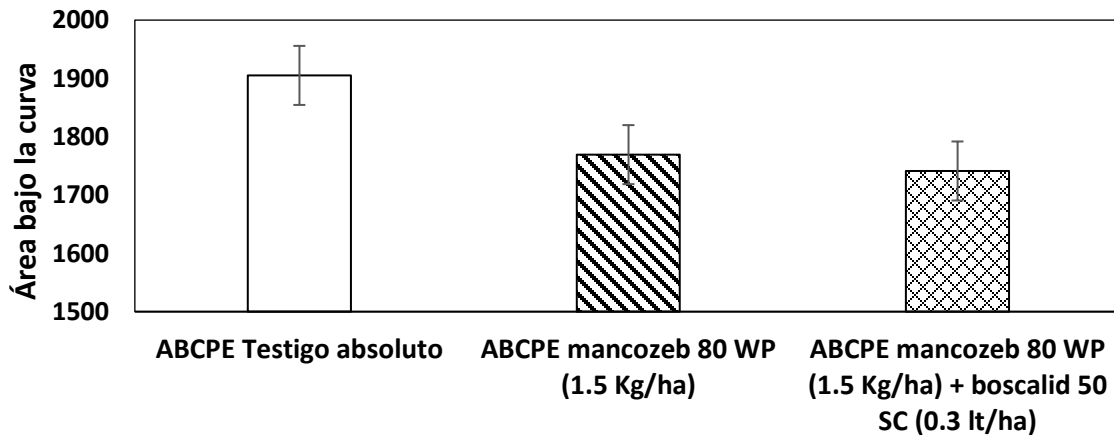
combinación de los fungicidas boscalid + mancozeb se determinó la mejor eficacia para el control de la Sigatoka Negra. En la última lectura realizada, los valores de IND fueron: 38.7, 41.7 y 43.9, correspondiente a los tratamientos de mancozeb + boscalid, mancozeb (1.5 kg/ha) y testigo absoluto, en su orden. Por lo tanto, la mezcla de fungicidas mejora el control del hongo que ocasiona la Sigatoka Negra y es acorde a lo indicado por Siquiera (2007).

En relación con la tasa de crecimiento de la enfermedad calculada con datos de enfermedad inicial y final en el experimento, los valores determinados fueron de 0.14, 0.13 y 0.11, correspondientes al testigo absoluto, mancozeb y mancozeb + boscalid, en su orden. Esto indica que hubo mayor porcentaje de tejido dañado durante el tiempo por el hongo en el tratamiento testigo absoluto. Por lo tanto, la aplicación de tratamientos para el manejo de la Sigatoka Negra es necesaria. Durante este ensayo, la mayor tasa de crecimiento se observó en el mes de agosto.

En el periodo de junio a agosto de 2014 y bajo las condiciones en las que se desarrolló el ensayo, con los valores del índice de enfermedad, se determinaron valores de área bajo la curva de enfermedad (ABCPE) de 1905, 1769 y 1741 correspondientes a los tratamientos de testigo absoluto, mancozeb y mancozeb + boscalid, en su orden. Al realizar una relación entre el mayor y menor valor de ABCPE, indica que hubo incremento de 9 % en relación con la mezcla boscalid + mancozeb, figura 19b. La cantidad de enfermedad es un parámetro útil para comparar efectos de tratamientos evaluados en ensayos de eficacia.



a



b

Figura 19 a) Curva de progreso de Sigatoka Negra en la evaluación de mancozeb individual y en mezcla con boscalid, junio-agosto 2014; b) área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en el ensayo de junio-agosto 2014.

El segundo ensayo de finca del 2014 se desarrolló durante octubre. Se evaluó el efecto de aplicaciones semanales de mancozeb 80 WP en dosis de 2 kg/ha y la mezcla de mancozeb 80 WP (1.5 kg/ha) + clorotalonil 720 SC (0.5 l/ha), en aplicaciones semanales. Al igual que para el primer ensayo se consultó la base de datos del ICC para conocer las condiciones climáticas bajo las que se desarrolló el ensayo, en promedio la temperatura fue de 26.17

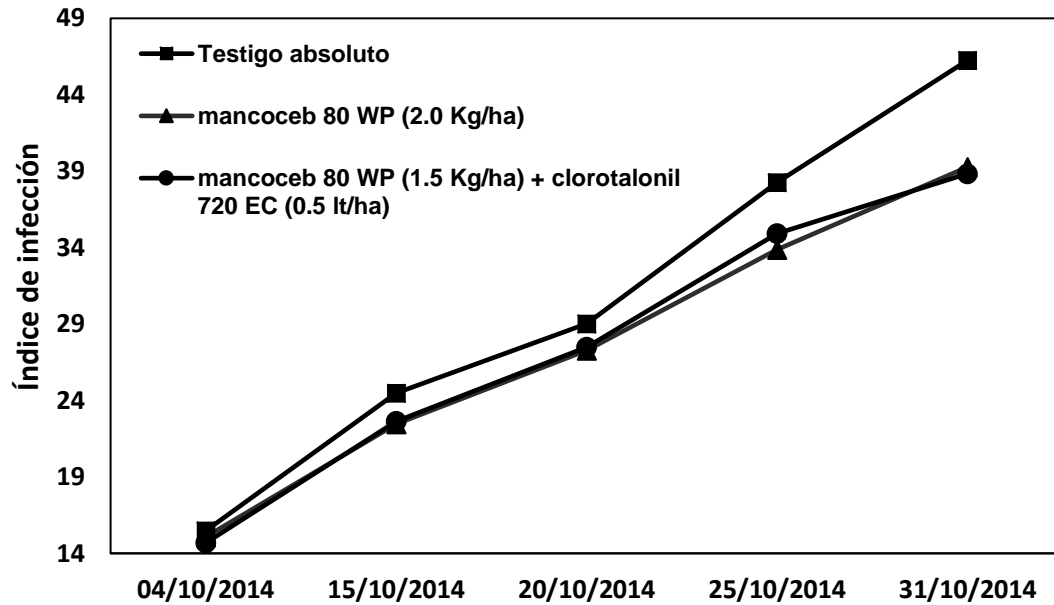
°C, la humedad relativa fue de 90.35 %, velocidad del viento de 4.66 Km/h y 355 mm de precipitación acumulada.

Los fungicidas evaluados tienen acción preventiva y de contacto, también de uso en el cultivo de banano en Guatemala. En el comportamiento de las curvas de progreso de la enfermedad se observa que en el tratamiento testigo hubo mayor IND ya que alcanzó 46.25, en comparación a 38.84, que fue el valor promedio al que llegaron los tratamientos mancozeb 2 kg/ha y mancozeb 1.5 kg/ha + clorotalonil 0.5 l/ha, figura 20a.

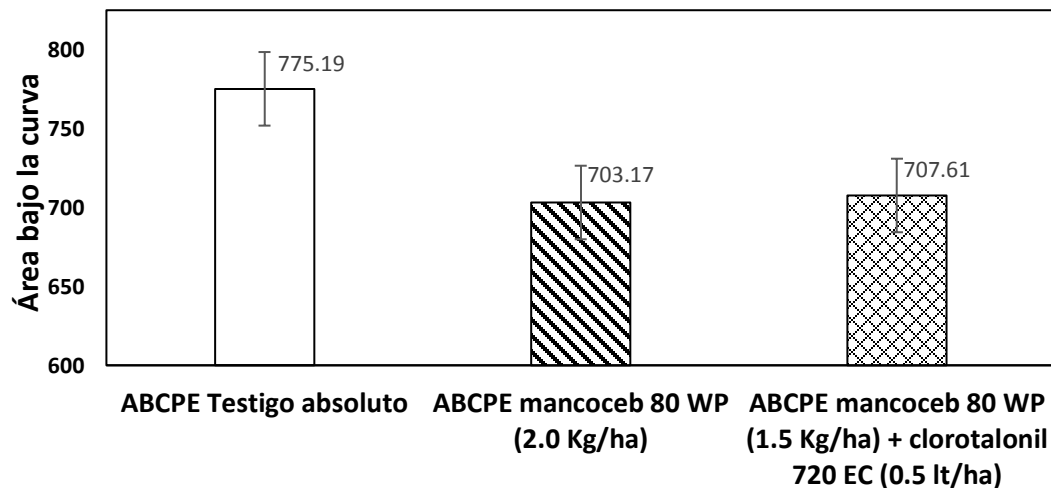
La tasa de crecimiento de la enfermedad también fue mayor en el tratamiento testigo. En base a datos de enfermedad inicial y final se calculó 1.14, 0.90 y 0.89, para el tratamiento testigo, mancozeb 2 kg/ha y mancozeb 1.5 kg/ha + clorotalonil 0.5 l/ha, respectivamente.

Respecto al IND, las condiciones en las que se desarrolló el segundo ensayo de finca fueron más favorables para el desarrollo de la enfermedad. La precipitación acumulada y humedad relativa favorecieron el incremento de la enfermedad durante octubre, tal como se demuestra en la figura 39 del punto 9.3, del presente documento.

El comportamiento del área bajo la curva de los tratamientos también muestra que para el tratamiento testigo la enfermedad fue más severa y que la aplicación de fungicidas químicos para el control de la Sigatoka Negra, reduce la enfermedad, ya que el tratamiento testigo representa 9 % más cantidad de enfermedad que el tratamiento con aplicación de mancozeb, figura 20b.



a



b

Figura 20 a) Curva de progreso de Sigatoka Negra en la evaluación de mancozeb individual y en mezcla con clorotalonil, octubre 2014; b) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), en ensayo de octubre 2014.

El comportamiento de las curvas de progreso de la enfermedad en junio-agosto (2014) muestra que el control obtenido mediante la mezcla de productos protectantes y sistémicos, mancozeb + boscalid, fue mejor y obtuvo menor cantidad de la enfermedad respecto a la obtenida mediante la aplicación del producto protectante mancozeb.

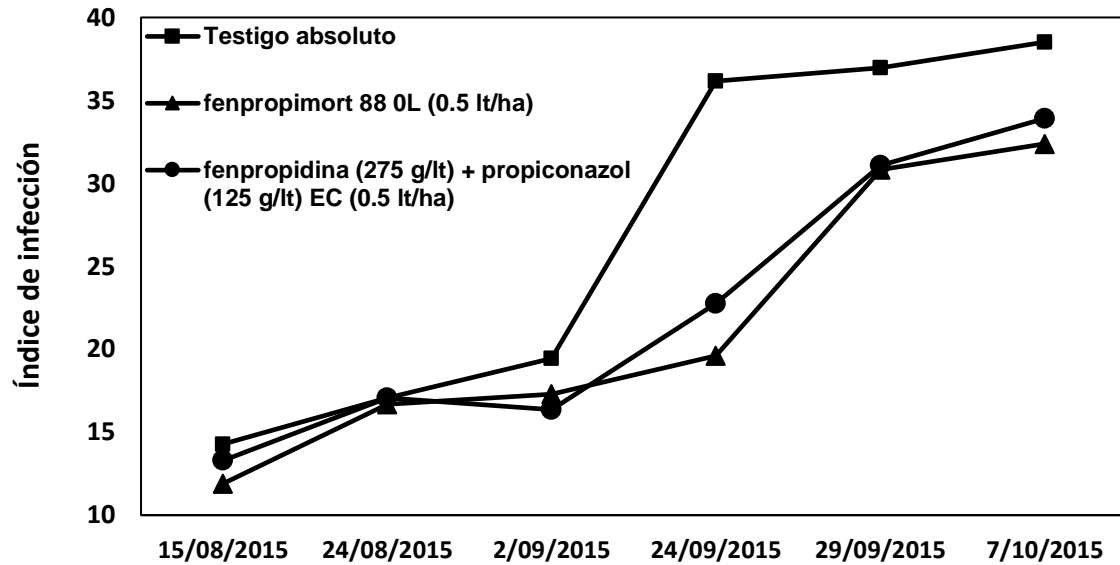
En octubre de 2014, los tratamientos mancozeb + clorotalonil y mancozeb individual, obtuvieron curvas y áreas muy similares, por lo que para las condiciones en las que se desarrolló el ensayo se observó que mediante la mezcla de los productos protectantes (mancozeb + clorotalonil) los resultados son similares en comparación con la aplicación de mancozeb individual, resultado posiblemente debido a la acción multisitio de ambos productos.

6.2.2 Cuantificación de Sigatoka en el año 2015

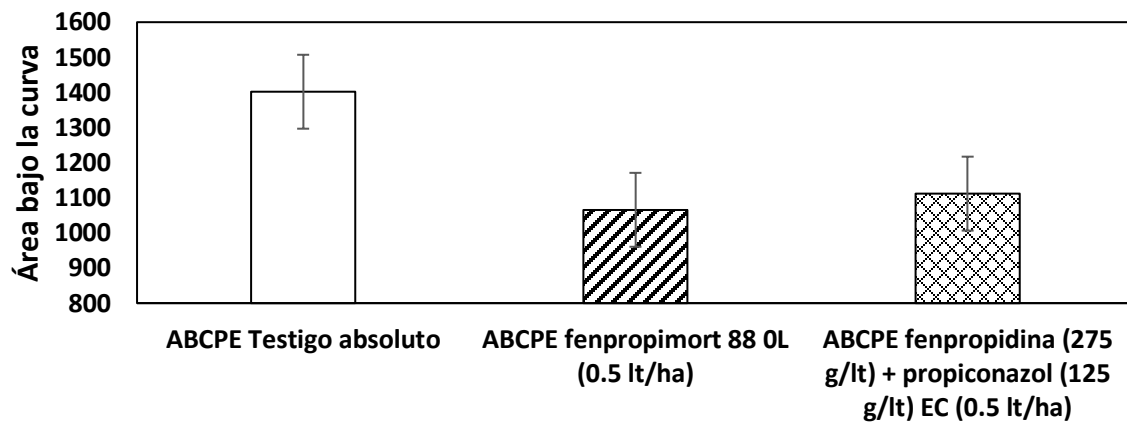
Durante el año 2015 se evaluaron fungicidas sistémicos en el control de la Sigatoka Negra. Para ello se contemplaron 3 tratamientos, testigo absoluto, fenpropimorf 88 OL, 0.5 l/ha y una presentación en mezcla de fenpropidina (275 g/l) + propiconazol (125 g/l) EC, 0.5 l/ha. Las aplicaciones fueron realizadas una vez por semana. El fenpropimorf es un fungicida de acción preventiva y curativa que inhibe la síntesis de ergosterol. La primera lectura se realizó el 15/08/2015 y se finalizó el 7/10/2015. Las condiciones climáticas bajo las que se desarrolló el ensayo fueron las que se describen a continuación: 27.51 °C de temperatura promedio, 90.57 % de humedad relativa promedio, velocidad del viento promedio de 3.34 km/h y precipitación acumulada de 596.2 mm (ICC, 2017).

De acuerdo con los resultados obtenidos, en el tratamiento testigo se observó mayor intensidad de enfermedad. Así, el IND fue de 38.51, mientras que para el fenpropimorf 33.91 y la mezcla 32.38, (figura 21a). El mayor incremento de la enfermedad se observó en el período 02/09/2015 al 24/09/2015, figura 21b.

Para el ensayo de agosto-octubre 2015, la aplicación de productos fungicidas para el control de la Sigatoka Negra redujo 31.54 % el área bajo la curva de progreso de la enfermedad. El ABCPE, para cada tratamiento muestra en la figura 21b que para esta evaluación el tratamiento con menor área corresponde a fenpropimorf (0.5 l/ha).



a



b

Figura 21 a) Curva de progreso de Sigatoka Negra en la evaluación de fenpropimort y fenpropidina + propiconazol, agosto-octubre 2015; b) área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), agosto-octubre 2015.

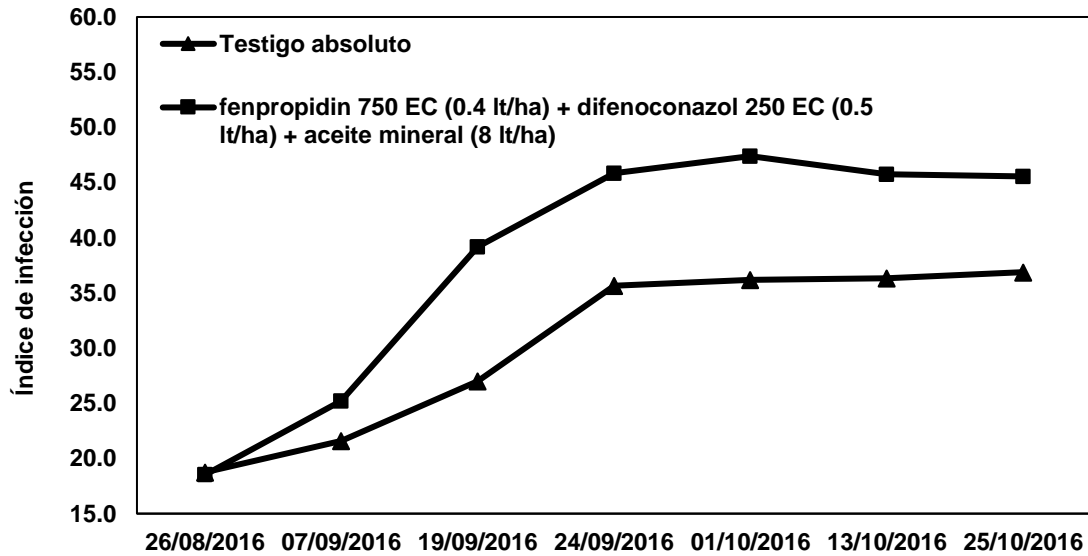
6.2.3 Cuantificación de Sigatoka en el año 2016

El ensayo de finca para el año 2016, se desarrolló en los meses de agosto a octubre. En dicho ensayo se evaluó el efecto de un programa de manejo basado en la rotación de aplicación de fungicidas de contacto (mancozeb 2 kg/ha) y sistémicos. Según información obtenida del ICC (2017) para la época en que se desarrolló el ensayo, la estación meteorológica Irlanda registró en promedio temperatura de 27.3 °C, velocidad del viento de 3.99 km/h, humedad relativa de 90.79 % y 304.4 mm acumulados de precipitación.

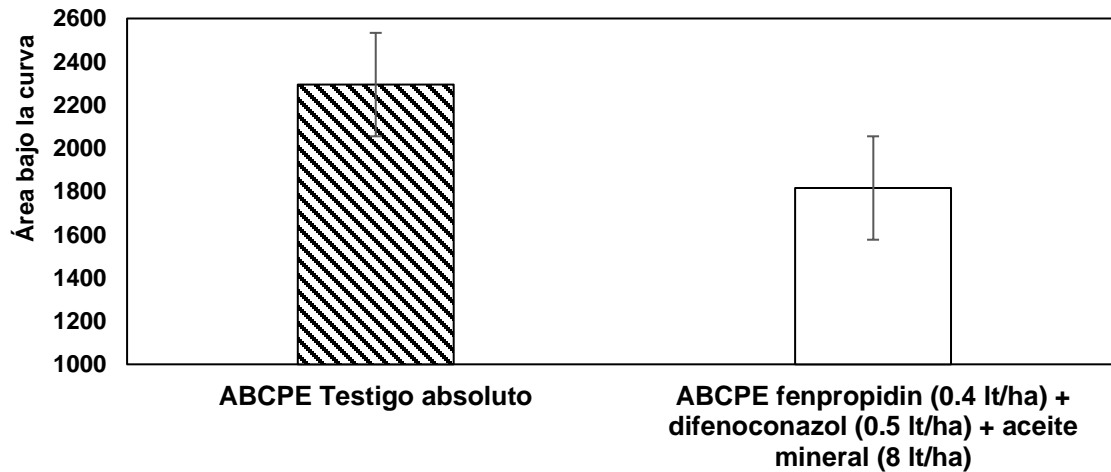
En el programa de fungicidas se realizaron aplicaciones de fenpropidin 750 EC (0.4 l/ha) y difenoconazol 250 EC (0.5 l/ha), en emulsión con 8 litros de aceite mineral por hectárea. Fenpropidin y difeconazol son fungicidas sistémicos que inhiben la síntesis de esterol.

En la primera evaluación de enfermedad, el valor de IND fue de 18.5, en ambos tratamientos. Luego de la primera aplicación de los fungicidas sistémicos, se observó el efecto del tratamiento, respecto al testigo absoluto. En la última cuantificación de Sigatoka Negra realizada el 25/10/2016 el IND fue de 45.6 para el testigo absoluto y 36.9 para el programa de manejo con fungicidas.

La mayor tasa de incremento de la enfermedad se determinó en el mes de septiembre y la aplicación de fungicidas redujo la severidad de la Sigatoka Negra, reflejado en la reducción del 26.35 % en el área de progreso de la enfermedad. El comportamiento de la enfermedad durante el año 2016 se muestra en la figura 22.



a



b

Figura 22 a) Curva de progreso de sigatoka Negra en la evaluación de fenpropidin + difenoconazol + aceite mineral, agosto-octubre 2016; b) área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), agosto-octubre 2016.

La aplicación de fungicidas, independientemente la acción sistémica o protectante, reduce la severidad de la Sigatoka Negra, tal como se ha discutido en los resultados de los ensayos que se presentaron anteriormente.

De acuerdo con la información de los ensayos, con aplicaciones semanales de mancozeb, fungicida de contacto, bajo las condiciones de la aldea Bolivia, Suchitepéquez, Guatemala, se redujo 9 % la enfermedad. El uso de programas de manejo consistente en la alternancia

de fungicidas de contacto y sistémicos, es lo que generalmente se realiza en la producción comercial de banano en dicha región y es eficaz en el control de la enfermedad. De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de los años 2015 y 2016, en la evaluación del programa de manejo indicado, se determinó reducción de 26.35 % la enfermedad y con las aplicaciones semanales de fungicidas sistémicos fue de 31.54 %. Sin embargo, fueron condiciones ambientales diferentes.

Las aplicaciones frecuentes de fungicidas sistémicos no se recomiendan porque implican mayor costo y están asociados al problema de resistencia, lo que sacaría al ingrediente activo del mercado en menor tiempo y otros problemas.

Por lo tanto, las aplicaciones de fungicidas preventivos y protectantes son justificadas para la reducción de la severidad de la Sigatoka Negra. Aunado a ello en los programas de manejo utilizados por las empresas se deberían de evaluar la eficacia de los diferentes programas de manejo. Por parte de las empresas que generan los fungicidas es necesario disponibilizar nuevos ingredientes activos en el mercado, lo que permitiría la modificación oportuna de estos.

Las curvas de progreso de la Sigatoka Negra en el análisis temporal de los ensayos 2014-2016 se explican con el modelo exponencial (R^2 0.86 – 0.97 y cuadrado medio del error de 0.0001).

6.2.4 Efecto de la aplicación de fungicidas en el número y sanidad de hojas de banano

De acuerdo con los ensayos de campo, se observó que en las plantas de banano sometidas a aplicaciones de fungicidas para el control de Sigatoka Negra, hubo mayor sanidad del área foliar. Conforme los datos de severidad de Sigatoka Negra, basados en la escala de Fouré (1991) utilizada en la cuantificación de enfermedad, se determinó que dónde se aplicó

fungicidas hubo por lo menos una hoja adicional sana, en comparación al tratamiento testigo.

a. Hoja más joven enferma

Después de 54 días de la siembra, se inició con la medición de la hoja más joven enferma en el ensayo de fungicidas de contacto mancozeb 60 SC (1.75 l/ha) y mancozeb 60 SC (1.75 l/ha) + boscalid 50 SC (0.3 l/ha), realizado en junio-agosto 2014. En el momento de inicio la hoja más joven enferma (HJE) se localizó en la hoja tres, para todos los tratamientos.

Al final del ensayo, la HJE promedio en el tratamiento testigo se observó en la hoja 2.42. Mientras que en los tratamientos con aplicaciones de fungicidas de contacto aplicados a cada 7 días se mantuvo en la hoja 3.17 y 3.0, figura 23a.

Al finalizar el ensayo también se cuantificó la severidad de la Sigatoka Negra con base a la escala de Feuré. El tratamiento testigo presentó severidad grado 6, en la hoja 10. Las plantas con aplicaciones de mancozeb individual presentaron grado 5 y 6 en la misma hoja y el tratamiento con aplicaciones de mancozeb y boscalid presentaron severidad grado 3 y 5 con dos hojas adicionales respecto a los otros tratamientos. Las curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento se presentan en la figura 19a.

En otro ensayo de evaluación de fungicidas de contacto con tratamientos aplicados de manera individual y en mezcla, con inicio a los 62 días después de la siembra se observó la HJE en la hoja 4.16, en promedio para todos los tratamientos, lo que indica mayor sanidad en comparación al ensayo anterior. Al final del ensayo, luego de cinco aplicaciones, la HJE se observó en 4.17 en la mezcla de mancozeb 80 WP (1.5 kg/ha) + clorotalonil 720 SC (0.5 l/ha), 4.33 para la aplicación de mancozeb 80 WP (2 kg/ha) y 4 para el testigo absoluto. En este caso, se logró conservar mayor área foliar sana, figura 23b. Las curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento se presentan en la figura 20a. La severidad de la Sigatoka Negra en la hoja 12 se cuantificó en 6 para el tratamiento testigo, entre 5 y 6 para

las aplicaciones de mancozeb individual y en mezcla, en ambos casos se obtuvo una hoja adicional con respecto al tratamiento testigo absoluto.

En un tercer ensayo dónde se evaluaron fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka Negra, realizado durante agosto-octubre 2015, en la cuantificación de la enfermedad realizada a los 60 días después de la siembra y para todos los tratamientos la HJE se observó en la hoja 3. Al finalizar el ensayo, 48 días después y luego de 7 aplicaciones de los fungicidas de manera consecutiva, a cada 8 días se cuantificó HJE promedio de 4.5, 4.42 y 3, para la mezcla fenpropidina + propiconazol EC, fenpropimort 88 OL y testigo absoluto, respectivamente. Para esta evaluación se concluye que el tratamiento consistente en la mezcla de fenpropidina + propiconazol EC (0.5 l/ha) y fenpropimort 88 OL (0.5 l/ha) permitieron mejor sanidad de las hojas de banano con diferencia de 1.5 con respecto al testigo absoluto, figura 23c. Las curvas de progreso de la enfermedad para cada tratamiento se presentan en la figura 21a. Para este ensayo se inició con 7 hojas con severidad máxima de 2 (escala de Feuré). Al final del ensayo se cuantificó Sigatoka Negra grado 6, en la hoja 13 en el tratamiento testigo absoluto. Con la aplicación de fungicidas sistémicos el grado de severidad fue 2 y 3 en la hoja 13 y en las hojas 14 y 15 severidad 5 y 6.

En conclusión, los tratamientos en mezcla de fungicidas de contacto permiten mayor control de la Sigatoka Negra. Sin embargo, en la práctica no pueden ser utilizados de forma consecutiva por costo y el problema de la resistencia, por ello se recomiendan programas de aplicación basados en la rotación de fungicidas sistémicos y de contacto en época lluviosa y generalmente de contacto en época seca.

En relación con la sanidad de las hojas de banano Hidalgo, M; Tapia, A y Rodríguez, W 2016, mencionan que en banano ocurre emisión de una hoja por semana y que el 80 % de la fotosíntesis tiene lugar entre la hoja 2 y la 6, entre los 20 – 40 días después de ser emitida una hoja nueva obtiene la máxima tasa de transpiración y fotosíntesis. Por ello debe conservarse la sanidad de las hojas en por lo menos 10 hojas y evitar el avance de la enfermedad bajo un manejo integrado de la misma.

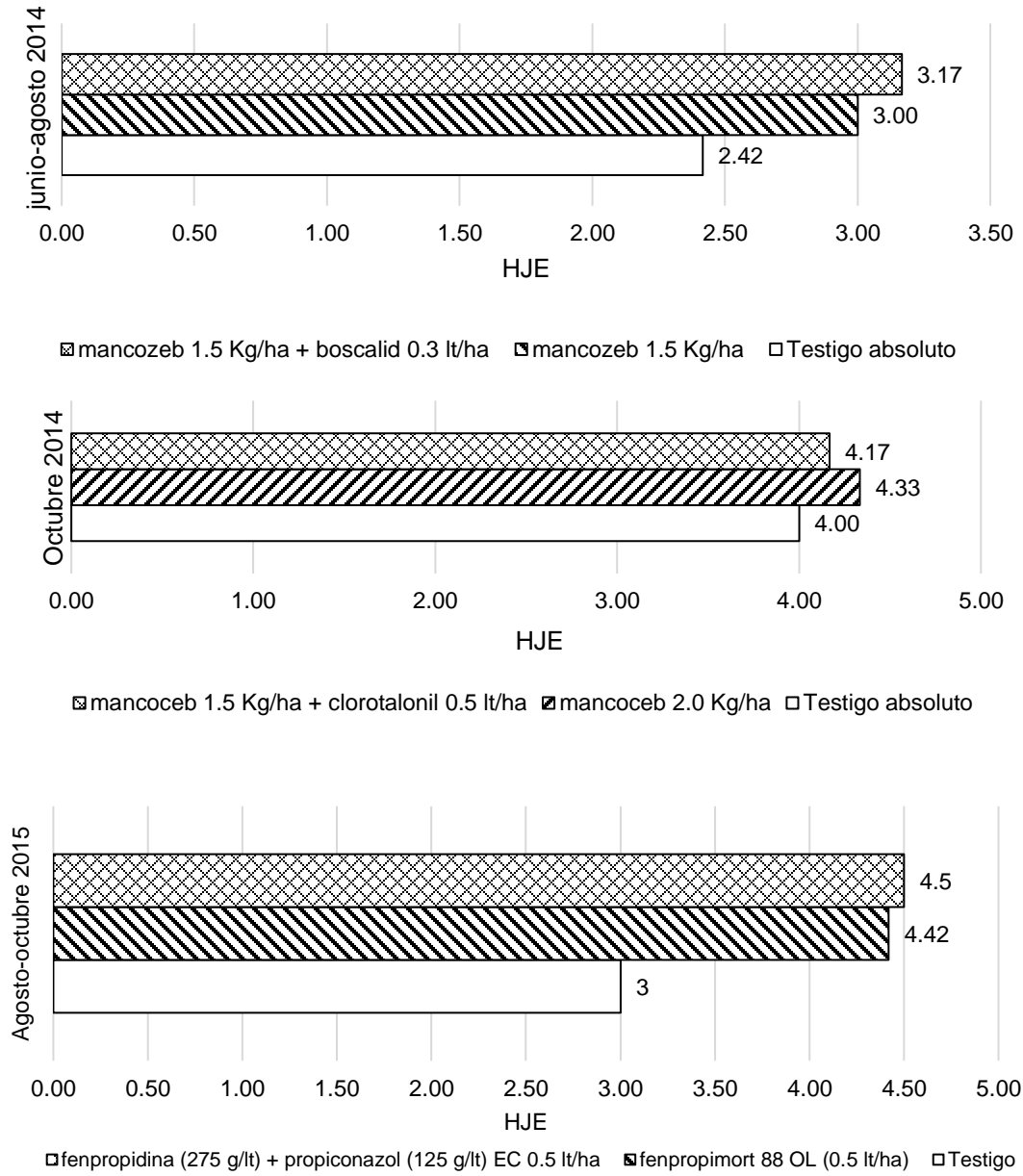


Figura 23 . Comparación de la hoja más joven enferma promedio en la última medición de los tratamientos sometidos a ensayo (2014-2015).

b. Número de hojas

Las plantas de banano se establecieron en campo con altura promedio de 21.43 cm y 7 hojas no verdaderas. Después de la siembra, existe un periodo de adaptación de las plantas, en ocasiones sufren estrés, mismo que se presenta aún con suficiente humedad y el crecimiento es lento. A los 30 días de establecidas, solo se observan hojas no verdaderas en las plantas, que en algunas ocasiones son atacadas por hongos como *C. musae* y *M. fijiensis*, figura 10. Después de la cuarta semana de trasplante, aparecieron las hojas verdaderas y su formación fue de una hoja por semana. A los 60 días después de la siembra, durante el inicio de las cuantificaciones de Sigatoka Negra en los ensayos, las plantas de banano presentaron siete hojas verdaderas, con altura promedio de 97 cm medidos a partir de la inserción de la hoja uno. Una planta de banano bajo las condiciones del estudio emite entre 25 y 35 hojas. Para las condiciones de los ensayos en la costa Sur de Guatemala se cuantificaron entre 10 y 14 hojas durante la última medición realizada, previa a la emisión del primordio floral. Dato que concuerda con la información de plantaciones comerciales en donde se reporta que en periodo de floración alcanzan alrededor de 15 hojas. Para la obtención de fruta de buena calidad y calibre comercial con valor para la exportación, se requiere de por lo menos 10 hojas verdaderas sanas (Hidalgo, M; Tapia, A y Rodríguez, W 2016).

El número de hojas que se presentan en la figura 24 corresponde al número de hojas cuantificadas en la última medición realizada en los ensayos, a partir de los 60 días de establecidos. Para el ensayo realizado en el periodo de agosto-octubre del año 2014, en donde se evaluaron fungicidas de contacto se obtuvo que el número promedio de hojas para el tratamiento testigo absoluto y el tratamiento con aplicaciones de mancozeb 60 SC (1.75 l/ha) fue de 9.35 y 9.25 hojas, respectivamente. El tratamiento con aplicaciones de mancozeb 60 SC (1.75 l/ha) y boscalid presentó 10.63 hojas, lo cual representa 1.27 hojas de diferencia con respecto al testigo absoluto, figura 24a.

En un segundo ensayo realizado durante octubre de 2014, en donde se evaluó la eficacia de fungicidas sistémicos y de contacto, el número de hojas que presentaron los tratamientos de los ensayos fue de 12.42 en el testigo absoluto, 12.67 en el tratamiento con aplicaciones

de mancozeb 80 WP (2 kg/ha) y 12.65 en el tratamiento con aplicaciones de mancozeb 80 WP (1.5 kg/ha) + clorotalonil 720 SC (0.5l/ha). En los tratamientos con aplicación de fungicidas se obtuvo una diferencia de 0.4 hojas, en comparación con el testigo absoluto, pero la sanidad de las hojas fue mayor en los tratamientos con fungicidas, figura 20a y 24b.

El tercer ensayo desarrollado en periodo de agosto-octubre 2015, en el cual se evaluaron aplicaciones de fungicidas sistémicos, el número de hojas que se cuantificó durante la última medición corresponde a 12.15 para el testigo absoluto, 14.15 en el tratamiento con aplicación de fenpropimorph (0.5 l/ha) y 14.25 para la mezcla de fenpropidina (0.5 l/ha) y propiconazol (0.5l/ha), la diferencia obtenida entre la aplicación de la mezcla de productos sistémicos en relación al testigo absoluto corresponde a 2 hojas, figura 24c.

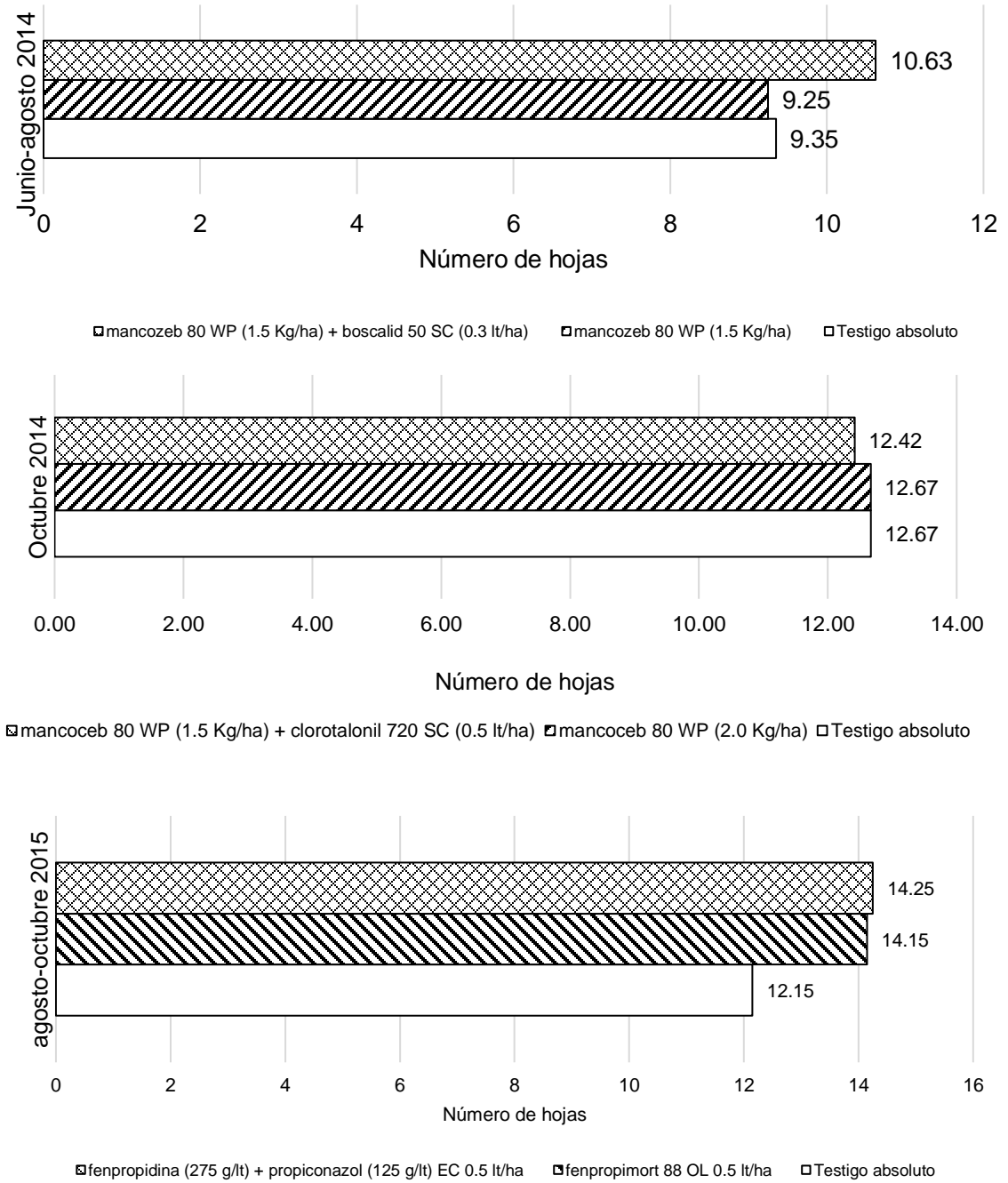


Figura 24 Comparación de promedio de número de hojas totales en la última lectura de severidad de los tratamientos sometidos a ensayo (2014-2016).

6.2.5 Sigatoka Negra y su relación con el crecimiento vegetativo

La Sigatoka Negra es la principal enfermedad en el cultivo de banano y afecta el área foliar de las mismas. Como consecuencia de la reducción del área efectiva para la realización de la fotosíntesis se espera que las plantas que presentan un índice de severidad mayor, como es el caso de las plantas testigo absoluto presenten dificultad para la producción de fotoasimilados y a su vez, reduzcan el desarrollo en altura y diámetro del pseudotallo de las plantas.

Durante el tiempo que fueron conducidos los ensayos en el campo, en junio-agosto y octubre 2014, además de la severidad de la Sigatoka Negra, se realizó medición al crecimiento en altura y diámetro. Respecto al crecimiento en altura del pseudotallo, para el periodo de junio-agosto 2014, correspondiente al tratamiento mancozeb (1.5 kg/ha) + boscalid (0.3 l/ha) fue de 130.57 cm, en comparación con 125.67 cm y 121.33 cm de los tratamientos mancozeb (1.75 kg/ha) y testigo absoluto, respectivamente. La diferencia en altura entre el tratamiento con mayor desarrollo y el testigo absoluto es de 9.24 cm, 7.69 % con respecto al testigo absoluto (figura 25a). En general, las plantas del testigo absoluto presentaron menor desarrollo que las plantas sometidas a control químico.

En el ensayo desarrollado en el periodo de octubre de 2014, el crecimiento observado en los tratamientos testigo absoluto fue 188.75 y para los tratamientos con aplicación de fungicidas fue 203.08 cm y 190.58 cm, figura 25b. La diferencia determinada entre los tratamientos testigo absoluto y la mezcla de fungicidas fue de 14.33 cm.

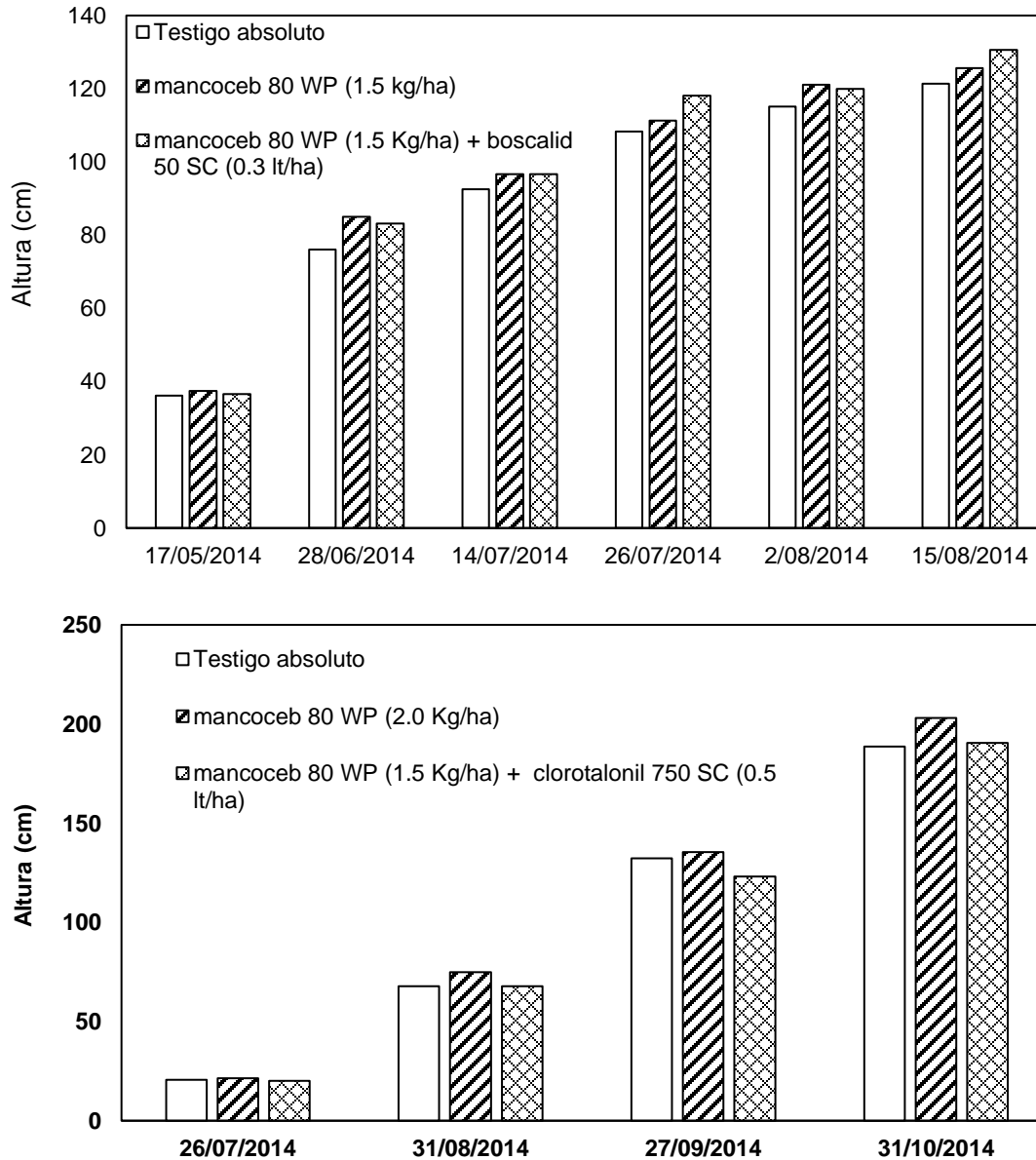


Figura 25 Altura promedio del pseudotallo en los tratamientos de los ensayos de finca desarrollados en el año 2014.

De acuerdo con la información obtenida durante el año 2014, la aplicación de fungicidas para el control de la Sigatoka Negra puede incrementar hasta 7.69 % el crecimiento en altura de las plantas de banano, ya que conforme las figuras 19 y 20 del capítulo 9.2.1, los tratamientos que presentaron menor IND y menor ABCPE, es decir, los tratamientos con

mejor control de la Sigatoka Negra son los que presentaron mayor crecimiento en altura del pseudotallo.

El crecimiento en el diámetro del pseudotallo de plantas se midió de manera simultánea respecto al crecimiento en altura. En el ensayo de junio-agosto 2014, a los 90 días después de la siembra, el diámetro promedio de pseudotallo para las plantas del tratamiento mancozeb 1.5 kg/ha + boscalid 0.3 l/ha fue 13.92 cm. En dónde se aplicó mancozeb fue 12.67 cm y 12.25 cm en el testigo absoluto, figura 26a. La diferencia porcentual del tratamiento de mancozeb + boscalid y el testigo absoluto fue de 13.63 %.

Para el ensayo de finca de octubre 2014 el diámetro de pseudotallo de las plantas fue 19.67 cm en el tratamiento con mancozeb (2 kg/ha) y 19.08 cm en el tratamiento con aplicación de mancozeb (1.5 kg/ha) + clorotalonil (0.5 l/ha) y testigo absoluto. La diferencia entre el tratamiento con mayor y menor desarrollo correspondiente a 3.09 %, figura 26b.

De igual forma que en el crecimiento en altura, el diámetro del pseudotallo fue mayor en los tratamientos con mejor control de la Sigatoka Negra. En campo puede observarse variación en la medición del diámetro del pseudotallo derivada de la poda o senectud de las hojas.

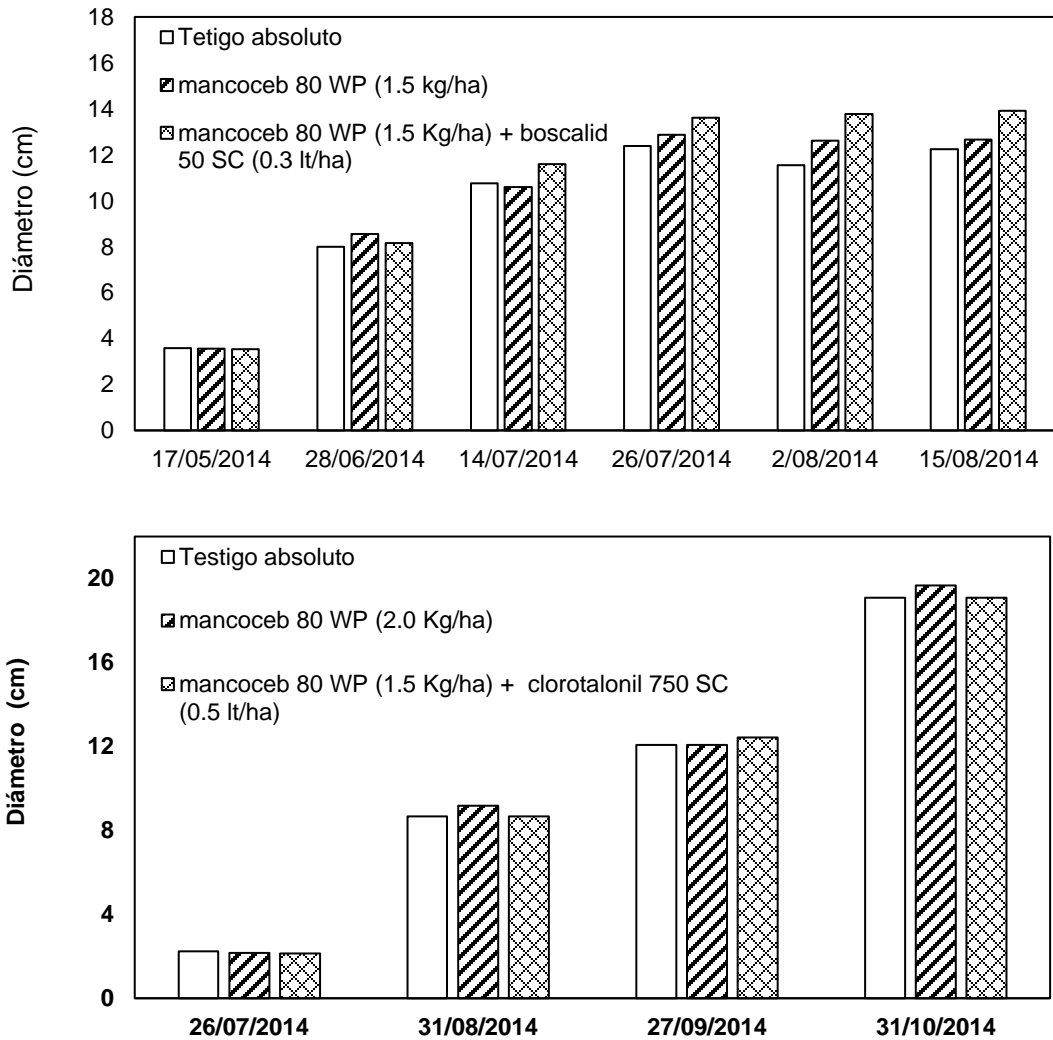


Figura 26 . Diámetro promedio del pseudotallo en los tratamientos de los ensayos de finca desarrollados en el año 2014.

Durante la toma de datos en los ensayos se observó relación en el crecimiento de altura y diámetro del pseudotallo. Para analizarlo, se generaron modelos de regresión (figura 27 y 28).

Para conocer la relación entre ambas medidas de crecimiento, se utilizó la información de los ensayos, se realizó un análisis de regresión para plantas de vivero y para plantas establecidas en campo en el momento de emisión floral.

De acuerdo con la regresión para plantas recién salidas de vivero se obtuvo un r^2 de 0.68, figura 27 y Para las plantas ya establecidas en campo el r^2 obtenido fue de 0.92 figura 28, lo que indica un mejor ajuste al modelo generado en la regresión para las plantas establecidas en campo.

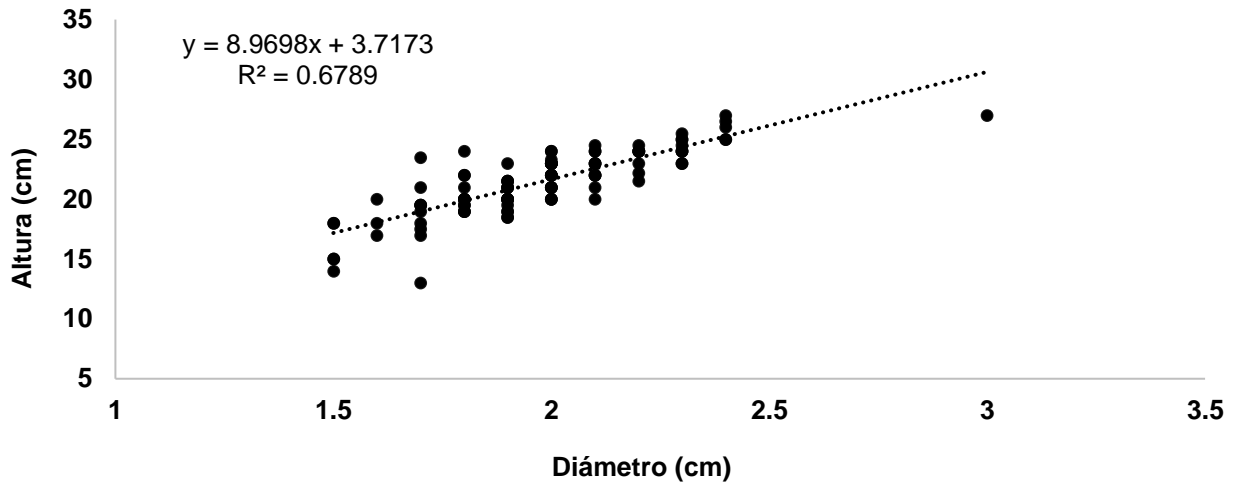


Figura 27 Modelo de regresión lineal para la correlación de la altura y el diámetro del pseudotallo, en plantas recién salidas de vivero

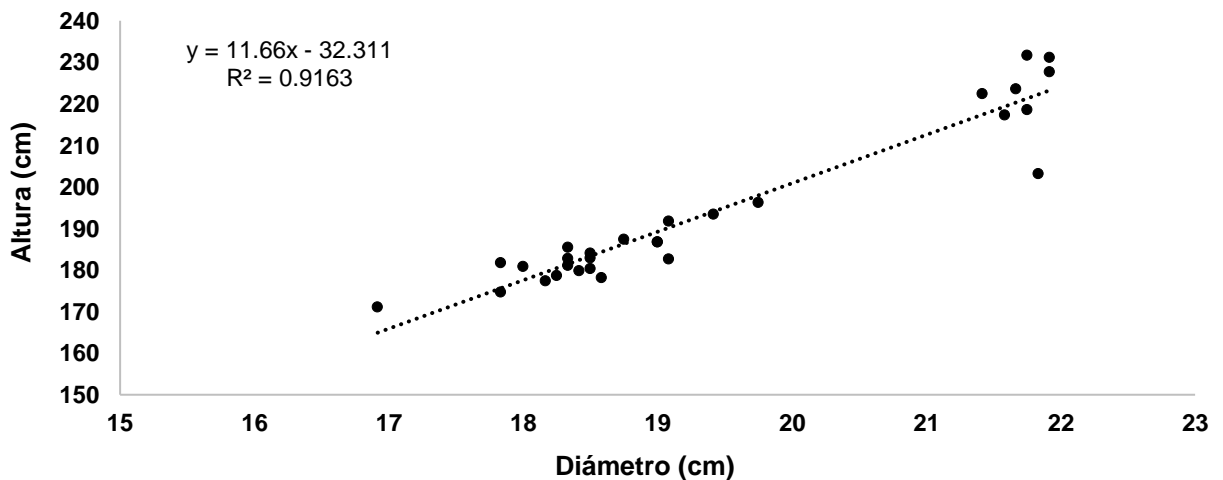






Figura 28 Modelo de regresión lineal para la correlación de la altura y el diámetro del pseudotallo

Conforme la información obtenida, se determinó que existe correlación entre el crecimiento en altura y diámetro del pseudotallo. Para los datos obtenidos en la fase de vivero, el coeficiente de correlación fue de 0.82 y para las plantas establecidas en campo de 0.96.

Para las condiciones del año 2014 en las que se desarrollaron las plantas sujetas a medición es posible estimar la altura de las plantas de vivero por medio del modelo lineal $y = 8.9698x + 3.7173$ y para plantas establecidas en campo el modelo $y = 11.66x - 32.311$.

En base a las mediciones realizadas durante el año 2014 y bajo las condiciones de la aldea Bolivia, Suchitepéquez, Guatemala se elaboró una escala de crecimiento, cuadro 11, en donde se ilustra que en promedio una planta de la variedad Gran enano, luego de la siembra tarda entre 70-75 días para emitir un total de siete hojas en estado maduro denominadas hojas verdaderas (Rodríguez M, *et al* 1985). Entre los 100-110 días las plantas de banano emiten una inflorescencia que está lista para cosecharse aproximadamente a los 230 días - 245 días, después de la siembra.

Cuadro 10 Escala fenológica para plantas de banano cultivadas bajo las condiciones de la aldea Bolivia, Suchitepéquez.

Hojas no verdaderas	Hojas verdaderas		
			
<p>Altura 20 cm Diámetro 1.98 cm</p>	<p>Altura: 100-130 cm Diámetro: 11-12.5 cm</p>	<p>Altura: 190-200 cm Diámetro: 19- 19.5 cm</p>	<p>Altura: 230-250 cm Diámetro: 21 - 22 cm</p>
<p>0 días</p>	<p>70-75 días</p>	<p>100-110 días</p>	<p>230-245 días</p>
<p>Siembra</p>	<p>etapa vegetativa</p>	<p>Emisión floral</p>	<p>Cosecha</p>

6.2.6 Sigatoka Negra y su relación con la productividad y calidad de fruto

El manejo agronómico del cultivo de banano tiene importancia dado que impacta en pérdidas de rendimiento y daño en calidad de fruto. En un ensayo de eficacia de fungicidas sembrado en junio de 2016 y cosechado en enero y febrero de 2017 se realizó medición de calibre de frutos y peso de racimos.

En la figura 29 se presenta la diferencia entre el calibre de los bananos de las plantas testigo y los bananos de las plantas sometidas a la aplicación de programa de manejo (fenpropidin (0.4 l/ha) + difenoconazol (0.5 l/ha) + 8 aceite mineral (8 l/ha), intercalado con aplicaciones de mancozeb 1.5 kg/ha). El calibre se midió en última mano del racimo. En promedio los frutos provenientes de plantas con tratamiento testigo absoluto fueron de calibre 40.34 y el calibre de los frutos de plantas con tratamiento químico fue 42.78.

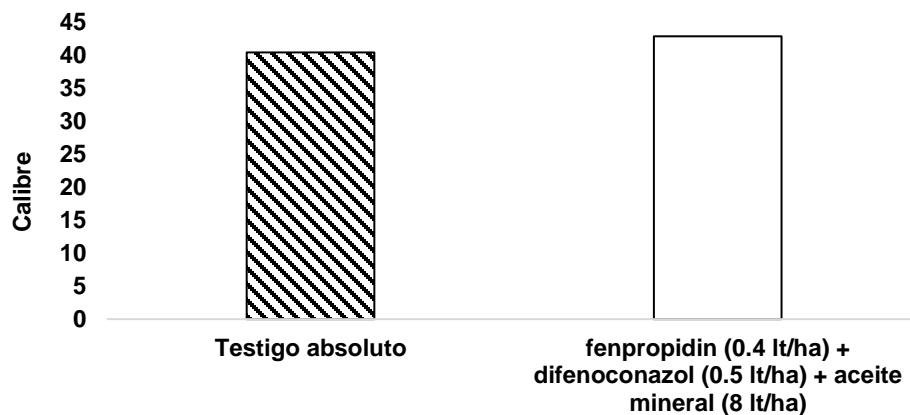


Figura 29 Promedio de calibre de los tratamientos en la cosecha de los racimos

Se realizó una prueba t de Student ($p < 0.05$), en dónde se determinó que no existe diferencia entre tratamientos (cuadro 20). No obstante, el 100 % de los frutos provenientes de plantas de testigo absoluto fueron sin valor comercial para exportación y se consideró como rechazo, dado que presentó amarillamiento, presencia de hongos, y diferencias en

cuanto a tamaño, ya que la varianza fue de 8.88, mientras que la varianza en el tratamiento con fungicidas fue de 0.08.

Cuadro 11 Prueba estadística t de Student para el calibre de bananos en la cosecha del ensayo V.

	Media	N	p-valor
Ensayo V			
Control	40.54	4	0.1713
Químico	42.77	4	

El peso de los racimos fue otra variable evaluada para conocer el impacto de la incidencia de la Sigatoka Negra sobre la productividad. De igual forma, el día de cosecha, se tomó la medida del peso en libras de los racimos en ambos tratamientos. En la figura 30 se puede observar la diferencia entre tratamientos, en dónde, en promedio los racimos obtenidos de plantas con aplicación de fungicidas para el control de la enfermedad presentaron 14.46 libras adicionales, equivalente al 27 %, en comparación con el tratamiento testigo. Además, frutos provenientes de plantas con control fitosanitario tuvieron valor comercial para exportación, en tanto que el testigo absoluto es considerado rechazo.

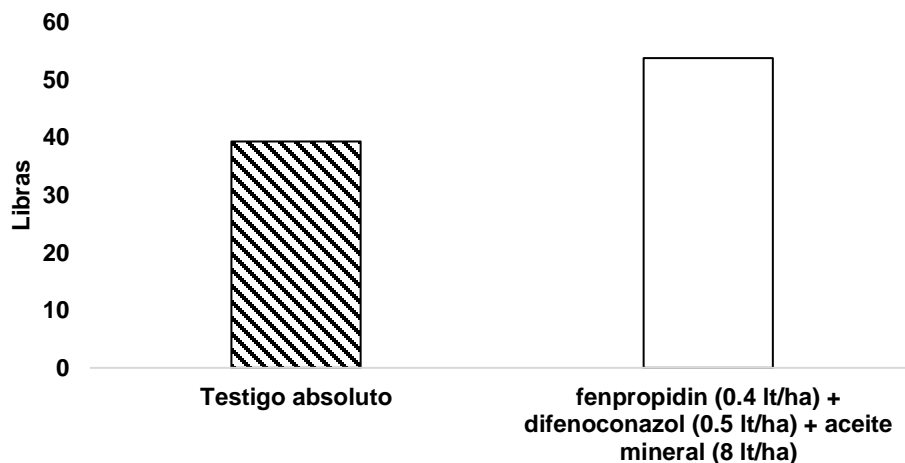


Figura 30 Promedio del peso de racimo en los tratamientos durante la cosecha

En el análisis estadístico t de Student se muestra que hubo diferencia estadística entre el peso de los racimos de banano de acuerdo con los tratamientos utilizados (cuadro 12).

Cuadro 12 Prueba estadística t de Student para el calibre de bananos en la cosecha del ensayo V.

	Media	N	p-valor
Ensayo V			
Control	39.38	4	0.0001
Químico	53.88	4	

Los racimos del tratamiento testigo absoluto presentan alta variabilidad en el calibre de los frutos, pero el peso de estos es bajo, mientras que el calibre de los frutos de un racimo producido por una planta sometida a control de Sigatoka Negra es homogéneo y el peso de estos puede incrementar hasta en 27 %.

Durante el proceso de cosecha también se observaron otros daños entre los racimos provenientes de plantas testigo y los sometidos al programa de control de Sigatoka Negra. El raquis de los racimos testigo absoluto presentó cavidades ocasionadas por la incidencia de hongos (figura 31). Así mismo también se observó que la maduración de los racimos de plantas testigo fue prematura en comparación con los racimos provenientes de plantas con control para la Sigatoka Negra.



Figura 31 A) Raquis de racimo testigo absoluto; B) Raquis de racimo con control para la Sigatoka Negra; C) maduración prematura de racimo testigo; D) maduración de racimo con control para la Sigatoka Negra.

6.3 Sistematización de información de clima y su relación con la Sigatoka Negra en el área bananera de la costa sur de Guatemala

Las condiciones climáticas en la costa sur de Guatemala, donde se cultiva banano son propicias para el progreso de la Sigatoka Negra. De acuerdo con la cuantificación de la enfermedad, la severidad de la Sigatoka Negra se incrementa durante el inicio de las lluvias en los meses de mayo a octubre. Por ello, el segundo semestre del año es la época en donde se realizan más aplicaciones de fungicidas, especialmente sistémicos con aceite mineral en emulsión en dosis de 7 a 9 litros por hectárea. De acuerdo con los programas de aplicación, se realiza rotación con fungicidas de contacto para el control de la enfermedad.

6.3.1 Precipitación

Según información de precipitación obtenida a partir de registros de la estación meteorológica Irlanda ubicada en las coordenadas 14.15, -91.43; proporcionados por el Instituto privado de investigación sobre Cambio Climático (ICC) en Guatemala, figura 32, se reconocen dos épocas, seca y lluviosa. La época seca en esa región del sur de Guatemala abarca los meses de enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre. Las primeras lluvias se presentan en mayo y se establecen de junio a octubre.

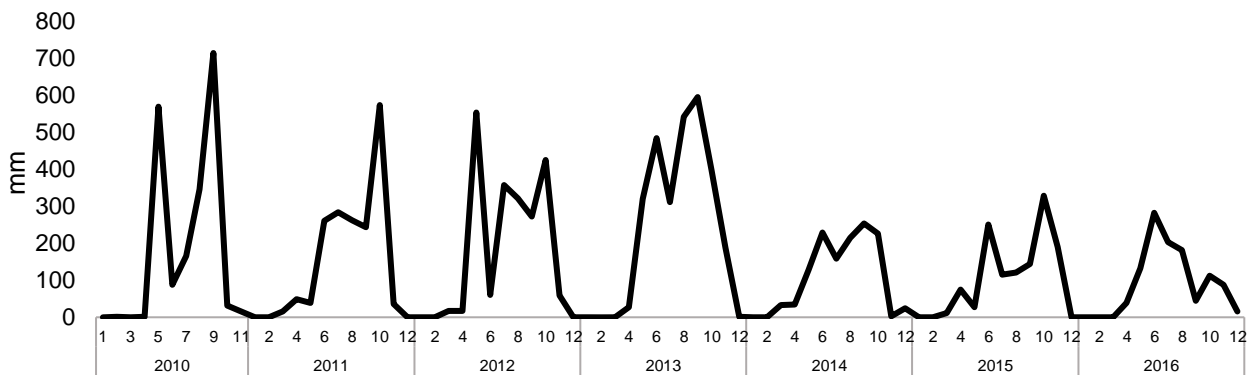


Figura 32 Precipitación mensual (2010-2016) Suchitepéquez. Los números corresponden a los meses del año.

Fuente: ICC (2017)

La mayor precipitación anual del 2010 al 2017 para la región de Suchitepéquez fue en el año 2013, con 2,859.20 mm. Para el año 2014 fue 1,300.2 mm, en el 2015 se registró 1260.8 mm y para 2016, 1,094 mm. Esto representa reducción de precipitación de 38.26 % con respecto al 2013. El 2016 fue el año de menor precipitación y las lluvias se concentraron en el mes de junio y en los meses siguientes descendió y fue atípico respecto a lo que normalmente acontece en esa región, figura 33.

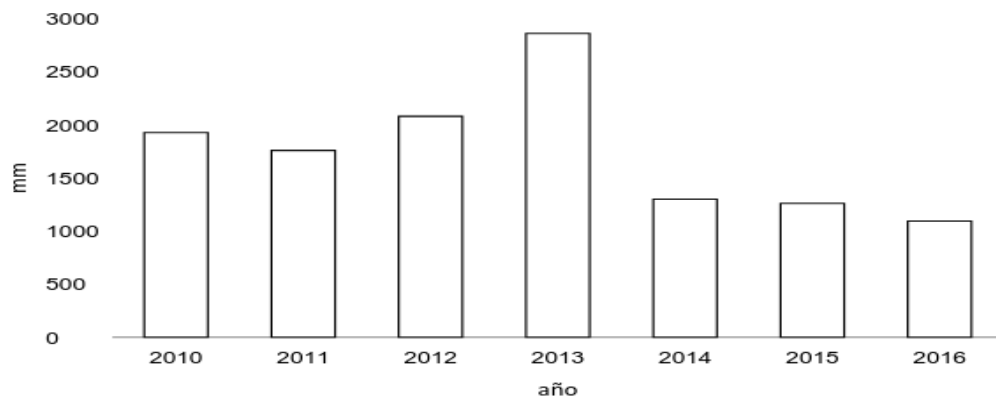


Figura 33 Precipitación acumulada anual aldea Bolivia, Suchitepéquez.

Fuente: ICC (2017)

De acuerdo con la red de estaciones meteorológicas del ICC, ubicadas en la Costa Sur de Guatemala, del año 2007 al 2014 se registraron 2000 mm de precipitación pluvial en promedio. Las lluvias acumuladas durante el año 2016 fue el de menor al valor promedio acumulado durante ese periodo. De la misma forma, en el 2015 también hubo menos lluvias con respecto al promedio indicado. El patrón de distribución de las lluvias también ha cambiado con respecto al promedio de lluvia mensual, ya que en el 2015 los meses de mayo y agosto fueron críticos por las lluvias escasas registradas y en 2016 a partir de agosto hubo disminución de la precipitación, figuras 39A y 40A.

6.3.2 Humedad Relativa

La humedad relativa en esa región, guarda relación directa con en el régimen de precipitación. Los mayores valores se registran en los meses de junio y septiembre, figura 34. En el 2016, a partir de junio, el promedio de la humedad relativa se mantuvo estable en intervalo de 84 % y 85 % hasta diciembre.

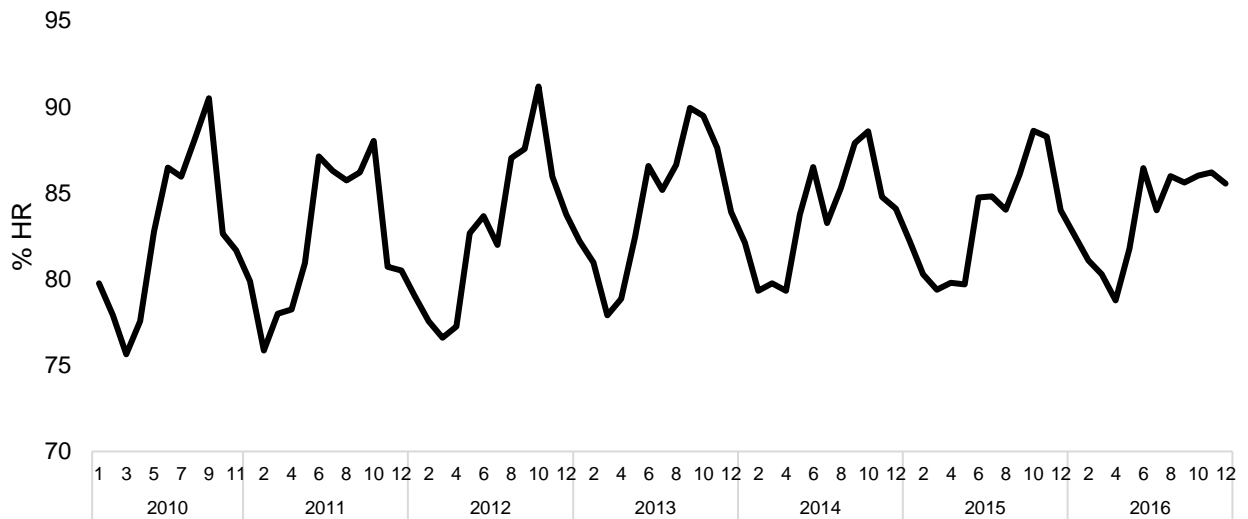


Figura 34 Humedad relativa promedio aldea Bolivia, Suchitepéquez.

Fuente: ICC (2017)

6.3.3 Temperatura

Históricamente en la región bananera del departamento de Suchitepéquez, se registra la mayor temperatura en mes de abril y la menor en enero. Durante 2014 y 2015 la temperatura de abril fue similar con promedios de 28.4 °C y 28.5 °C, respectivamente. Sin embargo, en el 2016, hubo incremento de 0.3 °C y es la máxima temperatura promedio registrada fue 28.8 °C. En los meses en los que disminuye la temperatura se incrementa la humedad relativa, principalmente en los meses de junio a octubre, figura 35.

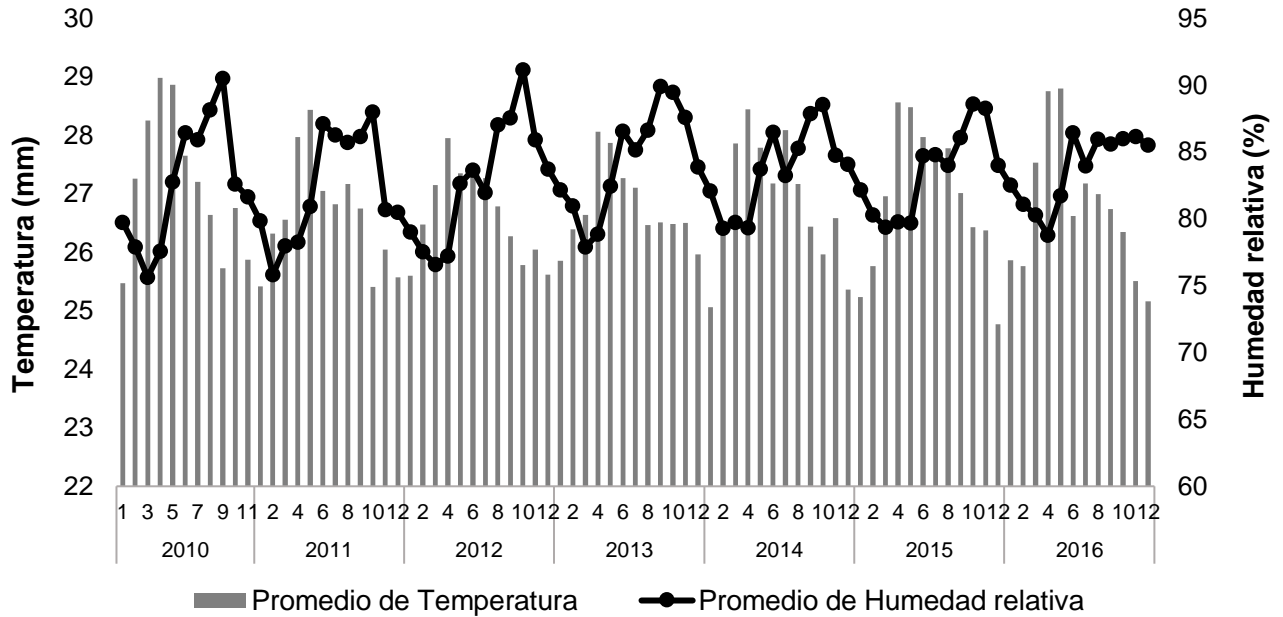


Figura 35 Comportamiento de la temperatura y humedad relativa en aldea Bolivia, Suchitepéquez.

Fuente: ICC (2017)

El registro de temperatura más alta para Suchitepéquez se obtuvo en abril de 2010 con 28.98 °C. Posterior a ese año, la temperatura promedio 2011-2014 de abril se mantuvo en 28.2 °C, hasta el 2015 que incrementó a 28.5 °C y para el 2016 fue de 28.8 °C similar a lo ocurrido en 2010.

El incremento de la temperatura para el año 2016 fue explicado por el Centro de Noticias de la ONU en dónde publicó que según los registros de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos y de la NASA, la temperatura media entre enero y junio fue 1.3°C más caliente que en la época preindustrial y la temperatura media global de la tierra y los océanos estuvo 1.05°C por encima de las temperaturas promedio del siglo XX.

Por su parte el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, publicó en su perspectiva climática de febrero 2016 que Guatemala estuvo influenciada por el fenómeno del niño. Dicho fenómeno pasó a formar parte de los tres

fenómenos más fuertes del registro histórico (1,950 a la fecha). La anomalía de temperatura en la región niño 3.4 es de 2.5 °C).

6.3.4 Relación de las condiciones climáticas con el progreso de la Sigatoka Negra

Para conocer la relación entre el progreso de la Sigatoka Negra y el clima de Suchitepéquez registrado en la estación de Irlanda ubicada en la coordenada 14.15, 91.43. Se correlacionó el índice de infección de esa enfermedad con los valores promedio mensual de temperatura, radiación, humedad relativa (HR), precipitación pluvial (PP), velocidad del viento, mojadura de hoja y dirección del viento. Los datos analizados corresponden a los meses de febrero a octubre del año 2014 (cuadro 13). De acuerdo con el análisis de correlación, se obtuvo que los factores climáticos relacionados al comportamiento de la Sigatoka Negra fueron: la humedad relativa, precipitación pluvial y la velocidad del viento, cuadro 14. De acuerdo con esta información, la humedad relativa y la precipitación pluvial propician ambiente favorable al patógeno y favorecen el progreso de la enfermedad y la velocidad del viento podría incidir en la dispersión de inóculo en las plantaciones.

Cuadro 13 Promedio mensual de Condiciones meteorológicas e índice de infección de la Sigatoka Negra, durante 2014.

Mes	Temperatura (°C)	Radiación (W/m ²)	HR (%)	PP (mm)	Velocidad del viento (Km/hr)	Mojadura (unidades)	Dirección del viento (°)	IND
2	26.4	204.6	79.3	0.0	1.5	3.5	209.9	23.96
3	27.9	231.3	79.7	33.2	2.3	2.6	219.5	28.84
4	28.4	224.8	79.3	34.8	2.6	2.1	202.9	33.51
5	27.8	206.4	83.7	128.0	4.3	1.2	179.5	38.61
6	27.2	184.8	86.5	228.0	4.9	1.6	189.2	42.27
7	28.1	229.6	83.2	157.6	2.1	1.2	211.5	27.74
8	27.2	214.2	85.3	214.0	3.9	1.7	183.7	34.96
9	26.4	202.5	87.9	252.8	3.5	1.6	175.6	32.76
10	26.0	189.5	88.6	225.8	3.3	3.1	171.9	28.39

IND= índice de Sigatoka Negra, valores del tratamiento testigo absoluto, cuantificados en ensayos realizados en aldea Bolivia, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

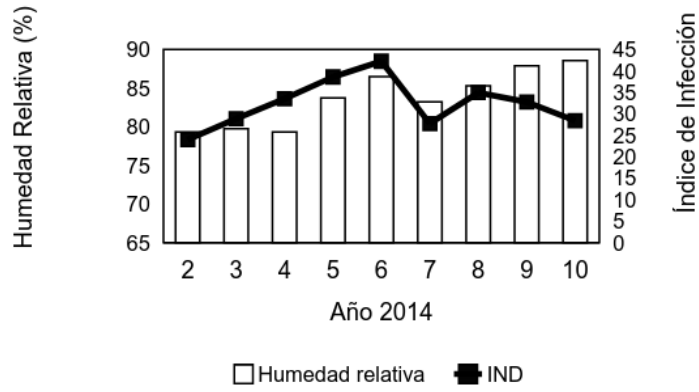
Fuente de información climática: ICC (2017).

Cuadro 14 Coeficiente de correlación del índice de infección de la Sigatoka Negra y factores climáticos de febrero a octubre de 2014.

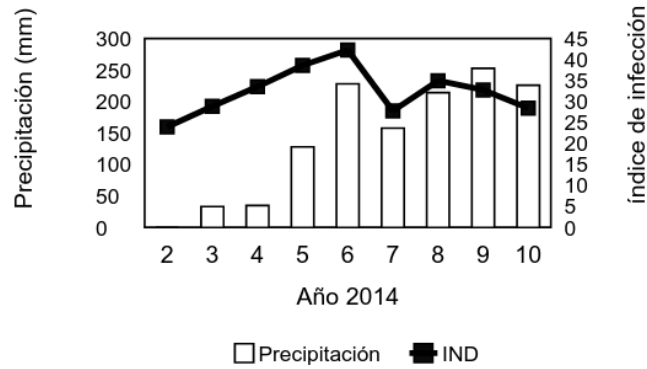
	<i>Temperatura</i>	<i>Radiación</i>	<i>HR</i>	<i>PP</i>	<i>Velocidad del viento</i>	<i>Mojadura</i>	<i>Dirección del viento</i>	<i>IND</i>
Temperatura	1							
Radiación	0.734	1						
HR	-0.580	-0.679	1					
PP	-0.424	-0.554	0.968	1				
Velocidad del viento	-0.085	-0.592	0.665	0.699	1			
Mojadura	-0.504	-0.153	0.297	0.467	-0.545	1		
Dirección del viento	0.539	0.706	0.849	0.773	-0.712	0.226	1	
IND	0.244	-0.372	0.371	0.456	0.922	-0.650	-0.469	1

Como se puede apreciar en la figura 36, para el año 2014, la mayor severidad de la enfermedad de la Sigatoka Negra se produjo en el mes de junio. La tasa de dicha enfermedad es mayor cuando hay un incremento en el porcentaje de humedad relativa, la precipitación y la velocidad del viento.

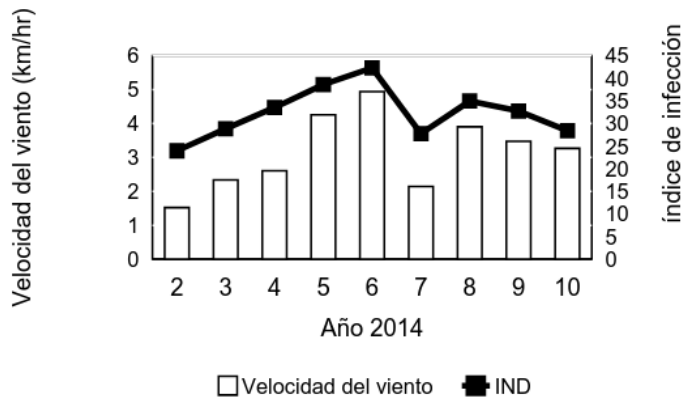
De acuerdo con Craenen (1998), citado por Manzano et al. (2005), Asencio, (2004), Manzo-Sánchez, et al. (2005) & Bornacelly (2009), las condiciones climáticas que favorecen la Sigatoka Negra son temperaturas entre 26 °C a 29 °C, humedad relativa entre 90 a 100 %, además de vientos fuertes y precipitación constante de baja intensidad que favorecen la presencia y dispersión de ascosporas. En la figura 36, se ilustra la relación de la Sigatoka Negra para las condiciones de Suchitépéquez y su relación con la humedad relativa, precipitación y velocidad del viento.



a



b



c

Figura 36 Comportamiento del Índice de infección de la Sigatoka Negra bajo las condiciones de Suchitepéquez de según: A) Humedad relativa, B) precipitación pluvial y C) velocidad del viento. Datos de clima Instituto Privado del cambio Climático, estación Irlanda,

6 CONCLUSIONES

1. El banano es un cultivo tecnificado, en latifundio, en dónde previo al establecimiento de una plantación se realizan labores de labranza mecanizada, establecimiento de drenajes y sistemas de aspersión para riego. Se realizan entre 15-20 fertilizaciones de forma granulada al suelo, foliar y fertirriego, por ciclo. el control de malezas es químico y para el manejo de la Sigatoka Negra se realizan entre 36 y 40 aspersiones aéreas al año de fungicidas de contacto y sistémicos, prevalece la aplicación de los primeros. La principal variedad cultivada en Guatemala es Gran enano a 1600 -1800 plantas/ha, las fuentes de variación para la comparación entre fincas las constituyen condiciones climáticas derivadas de la posición geográfica y el rendimiento, que varía entre 2700 y 4000 cajas/ha.
2. En la cuantificación de Sigatoka Negra de los ensayos se determinaron índices de infección entre 15 y 18, a los 60 días después de la siembra y sin aplicación de fungicidas, dos meses después en plantas testigo la enfermedad se desarrolló hasta calcular índices de 40 y 47, con tasa de incremento de la enfermedad máxima de 1.14, mientras que en plantas asperjadas con fungicidas, con la misma cuantificación de enfermedad al inicio, al final presentaron menor daño foliar y se calcularon índices de severidad entre 33 y 40, según el fungicida y la mayor tasa de incremento fue de 0.89. La cantidad de enfermedad registrada fue mayor en los tratamientos testigo, los tratamientos con aplicaciones de fungicidas presentaron reducción entre 9 % y 27 %, siendo los fungicidas sistémicos los que mayor reducción presentaron. Las curvas de progreso de la enfermedad se acoplaron al modelo exponencial (R^2 0.86 – 0.97 y cuadrado medio del error de 0.0001).
3. Con datos de la estación meteorológica Irlanda cercana a la aldea Bolivia, Santo Domingo, Suchitepéquez (periodo 2010-2016) se registró precipitación promedio anual de 2300 mm, 86 % de humedad relativa y temperatura de 28 °C. Para el periodo

2014-2016 se presentó disminución de la precipitación ya que el promedio fue de 1200 mm, en el caso de la temperatura el promedio registrado fue de 28.8 °C, lo que indica incremento. Según análisis de correlación (índices 0.37, 0.47 y 0.92) los factores climáticos que están relacionados al incremento de la Sigatoka Negra fueron precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento.

4. La Sigatoka Negra es una enfermedad que ocasiona daño en el área foliar de las plantas de banano y se puede controlar a través del manejo de las partes que conforman el sistema. La aplicación de fungicidas y el monitoreo de las condiciones climáticas son parte del manejo de la enfermedad y deben ser complementadas con el resto de las prácticas agrícolas dentro de la plantación. La toma de decisiones oportuna es fundamental para el control de la Sigatoka Negra ya que todos los esfuerzos realizados están encaminados a reducir la cantidad de la enfermedad, favorecer el desarrollo vegetativo de las plantas, para finalmente incrementar el rendimiento de las plantaciones.

7 RECOMENDACIONES

1. Establecer pluviómetros, estaciones meteorológicas, dataloggers u otro tipo de herramienta que permita la medición y monitoreo de las variables climáticas más relacionadas con el incremento de la Sigatoka Negra (precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento).
2. Mantener el monitoreo de la Sigatoka Negra en periodos establecidos durante el año para generar bases de datos y programar aplicaciones oportunas de fungicidas y mantener la enfermedad en niveles manejables.
3. Realizar monitoreos más rigurosos del progreso de la enfermedad durante el segundo semestre del año ya que las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad.
4. Continuar con la sistematización de manejo del cultivo y cuantificación de la Sigatoka Negra con relación a nuevos productos y programas de fungicidas debido a la dinámica del cultivo.
5. Replicar el estudio de progreso de la enfermedad bajo las condiciones de la costa suroccidente y norte de Guatemala.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. AGREQUIMA (Asociación del Gremio Químico Agrícola, Guatemala). 2012. Impacto social y económico del sector agrícola guatemalteco sobre la economía nacional (en línea). Guatemala. Consultado 22 mar 2014. Disponible en <http://www.agrequima.com.gt/images/stories/presentaciones-iv/agrequima-estudio-190412.pdf>
2. Agrios, G. 2005. Plant pathology. 5 ed. US, Elsevier Academic Press. 948 p.
3. Aguirre, M; Castaño-Zapata J; Zuluaga, L. 2003. Método rápido de diagnóstico de *Mycosphaerella musicola* Leach y *M. fijiensis* Morelet, agentes causantes de las sigatocas amarilla y negra. ACAD 27(105):619–624.
4. Álvarez, J; Beltrán, A. 2003. Tecnología de producción con altas densidades en bananos y plátanos en Cuba y avances hacia una producción orgánica. In Rivas, G, Rosales, F (eds.). Taller manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos. Guayaquil, Ecuador, MUSALAC / INIBAP. p. 65-66.
5. Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin FILHO, A. (Eds.). Manual de fitopatología: principios e conceitos. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2011. v.1, 704p.
6. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2004. Cultivo de banano. Guatemala. 27 p.
7. APIB (Asociación de Productores Independientes de Banano, Guatemala). 2014. El banano en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 4 mar 2014. Disponible en <http://apib.com.gt/el-banano-en-guatemala.php?nota=breve-historia.php>
8. Asencio, I. 2004. Experiencia en el manejo de las principales enfermedades en el cultivo de plátano (*Musa* AAB, Simmonds) de exportación en áreas comerciales de la empresa COBIGUA, en la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 54 p.
9. Augstburger, F; Berger, J; Censkowsky, U; Heid, P; Milz, J; Streit, C. 2002. Agricultura orgánica en el trópico y subtropico. 2 ed. Alemania, Naturland. 36 p.
10. Ayuso, F; Reyes, O; Vaquero, R. 2011. Evaluación del efecto de la fertilización orgánica con nitrógeno y potasio sobre la primera cosecha de banano (*Musa* AAA cv Williams). Tierra Tropical 7(11):45-52.
11. BANGUAT (Banco de Guatemala, Guatemala). 2011. Guatemala en cifras (en línea). Guatemala. Consultado 20 mar 2014. Disponible en

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Za8kEvlZs88J:www.banguat.gob.gt/Publica/guatemala+en+cifras+2011.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt>

12. _____. 2014. Estadísticas Macroeconómicas (en línea). Guatemala. Consultado 8 jul 2014. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=111348&aud=1&lang=1>
13. Barrios, M. 2008. Controles internos a considerar en las pérdidas ocasionadas por un desastre natural en una empresa productora de banana. Tesis CPA. Guatemala, USAC. 161 p.
14. Belalcázar, CS; Rosales, FE; Espinosa, MJ. 2003. Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción. In Rivas, G, Rosales, F (eds.). Taller manejo de los genes MAT 1-1 y MAT 1-2 del hongo *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la sigatoka negra, en la provincia del guayas. Tesis Biólogo. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 74 p.
15. Bornacelly, H. 2009. Estudio del ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* en tres clones de banano (*Musa AAA*) en tres regiones de la zona bananera del Magdalena. Tesis MSc. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 70 p.
16. Carlier, J. 2000. Studies of *Mycosphaerella fijiensis* populations structure and partial resistance of banana. 2nd International Symposium Cellular and Molecular Biology of bananas Byron Bay, Australia. 29 oct 2000.
17. Carr, C. 2009. Aislamiento y selección de hongos antagonistas en plantaciones de banano (*Musa AAA*) para el combate biológico de la sigatoka negra. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Instituto Tecnológico. 106 p.
18. Coello, R. 2008. Evaluación de tres productos de bajo impacto ambiental para el control integrado de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plantaciones de banano orgánico. Tesis Ing. Agropec. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 114 p.
19. Galán Gallego, E; Fernández García, F. 1992. Metodología del análisis temporal y espacial de los elementos climáticos. In Coloquio de Geografía Cuantitativa (5, 1992, Zaragoza, España). Actas. España, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geografía. p. 437- 451.
20. Cortés G. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 532 p.

21. Cuellar, J; Morales, M. 2005. Efecto de la densidad y sistema de siembra sobre el rendimiento en banano *Musa* AAA variedad Williams en la zona bananera departamento del Magdalena. Tesis Ing. Agr. Santa Marta, Colombia, Universidad del Magdalena. 153 p.
22. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, Ecuador. 2013. Análisis del sector banano. Ecuador, PRO ECUADOR. 28 p.
23. FAO, Italia. 2001. La biotecnología y la producción del banano (en línea). Roma, Italia. Consultado 13 jul 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/meeting/004/y1896s.htm>
24. Fouré, E. 1991. Les cercosporiosis des bananiers et des plantains au Cameroun, *Mycosphaerella fijiensis* et *M. musicola*: amélioration des stratégies de lutte intégrée par des études épidémiologiques et la lutte génétique. Cameroun, Centre Régional Bananiers et Plantains. *In* Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases. Gold and Gemmill Ed. Cotonou, Benin. p. 290-304.
25. Fresh Plaza, 2016. Los mayores exportadores de banano en el mundo (en línea). España. Consultado 11 de junio 2016. Disponible en <http://www.freshplaza.es/article/97383/Los-mayores-exportadores-de-bananas-del-mundo>
26. Galán, V. 1992. Los frutales tropicales en los subtrópicos: El plátano (banano). España, Mundi-Prensa. 173 p.
27. Gándara, N. 2014. País aumenta exportación de banano. Prensa Libre, Guatemala, feb 17. Consultado 6 mar 2014. Disponible en http://www.prensalibre.com/economia/Pais-aumenta-exportacion-banano_0_1086491342.html
28. Gauhl, F. 1992. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plátano (*Musa* sp.) en Costa Rica. Panamá, Unión de Países Exportadores de Banano, UPEB. 114 p.
29. Gold, C; Messiaen, S. 2000. El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus* (en línea). Francia. Consultado 3 mayo 2014. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hfN6kx30rlkJ:ftp://ftp.cgiar.org/ipgri/Publications/pdf/696_ES.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clink&gl=gt

30. Hidalgo, M; Tapia, A; Rodríguez, W 2016. Efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano (*Musa sp.* AAA, cv. Valery). *Agronomía Costarricense* (30)1 :35-41.
31. ICC (Instituto Privado de investigación sobre Cambio Climático). 2017. Guatemala (en línea). Consultado 5 jul 2017. Disponible en <http://icc.org.gt/es/icc-2/>
32. INIBAP (International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Francia). 2014. ProMusa (en línea). Francia. Consultado 4 jul 2014. Disponible en http://www.promusa.org/tiki-custom_home.php
33. _____. 1994. The improvement and testing of *Musa*: a global partnership. Ed. Jones, Francia. 303 p.
34. ISDE. 2011. Mejoremos Guatemala; Banano: análisis sectorial (en línea). Guatemala, Dalberg / Global Development Advisor / FUNDESA / CACIF. 18 p. Consultado 20 mar 2014. Disponible en http://www.mejoremosquate.org/cms/content/files/diagnosticos/economicos/05.1SDE_Banano.pdf.
35. Kirk, P; Cannon, P; Stalpers, J. 2008. Dictionary of the fungi. 10 ed. UK, CABI. 784 p.
36. Lardizabal, R. 2007. Producción de plátano de alta densidad. Honduras, EDA. 35 p.
37. Macas Acosta, G. 2014. Cinco países concentran el 69.5 % de la exportación de banano. *Revista El Agro*. Consultado 22 jun 2014. Disponible en <http://www.revistaelagro.com/2014/03/28/cinco-paises-concentran-el-695-de-la-exportacion-de-banano/>
38. Manzo-Sánchez, G; Guzmán-González, S; Rodríguez-García, C; James, A; Orozco-Santos, M. 2004. Biología de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su interacción con *Musa* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23(1):87-96.
39. Manzo-Sánchez, G; Orozco-Santos, M; Guzmán-González, S. 2001. Caracterización morfológica de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet de la región Pacífico-centro de México y su desarrollo en medios líquidos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1):66-71.
40. Marín, D; Sutton, T; Barker, K. 2002. Diseminación del banano en Latinoamérica y El Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (66):62-75.
41. Martínez-Bolaños, L *et al.* 2012. Resistencia a fungicidas en poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* del sureste mexicano (en línea). *Agrociencia* no. 7. Consultado 13 mayo 2014. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952012000700006&script=sci_arttext

42. Memon, NUN; Memon, KS; Anwar, R; Ahmad, S; Nafees, M. 2010. Status and response to improved NPK fertilization practices in banana. Pak. J. Bot. 42(4):2369-2381.
43. Méndez B. 1998. Efecto de seis niveles de nitrógeno, seis de potasio y sus interacciones sobre la incidencia y severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano, clon 'Gran Enano'. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 30 p.
44. Méndez García, C. 2014. Manejo y costos del cultivo de banano (entrevista). Aldea Bolivia, Santo Domingo, Suchitepéquez, Guatemala, Finca Irlanda, Administrador.
45. Mendoza, E. 1995. Determinación de poblaciones naturales de *Mycosphaerella fijiensis* a propiconazol en plantaciones de *Musa* sp. del departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 69 p.
46. Molina, J. 2011. Breve historia económica de Guatemala del siglo XX. Guatemala. Consultado 6 mar 2014. Disponible en <http://www.academiageohist.org.gt/actividades/HistoriaEconomicaSigloXXJMC.pdf>
47. MINECO (Ministerio de Economía, Guatemala). 2014. Biblioteca virtual (en línea). Guatemala. Consultado 8 jul 2014. Disponible en <http://www.mineco.gob.gt/presentacion/principal.aspx>
48. Mora, G; March, G; Marinelli, A; Michereff, S. 2008. Epidemiología fundamentos y aplicaciones en patosistemas agrícolas. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 74 p.
49. Morales, D. 2008. Evaluación de *Castollus plagiaticollis* Stall como método de control biológico de *Colaspis* spp. en el cultivo de banano. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 58 p.
50. Muñoz, E. 2014. Mercado Global del banano. Colombia. Consultado 3 jul 2015. Disponible en http://www.mincit.gov.co/caac/loader.php?IServicio=Documentos&IFuncion=verPdf&id=72136&name=MERCADO_GLOBAL_DEL_BANANO_-_24_JUL_2014.pdf&prefijo=file
51. Nufio, K. 2011. Efecto de la incorporación de tres residuos agroindustriales generados a partir de la industrialización de azúcar en el crecimiento de la caña de azúcar

(*Saccharum* spp.), en suelos molisoles, diagnóstico y servicios en el Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 119 p.

52. Núñez, G; Guevara, V; Monterroso, D. 2002. Efecto de la cal y la urea en el manejo del moko de las musáceas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (66):96–100.
53. Office of the Gene Technology Regulator. 2008. The biology of *Musa* L. (banana). Australia, Australian Government. 80 p.
54. Orellana, C. 2007. Descripción de las plagas del cultivo del banano de 1995 al 2002 en las fincas de COBIGUA en el distrito de Entre Ríos, municipio de Puerto Barrios, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 106 p.
55. Orozco-Romero, J; Orozco-Santos, M; Pérez-Zamora, O. 2004. Diagnóstico y recomendación nutricional y de riego para banano en el trópico seco de México. Oaxaca, México, ACORBAT, Publicación especial de la XVI Reunión ACORBAT 2004. p. 137-142.
56. Orozco-Santos, M; Orozco-Romero, J; Pérez-Zamora, O; Manzo-Sánchez, G; Farías-Larios, J; da Silva, W. 2008. Prácticas culturales para el manejo de la sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology* 33(3):189-196.
57. Osorio, G. 2006. Evaluación de hongos endofíticos y extractos botánicos para el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. Tesis MSc. CC. Agric. Ecológ. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 90 p.
58. Pérez, L. 2002. Morfología de las especies de *Mycosphaerella* asociadas a manchas de las hojas en *Musa* spp. *Fitosanidad* 6(2):3-9.
59. Pérez-Vicente, L; Mauri-Mollera, F; Hernández-Mansilla, A; Abreu-Antúnez, E; Porrás-González, A. 2000. Epidemiología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Cuba: I. pronóstico bio-climático de los tratamientos de los fungicidas en banano (*Musa acuminata* AAA) contra la enfermedad en plátanos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 18(1):27-35.
60. Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos) (20, 2013, Brasil). 2013. Las enfermedades sigatoka de las hojas del banano: dispersión, impacto y evolución de las estrategias de manejo en América Latina y El Caribe. Ed. por Guzmán, M; Orozco-Santos M; Pérez L. Brasil, Acorbat. p. 98-116.
61. Reunión ACORBAT (17, 2006, México). 2006. Manejo sustentable de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano: conocimiento del patosistema, prácticas culturales y control químico. Ed. por Orozco-Santos, M; Orozco-Romero, J y Joinville, SC. Brasil, ACORBAT. p. 100-116.

62. Rodríguez, M 1985. Producción de plátanos (*Musa* AAB, ABB). Costa Rica. Turrialpa. 79 p.
63. Pérez-Vicente, L (2006). Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra en bananos: Estado actual y perspectivas. *Fitosanidad*, 1(1):55-72.
64. Prensa Libre, Guatemala. 2014. Guatemala aumenta exportación de banana (en línea). *Revista el Agro*. Consultado 22 jun 2014. Disponible en <http://www.revistaelagro.com/2014/03/27/guatemala-aumenta-exportacion-bananera/>
65. Rodríguez, M. 2012. Mal de Panamá: medidas de control y prevención. España, Cabildo de Tenerife. 8 p.
66. Rojas, C 2013. Manejo integrado de plagas y enfermedades en banano orgánico y convencional. Perú. 20 p.
67. Romero, RA. (1994). Calculation of infection index. technical guidelines for IMTP phase II: sigatoka sites. *In* Jones, DR (ed.). The improvement and testing of *Musa*: a global partnership. Proceeding of the First Global Conference of the International Musa testing Program held at FHIA, Honduras, International Network for the Improvement of Banana and Plantain. INIBAP. France. 277 p.
68. Santiago, L. 2005. Valor nutritivo de harina de banano verde. Tesis Nutricionista. Guatemala, USAC. 86 p.
69. Simmons, N; Shepherd, K. 1995. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Journal of the Linnean Society of London (botany)*. 55:302-312.
70. Siqueira Azevedo, LA. 2007. Fungicidas sistêmicos teoria e prática. Brasil, Emopi Gráfica Editora. 284 p.
71. Souza, P; Dutra, M. 2003. Fungicidas no controle e manejo de doenças de plantas. Lavras, Minas Gerais, Brasil, UFLA. 165 p.
72. The Plant List. 2014. A workinglist of all plant especies (en línea). London. Consultado 3 mar 2014. Disponible en <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-254945>
73. Wichmann, W. 1992. World fertilizer use manual. Paris, France, International Fertilizer Industry Association. 50 p.

9 ANEXOS

Cuadro 15A Plan de fertilización recomendada por la Asociación de Productores Independientes de Banano.

Actividad	No. De semana	Tipo de Fertilizante	Cantidad (g/planta)
Siembra	1	15-15-15	25
Fertilización	2	(NH ₄) ₂ SO ₄	55
Fertilización	3	(NH ₄) ₂ SO ₄	55
Fertilización	4	Urea: CO(NH ₂) ₂	50
Fertilización	5	Muriato de potasio	60
Fertilización	6	15-15-15	60
Fertilización	7	Urea: CO(NH ₂) ₂	55
Fertilización	7	Muriato de potasio	60
Fertilización	8	15-15-15	60
Fertilización	9	(NH ₄) ₂ SO ₄	75
Fertilización	9	Muriato de potasio	60
Fertilización	10	Nitrato de potasio	75
Fertilización	11	Urea: CO(NH ₂) ₂	75
Fertilización	12	Muriato de potasio	60
Fertilización	13	(NH ₄) ₂ SO ₄	75
Fertilización	14	Muriato de potasio	60
Fertilización	15	Urea: CO(NH ₂) ₂	75
Fertilización	16	Muriato de potasio	61
Fertilización	17	(NH ₄) ₂ SO ₄	75
Fertilización	18	(NH ₄) ₂ SO ₄	75
Fertilización	19	Muriato de potasio	60
Fertilización	20	Muriato de potasio	60

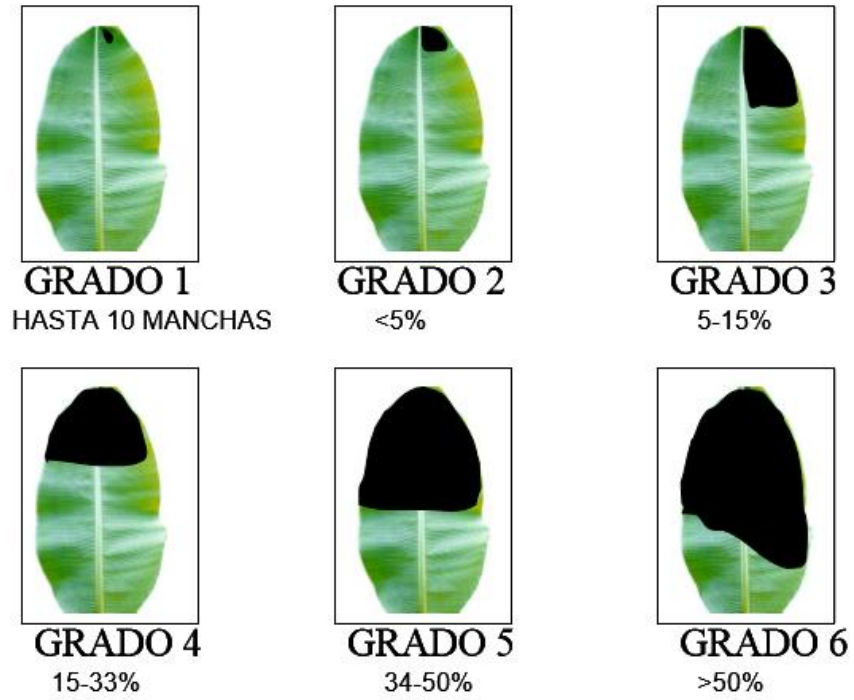


Figura 37A Escala diagramática de Estover para determinación de severidad de la sigatoka negra.

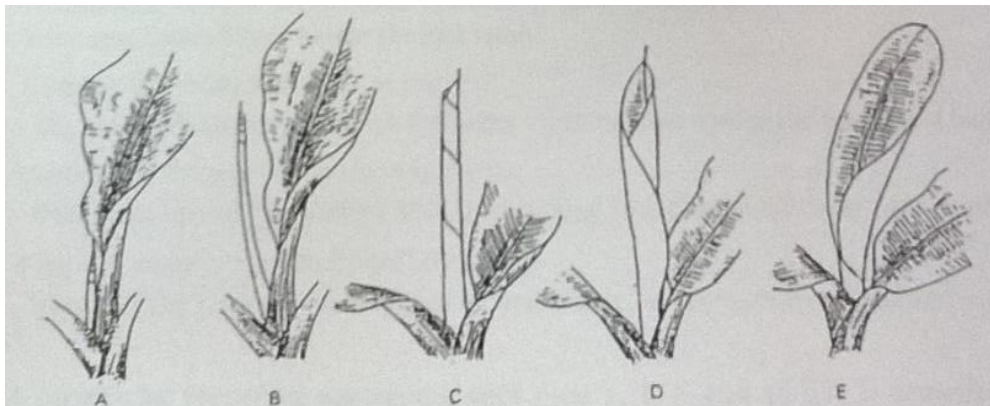


Figura 38A Escala de Estadio de la candela según Brun

Cuadro 16A Boleta de información de datos de manejo del cultivo de banana Guatemala 2014

Nombre encuestador: _____ **Fecha:** _____

Datos generales

Nombre del productor: _____

Localidad: _____ Municipio: _____

Depto.: _____

Estatus de la parcela: con fungicidas: _____ sin fungicidas: _____

Ubicación de la parcela

Latitud: _____ Longitud: _____

Altitud: _____ Topografía: _____

Área con banano (Ha): _____ Área con otros cultivos: _____

Área sin cultivar: _____ Área con bosque: _____

Registro clima:

1. Lleva registro de clima (Tem p. Pp, HR, otro) SI (___) NO (___)

Precipitación: _____ Temperatura: _____

2. Época lluviosa: mes de inicio _____ mes de finalización: _____

Sobre el cultivo

1. Variedad principal: _____

Otras _____

Nueva variedades _____

2. Procedencia de la plantilla: la produce (___), compra las plantas (___), otro _____

Plantilla de reproducción *in vitro*: SI (___) NO (___)

3. Distanciamiento de siembra (m): _____ plantas/Ha _____

4. Edad de la plantación (años): mínima _____ máxima _____ Promedio _____

5. Rendimiento: _____

6. Costo de producción/Ha? _____

Manejo agronómico

1. Realiza podas: Sí (___), No (___)

Frecuencia en que lo realiza: _____

2. El objetivo de la poda sanitaria (___) Desarrollo (___)

3. Herramienta utilizada: machete (___), cuchillo (___) Otro _____

4. Deshije: Sí (___), No (___), número de hijos por planta: _____

5. Realiza renovación de su plantación: Sí (___), No (___), edad a la que se realiza _____

6. Cuáles son sus criterios de renovación? _____

7. Realiza análisis de suelos: Sí (___) No (___), Frecuencia: _____

8. Realiza fertilización: Sí (___) No (___), tipo de fertilización: Granulada (), foliar (), fertirriego () Otro: _____

Cantidad N, P, K/ planta: _____ Número de fertilizaciones/año: _____

9. Programa de aplicación: _____

10. Costo de la fertilización: _____

11. Realiza enmiendas al suelo: Sí (___) No (___) ¿qué clase? _____

_____ Dosis por planta: _____

12. Meses de siembra: _____

13. Criterios de cosecha: _____

Manejo del suelo y de malezas

1. Realiza labranza del suelo antes de la siembra? Si (___) No (___), cuales _____
2. Se le da algún tratamiento previo al suelo para controlar inoculo de enfermedades? Si (___) No(___), Cuales? _____
2. Posee drenajes? Si (___) No (___) tipo de drenaje: _____
3. Realiza prácticas de conservación del suelo Si (___), No (___), ¿cuáles? Barreras vivas (___), Barreras muertas (___), Diques de contención (___), Acequias de drenado (___), Acequias de infiltración (___), Terrazas individuales (___), Terrazas continuas (___), Incorporación de rastrojos (___), Otras: _____
4. Incorpora materia orgánica: Si (___), No (___), en la siembra (___), post siembra (___), ambas (___) ¿Cuáles? _____
5. Cuáles son las malezas que controla: _____
6. Como controla las malezas: con herbicidas (___), con machete (___), chapeadora (___), combinado (___), cuantas veces al año chapea _____
7. utiliza cobertura para el manejo de malezas: Si (___) No (___)
8. Cuantas veces al año aplica herbicida (___), Productos y dosis/ha: _____
9. realiza calibración del equipo de aplicación de herbicidas si (___), no (___).

Manejo del agua y de los vientos

1. Existen nacimientos de agua en su parcela: Si (___), No (___), ¿Cuántos? _____
2. Existen estructuras de captación y almacenamiento de agua: Si (___), No (___), ¿qué tipo de estructuras? _____
3. Sus plantaciones tienen riego? Si (___) No (___) Lámina: _____ frecuencia: _____
4. costo del riego: _____
5. Sistema de riego utilizado; _____
- Existen áreas de preparación de mezclas de pesticidas: Si (___), No (___),
6. Pasan quebradas o riachuelos por su parcela Si (___), No (___), Se cultivan los bordes de los riachuelos y quebradas: Si (___), No (___).
7. Tiene cortinas rompe vientos: Si (___), No (___), ¿Cuáles? _____ Existen otro tipo de estructuras para protección del viento: Si (___), No (___), ¿Cuáles? _____

Manejo de la Sigatoka negra.

1. ¿Principal problema fitosanitario?: _____
2. Conoce que ocasiona la Sigatoka negra: Sí (___), No (___), Tiene problemas de sigatoka: Sí (___) No (___),
3. Variedad cultivada que más se enferma: _____
- Mes del año que observa mayor problema de la enfermedad: _____
4. Aplica fungicidas para la Sigatoka: Si (___), No (___) Productos y dosis/Ha: _____
5. Rotación de fungicidas Si (___) No (___) forma en que lo hace: _____
6. Frecuencia de aplicación en meses con mayor incidencia: _____
7. forma de aplicación: Terrestre (___) Aéreo (___)
8. utiliza aceite mineral Si (___) No (___), utiliza adherentes Si (___) No (___)
9. Que otras prácticas realiza para el control de la sigatoka: _____
10. Tiene un estimado de cuanta pérdida en cosecha le ocasiona no controlar la sigatoka negra: 5-10% (___) 15-20% (___) 25 % (___) Otro _____

11. Costo del control: _____

Otras plagas y enfermedades que le afectan.

1. Tiene problemas con otras enfermedades: Sí (___), No (___) ¿Qué enfermedades? _____

Mes del año que observa mayor problema: _____

2. Aplica pesticidas: Sí (___), No (___) productos y dosis/Ha: _____

3. Qué otras práctica realiza para el control: _____

4. Tiene un estimado de cuanta pérdida le ocasiona el problema:
5-10% (___) 15-20% (___) 25 % (___) Otro _____

5. Ha observado nuevas plagas y enfermedades en los últimos tres años: Si (___), No (___)
¿Cuáles plagas? _____ En qué mes aparecen: _____

¿Cuáles enfermedades? _____ En qué mes aparecen: _____

Educación y economía familiar

1. Escolaridad agricultor: primaria (), secundaria (), licenciatura (), telesecundaria ()

2. Participa en capacitaciones técnicas o administrativas: Sí (___) No (___), ¿qué temas? _____
_____ cuantas veces al año: _____

3. Ha recibido capacitación sobre cambio climático y medio ambiente: Sí (___) No (___), ¿Qué temas? _____ Ultima vez, cuando: _____

4. Lleva registro de los costos de producción: Sí (___), No (___), Como _____

5. Sabe cuánto le cuesta producir una T: Si (___), No (___), Q. _____ Sabe cuánto gana por cada T: Si (___), No (___), Q. _____, 6. Tiene acceso a crédito para la producción Sí (___), No (___), Fuentes de financiamiento: _____

Organización y mercadeo de sus productos

1. Como vende sus productos: individualmente (___), o a través de una organización (___)

2. A quien vende su banano: intermediario local (), intermediario mayorista (), a exportador (), por medio de una organización local (___), consumidor final (___)

3. Produce otros productos: Si (___), No (___),
¿Cuáles? _____

Cuadro 17A, Matriz de caracterización de fincas de banano en Costa Norte y Sur de Guatemala

Agricultor	Localidad	Depto.	Municipio	Altitud	Área	Monocultivo	Área con bosque	Temperatura	Mes fin precipitación
1	1	1	1	40	800	1	4	28	10
2	1	1	2	35	7000	1	0	26	10
7	2	2	3	50	233	2	541	27	12
6	2	2	4	70	615	1	16	26	12
5	2	2	5	50	205	1	2	26	12
4	1	1	2	30	272	1	0	26	10
3	1	1	2	40	850	1	20	26	10

Variedad cultivada	Densidad de siembra	Rendimiento (cajas)	No. de hijos/planta	No. muestreo suelo/año	Tipo de fertilización	Enmienda	Ciclos control malezas	Cobertura en suelo	Forma de aplicación de fungicidas
1	1600	4000	1	1	4	1	4	2	3
1	1600	3800	1	3	4	2	7	2	3
1	1800	3500	1	3	4	1	5	2	1
1	1500	3500	1	3	1	1	7	1	3
3	1800	2700	3	1	1	1	7	1	3
1	1600	4000	1	2	4	1	7	1	3
1	1600	4200	1	3	4	1	7	1	3

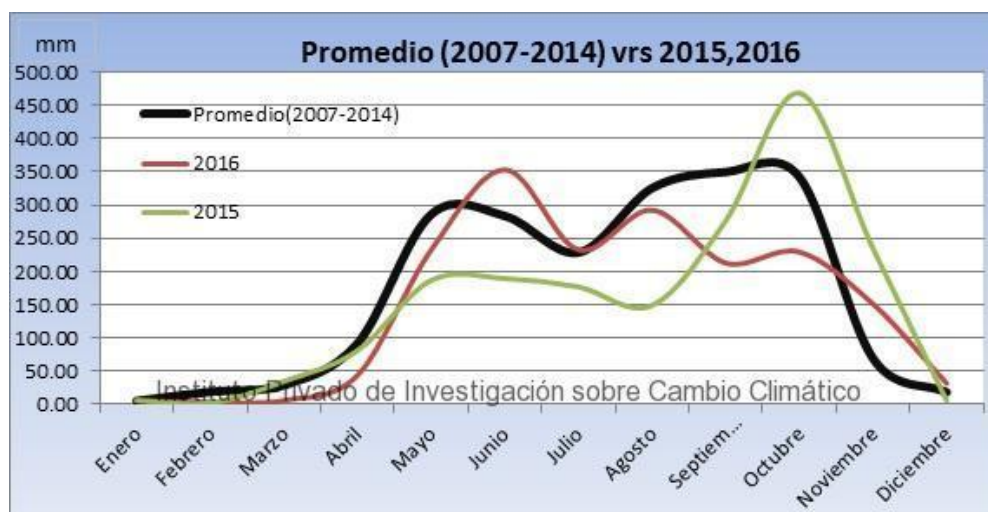


Figura 39A, Comparación de Precipitación promedio mensual (2007-2014) con respecto a la precipitación mensual año 2015 y 2016 en la Costa Sur de Guatemala.

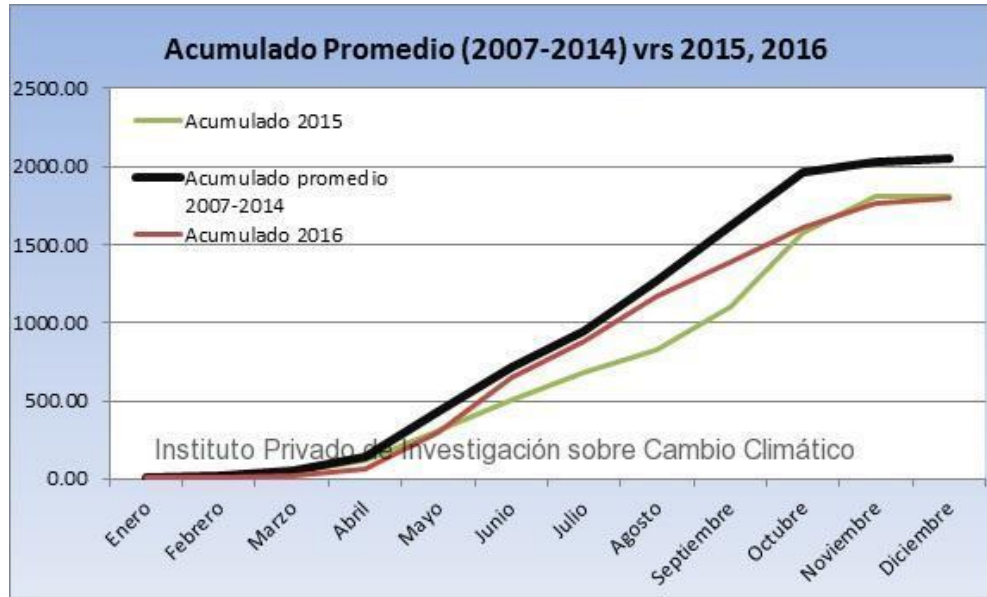


Figura 40A, Comparación de la precipitación promedio acumulada (2007-2014) respecto a precipitación acumulada año 2015 y 2016 en la Costa Sur de Guatemala.