

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE QUITOSANO EN EL CONTROL DE LA
SIGATOKA NEGRA, EN EL CULTIVO DE BANANO; TIQUISATE, ESCUINTLA**
TESIS DE GRADO

CHRISTIAN WILFREDO RABANALES CÓRDOVA
CARNET 16562-13

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2020
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE QUITOSANO EN EL CONTROL DE LA
SIGATOKA NEGRA, EN EL CULTIVO DE BANANO; TIQUISATE, ESCUINTLA**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

CHRISTIAN WILFREDO RABANALES CÓRDOVA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2020

CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTÍNEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: MGTR. LESBIA CAROLINA ROCA RUANO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. LUIS CARLOS TORO HILTON, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. MIGUEL MANUEL OSORIO LÓPEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

DR. WILLIAN ERIK DE LEÓN CIFUENTES

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

| | |
|---|------------------------------------|
| DIRECTOR DE CAMPUS: | P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J. |
| SUBDIRECTORA ACADÉMICA: | MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN |
| SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: | MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ |
| SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: | MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ |
| SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: | MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ |

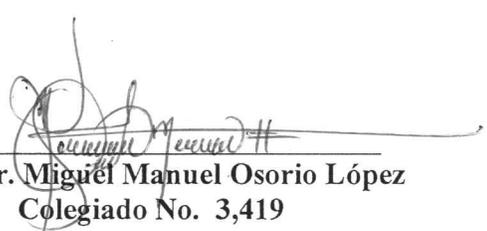
Quetzaltenango, 15 de febrero de 2020

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe Final de Tesis del estudiante: **Christian Wilfredo Rabanales Córdova**, con carné No. **1656213**, titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE QUITOSANO EN EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA, EN EL CULTIVO DE BANANO; TIQUISATE, ESCUINTLA”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea nombrado su revisor, para su aprobación final, previo a su autorización de impresión.

Deferentemente



Ing. Agr. Miguel Manuel Osorio López
Colegiado No. 3,419

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante CHRISTIAN WILFREDO RABANALES CÓRDOVA, Carnet 16562-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06138-2020 de fecha 31 de julio de 2020, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE QUITOSANO EN EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA, EN EL CULTIVO DE BANANO; TIQUISATE, ESCUINTLA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 11 días del mes de agosto del año 2020.



MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 2 |
| 2.1. Cultivo de banano..... | 2 |
| 2.1.1. Taxonomía y morfología..... | 3 |
| 2.1.2. Plagas y enfermedades | 4 |
| 2.1.3. Comercialización..... | 6 |
| 2.1.4. Importancia económica. | 6 |
| 2.2. Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> M. Morelet, 1969)..... | 7 |
| 2.2.1. Interacción planta-patógeno. | 8 |
| 2.2.2. Ciclo biológico | 8 |
| 2.2.3. Síntomas y epidemiología. | 9 |
| 2.2.4. Evaluación del estado de infección. | 10 |
| 2.2.5. Metodología de Stover modificada por Gauhl. | 11 |
| 2.2.6 Control químico..... | 11 |
| 2.2.7. La quitina y el quitosano. | 12 |
| 2.3. Antecedentes | 13 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO..... | 19 |
| 4. OBJETIVOS..... | 20 |
| 4.1. General | 20 |
| 4.2. Específicos | 20 |
| 5. HIPÓTESIS..... | 21 |
| 5.1. Hipótesis alternativa..... | 21 |
| 6. METODOLOGÍA | 22 |
| 6.1. Localización del trabajo | 22 |
| 6.2. Material experimental..... | 22 |
| 6.2.1. Cultivo de banano..... | 22 |
| 6.2.2. Quitosano. | 22 |
| 6.2.3. Mancozeb 80%. | 23 |
| 6.2.4. Mancozeb 40%. | 23 |
| 6.3. Factores a estudiar | 23 |
| 6.4. Descripción de los tratamientos | 23 |
| 6.5. Diseño experimental..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 6.6. Modelo estadístico..... | 24 |
| 6.7. Unidad experimental | 25 |
| 6.7.1. Área del experimento. | 25 |
| 6.8. Croquis de campo..... | 26 |
| 6.9. Manejo del experimento..... | 26 |
| 6.9.1. Preparación de la unidad experimental. | 26 |
| 6.9.2. Aplicación de los tratamientos. | 26 |
| 6.9.3. Control de malezas. | 27 |
| 6.9.4. Fertilización..... | 27 |
| 6.9.5. Riego. | 27 |
| 6.9.6. Control de plagas..... | 27 |
| 6.9.7. Control de enfermedades..... | 27 |
| 6.9.8. Embolse y poda de dedos. | 28 |
| 6.9.9. Cosecha. | 28 |
| 6.10. Variables de respuesta..... | 28 |
| 6.10.1. Eficacia del producto..... | 28 |
| 6.10.2. Días control. | 29 |
| 6.10.3. Componentes de rendimiento..... | 29 |
| 6.11. Análisis de la información..... | 30 |
| 6.11.1. Análisis estadístico..... | 30 |
| 6.11.2. Análisis económico. | 30 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 31 |
| 7.1. Eficacia del producto..... | 31 |
| 7.1.1. Severidad. | 31 |
| 7.2. Días control | 33 |
| 7.3. Componentes de rendimiento..... | 36 |
| 7.3.1. Número de dedos por racimo. | 36 |
| 7.3.1. Calibre. | 38 |
| 7.3.2. Peso de racimo. | 40 |
| 7.4. Análisis económico | 43 |
| 8. CONCLUSIONES | 45 |

9. RECOMENDACIONES46
10. BIBLIOGRAFÍA.....47
11. ANEXOS.....51

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Descripción de los tratamientos de fungicidas evaluados en el control de Sigatoka Negra; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 24 |
| Tabla 2. <i>Datos de campo de severidad de la Sigatoka en porcentaje, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 31 |
| Tabla 3. <i>Transformación de datos de campo de severidad de la Sigatoka, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 32 |
| Tabla 4. <i>Análisis de varianza de severidad de la Sigatoka en porcentaje, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 32 |
| Tabla 5. <i>Prueba de Tukey de severidad de la Sigatoka, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 33 |
| Tabla 6. <i>Datos de campo de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 34 |
| Tabla 7. <i>Análisis de varianza de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 35 |
| Tabla 8. <i>Prueba de Tukey de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 36 |
| Tabla 9. <i>Datos de campo número de dedos por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 36 |
| Tabla 10. <i>Análisis de varianza de número de dedos por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 37 |
| Tabla 11. <i>Prueba de Tukey de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 38 |
| Tabla 12. <i>Promedio de calibre por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 38 |

| | |
|--|----|
| Tabla 13. <i>Análisis de varianza de calibre de racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 39 |
| Tabla 14. <i>Promedio de calibre de racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 40 |
| Tabla 15. <i>Promedio de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 41 |
| Tabla 16. <i>Análisis de varianza de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019</i> | 42 |
| Tabla 17. <i>Prueba de Tukey de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 42 |
| Tabla 18. <i>Rentabilidad económica por hectárea de los diferentes tratamientos establecidos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 43 |
| Tabla 19. <i>Resumen de variables respuesta, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.</i> | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Unidad experimental utilizada en la evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019. | 25 |
| <i>Figura 2.</i> Croquis de campo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019. | 26 |
| <i>Figura 3.</i> Escala de Stover modificada por Gahul, grados de severidad de la Sigatoka Negra (Betancourt, 2001)..... | 61 |

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE QUITOSANO EN EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA, EN EL CULTIVO BANANO; TIQUISATE, ESCUINTLA

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de Quitosano para el control de Sigatoka Negra del banano, en el municipio de Tiquisate, Escuintla; para ello se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando los siguientes productos: T1 (Quitosano 1 L/ha), T2 (Quitosano 2 L/ha), T3 (Mancozeb 80 %, 1.5 kg/ha), T4 (Mancozeb 40 %, 3 L/ha) y T5 (testigo absoluto). Las variables de respuesta fueron: eficacia del producto en porcentaje de severidad, tiempo de control en días, número de dedos por racimo, calibre de racimo, peso de racimo y finalmente se realizó un análisis económico de rentabilidad de todos los tratamientos evaluados. De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que en todas las variables existió diferencia estadística entre los tratamientos, por lo que se efectuó la prueba de Tukey en todos los casos; determinando que el tratamiento número tres, obtuvo el mejor resultado en todas las variables, seguido por el tratamiento número dos y el tratamiento número cuatro. Por lo tanto, se llega a la conclusión que el uso de Quitosano tiene efecto en el control de Sigatoka Negra, resultando una alternativa viable en sustitución de fungicidas químicos, que se puede tomar en cuenta en los programas de control del patógeno, siendo un producto de origen natural que no causa ningún efecto negativo en el ambiente, considerando las tendencias actuales con la regulación del uso de la molécula de Mancozeb en el cultivo.

1. INTRODUCCIÓN

El banano se caracteriza por ser una especie de planta herbácea perteneciente a la familia de las Musaceae, se reproduce de forma asexual a través de cormos. Su tallo está formado por peciolos de hojas curvadas y comprimidas, dispuestas en bandas en espiral que desde el centro van formándose sucesivamente nuevas hojas, según la variedad un racimo puede llegar a tener 100 a 400 frutos (INTA, 2007).

El banano es uno de los principales cultivos de Guatemala representando arriba del uno por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), concentrándose la industria principalmente en doce empresas nacionales y tres empresas internacionales (MAGA, 2015). El cultivo ha cobrado gran importancia económica, según el Banco de Guatemala (Banguat), en el 2015 generó un ingreso de US\$ 759.5 millones, posicionándose en el segundo rubro de mayor ingreso para el país. Dicha producción se extiende en un área de 45,000 hectáreas aproximadamente, ubicándose el 80 % de la producción en el sur del país.

Al cultivo de banano le afectan diversas plagas y enfermedades según el área donde se encuentre establecido. La enfermedad de mayor importancia económica es la Sigatoka Negra, representando alrededor del 40 % del costo/ha al año, asignando el mayor porcentaje en control químico, con fungicidas de acción protectante y fungicidas sistémicos. La mayoría de productores del sur del país, realizan hasta 60 aplicaciones de fungicidas protectantes al año. La Sigatoka Negra puede ocasionar pérdidas del 50 hasta el 100 % de la producción en plantaciones comerciales de banano, debido a la velocidad de reproducción del hongo cuando las condiciones son propicias (Stover, 1972).

La presente investigación tuvo como objetivo principal la evaluación del efecto de Quitosano en el control de Sigatoka Negra en comparación al Mancozeb; se midió la eficacia de los productos, los días control y el rendimiento. Con base a los resultados obtenidos se determinó que Quitosano a una dosis de dos litros por hectárea, tiene un efecto en el control del patógeno, obteniendo un comportamiento similar al efecto de control de Mancozeb en todas las variables evaluadas. Por lo que, se recomienda el uso del biopolímero derivado de la quitina como alternativa en el programa preventivo en el manejo de la enfermedad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo de banano

Inicialmente la producción de banano en Guatemala, fue realizada únicamente por pequeños agricultores, que tenían sus plantaciones cerca de la costa atlántica y vendían la fruta a pequeños comerciantes privados. El comercio del banano para la exportación surgió posteriormente al auge de los ferrocarriles, cuya inauguración de los trabajos de construcción de la vía férrea iniciaron durante el año 1885 con el tramo que va desde la capital guatemalteca hacia Puerto Barrios (Barrios, 2008).

También destaca que dicho cultivo tuvo auge a nivel nacional durante el período presidencial del general Manuel Estrada Cabrera en el año 1901 cuando se tuvo una baja de precio a nivel internacional en el cultivo de café (principal producto de exportación del país), por lo que se buscó un producto sustituto de exportación, llegando incluso a estimularse el cultivo del banano a través del apoyo gubernamental, dando lugar al inicio de las operaciones por la United Fruit Company (UFCO) y The Fruit Despatch Company, la asociación se formó con la intención de agenciarse de todas las importaciones de fruta de los Estados Unidos.

Seguidamente en el año de 1926 el gobierno de la república celebró un contrato con la compañía sueca Guatemala Plantation Limited, el contrato concedía a dicha empresa el uso de tierras a la orilla del océano Pacífico a cambio de la construcción de un nuevo puerto, líneas férreas y nuevos caminos, el contrato se otorgaba por el término de 50 años. Cuando inició sus operaciones, la UFCO movilizó los recursos necesarios para evitar que dicha empresa construyera el puerto, adquiriendo incluso las tierras que habían sido concesionadas a la compañía sueca.

La UFCO tuvo inconvenientes cuando adquirió las tierras de la costa sur del país, debido a que la enfermedad denominada Sigatoka Negra terminó con las plantaciones, lo que provocó que vendiera esas propiedades. Otras empresas compraron el negocio y ha cambiado de propietario varias veces, e incluso en una oportunidad, la UFCO volvió a ser temporalmente, por segunda vez, la propietaria.

Desde el año 2005 para el año 2010 el cultivo de banano en Guatemala mantuvo un crecimiento promedio del siete por ciento anual en cuanto a toneladas métricas producidas, mientras que el crecimiento mundial fue del cinco por ciento. Fue uno de los cultivos que no sufrió un impacto negativo por la crisis económica que se extendió en el año 2008 en los Estados Unidos. La estructura de la industria del banano está conformada principalmente por doce empresas

nacionales que producen alrededor del 85 % y tres empresas internacionales que producen el 15 % restante de la producción nacional, representando estas producciones arriba del uno por ciento del PIB (MAGA, 2015).

2.1.1. Taxonomía y morfología. El banano pertenece a la familia Musaceae, con nombre científico (*Musa sapientum*), siendo fruta de una planta monocotiledónea que mide de 1.50 a seis metros de altura, con rizomas denominadas cepas. Su tallo está formado por peciolos de hojas curvadas y comprimidas, dispuestas en bandas en espiral que desde el centro van formándose sucesivamente nuevas hojas y al extenderse comprimen hacia el exterior las bases de las hojas viejas. Según la variedad un racimo puede llegar a tener 100 a 400 frutos (también llamados dedos), cada uno llega a tener de ocho a 20 centímetros de largo con peso promedio de una a cuatro onzas. A los catorce meses después de la siembra de los cormos o tres meses después de aparecer la yema floral los racimos están listos para ser cosechados (INTA, 2007).

En las musáceas, la lámina de la hoja se compone de dos mitades; cada una de ellas en apariencia prolongada lateral del margen de la vena o nervio central. En el punto en que las dos mitades de la hoja se unen al nervio central, hay dos líneas pálidas, y las bandas pulminares. En su forma general, la lámina de la hoja es de punta roma y cónica, redondeada y hasta auriculada en la base, y la forma basal varía con la edad y con los orígenes botánicos. En grosor varía considerablemente, alcanzando el máximo espesor cerca del nervio central, en las proximidades de la mitad de su longitud, y su mínimo en los márgenes, especialmente hasta el ápice. Las venas o nervaciones de la lámina son casi paralelas entre sí, extendiéndose en un largo trayecto en forma de “s”, desde el nervio central hacia el margen. La porción central de la “s” es virtualmente recta y atraviesa casi toda la mitad de la lámina; a pocos centímetros del margen las venas o nervaduras se curvan hacia adelante, en dirección del ápice de la hoja, para unirse a la vena marginal (IICA, 1983).

Se presentan dos órdenes principales de venas fáciles de distinguir por el hecho de que las principales laterales se encuentran encima de crestas poco pronunciadas y formadas por las plegaduras transversales de la media lámina; las laterales menores se presentan en las superficies planas entre las venas laterales principales. Aparecen intercaladas pequeñas venas ciegas (miden un centímetro de largo) y, uniendo ambos órdenes de laterales, se presentan numerosos haces comisulares pequeños que sirven para el transporte longitudinal además del nervio central. Debe

destacarse que las venas laterales de la hoja del banano no se ramifican, y que el mayor número de venas o nervios cerca del margen de la lámina, en comparación con el número menor cerca del nervio central, es consecuencia de la intercalación (IICA, 1983).

Las estomas se presentan en ambas superficies de la lámina, pero son de tres a cinco veces más numerosos en la superficie del envés que en la superficie del haz. Las estomas varían también de acuerdo con la parte de la hoja en que se encuentran, siendo menos numerosos hacia la base de la lámina que en la parte media o en el ápice. Se ha demostrado que el número de estomas varía con la ploídia. Interiormente, alrededor del 50 por ciento de la lámina está llena de espacios intercelulares aeríferos divididos en el pecíolo y la vaina, en cámaras separadas por tabiques delgados. Los haces vasculares se presentan en las paredes de los canales, y cuanto mayor es el haz, más grande es el desarrollo de tejido fibroso asociado al haz (IICA, 1983).

El tejido en empalizada forma un estrato continuo con un espesor de tres a cuatro capas de células; por encima de este tejido se presenta una hipodermis no clorofílica de dos capas y una epidermis (cuya cutícula está más desarrollada que la de la epidermis inferior). Hacia la superficie inferior de la hoja existe parénquima asimilador, una hipodermis y una epidermis (IICA, 1983).

2.1.2. Plagas y enfermedades

a. Nematodos. El banano es atacado por unos organismos de tamaño microscópico conocidos como nematodos. El ataque de estos organismos se concentra principalmente en las raíces y hace que los síntomas primarios o daño directo a las raíces pasen inadvertidos. Los síntomas secundarios que se manifiestan en la parte aérea de la planta, pueden ser clorosis, disminución del número y tamaño de hojas, mala calidad de los racimos y volcamiento. Las especies que afectan principalmente es el nematodo barrenador (*Radopholus similis*) y el nematodo lesionador de raíz (*Pratylenchus* spp.).

Para saber si en el cultivo hay presencia de nematodo, sólo hay un método seguro a través del análisis de muestras de raíz y suelo en el laboratorio. La importancia económica radica en la pérdida del sistema de raíces, que es la parte fundamental para la nutrición de la planta, el anclaje de la planta y disminución de los rendimientos (Loaiza, 2007).

b. Picudo del banano (*Cosmopolites sordidus*). Es un gorgojo de color negro y cabeza con la prolongación del rostro característico de la especie, en este estado no es dañino. La hembra pone entre diez y 50 huevos aislados en orificios, que escarban en los cormos de las plantas de banano.

La larva emerge entre los seis y diez días, devorando tejidos, abre galerías al interior del cormo provocando debilitamiento en general de la planta cuando se encuentran grandes cantidades de larvas, repercutiendo en el tamaño de racimo y formación del racimo (Anacafé, 2004).

c. Araña Roja (*Tetranychus spp.*). Es una plaga que afecta principalmente en época seca, en los meses de marzo a mayo, siendo ésta una plaga que ataca regularmente plantas que se encuentran en áreas pobres (áreas muy arenosas). Ataca plantilla como planta adulta y se le localiza en las hojas formando colonias, que en la mayoría de casos se les encuentra en el envés, cerca de la nervadura central (vena) pegado al pecíolo de la hoja (Anacafé, 2004).

d. Moko del banano (*Ralstonia solanacearum*). Se le clasifica como bacteria patogénica que induce a la marchitez de tipo arbitrario, ya que provoca una degradación que primariamente invade el sistema vascular a hospedantes manteniéndoles afectado el tejido parenquimatoso e indirectamente es el agente causal de la enfermedad denominada marchitez del banano o “Moko”. Primariamente invade el Xilema, elementos traquearios y afecta el transporte de agua en el hospedero.

La marchitez del banano o “Moko”, probablemente originada de heliconias silvestres en las selvas de Centroamérica, se mencionó por vez primera en 1896 por E. Smith y desde esa época, este tema tiene importancia a escala mundial debido a las pérdidas económicas que ocasiona. Considerada principal enfermedad bacteriana en el mundo desde su descubrimiento en 1896 (Loaiza, 2007).

e. Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Se ha convertido en la enfermedad más perjudicial para la producción actual de banano. Afecta al crecimiento y a la productividad de las plantas y es el motivo principal por el cual los exportadores rechazan la fruta. El hongo (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) reduce la fotosíntesis, así como el tamaño del fruto, e induce a una maduración prematura. Se observó por vez primera en Fiji a comienzos de los años setenta, y una década después en América Latina. Los costos para combatir la enfermedad en las grandes plantaciones rondan los 1,000 dólares por hectárea, pero son mayores en las plantaciones más pequeñas que no pueden aplicar fungicidas vía aérea. Los pequeños agricultores suelen optar por otras medidas de lucha como la eliminación de las hojas viejas infectadas, intercalar cultivos con otros resistentes a la enfermedad y plantar en zonas de sombra parcial, lo que debilita el avance de la enfermedad (Ploetz, 2001).

Puede encontrarse en todo el mundo, a excepción de las Islas Canarias y su gestión en el control se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los productores de banano con fines comerciales (FAO, 2002).

2.1.3. Comercialización. Según FAO (2002), Guatemala ha tenido la superficie plantada más estable de todos los países exportadores de banano de América Latina. La superficie plantada durante las últimas cuatro décadas se ha mantenido casi constante en 20,000 hectáreas y la productividad de las tierras ha aumentado marginalmente. Desde los años sesenta hasta comienzos de los noventa la producción aumentó a un ritmo moderado del uno por ciento anual, pero se incrementó durante los años noventa a una tasa del cinco por ciento anual. Es importante destacar un traslado de la superficie plantada para la producción de banano en la costa oeste en tierras que se cultivaba caña de azúcar, para tener así un acceso fácil a los mercados de la costa oeste de los Estados Unidos.

La comercialización mundial de banano estaba controlada por un pequeño número de empresas hasta el año de 1997, las cuales eran, Dole Foods, Chiquita Brands y Fresh Del Monte manejaban alrededor del 65 por ciento de las exportaciones mundiales. En Guatemala la comercialización de banano se efectúa por unidad de peso. Para el caso del mercado nacional y centroamericano se comercializa en quintales o por unidad de racimo. Cuando se exporta, se comercializa en peso, en unidades denominadas cajas, con un peso neto de 41.50 libras (18.80 kg) cada una (Anacafé, 2004).

2.1.4. Importancia económica. El banano en Guatemala se consideraba la tercera fuente de ingresos procedentes de la exportación agrícola, después del café y el azúcar. Las exportaciones de banano se han incrementado de forma constante a un ritmo del 5.40 por ciento anual desde los años sesenta, pero la mayor parte del aumento se produjo en los noventa. Los obstáculos más importantes para el aumento de la producción y las exportaciones son el transporte y la infraestructura de las comunicaciones, que no está previsto mejorar en este decenio debido al bajo rendimiento de la economía (FAO, 2002).

En el año 2012 el ingreso de divisas de la exportación de banano fue de US\$ 469.90 millones, encontrándose en la tercera posición de los principales productos de exportación para el país. Actualmente ha cobrado gran importancia económica para el país, ya que hasta el 31 de

diciembre de 2015 el ingreso de divisas generadas por exportación fue de US\$ 759.5 millones, superando a café por US\$ 96.5 millones. Esto quiere decir que en el periodo del 2012 al 2015 tuvo un crecimiento del 61 por ciento (Banguat, 2015).

2.2. Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet, 1969)

Según (ITIS, 2017), el patógeno corresponde a la siguiente clasificación:

Reino: Fungi
Filo: Ascomycota
Clase: Dothideomycetes
Orden: Capnodiales
Familia: Mycosphaerellaceae
Género: *Mycosphaerella*
Especie: (*Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet, 1969)

La Sigatoka Negra es la enfermedad foliar más destructiva que afecta el género *Musa*. Directamente afecta solo a las hojas de banano y plátano de manera más rápida y severa que la Sigatoka Amarilla. Se caracteriza por la presencia de gran número de rayas y manchas más notorias por debajo de las hojas, como consecuencia se reduce la fotosíntesis, causando el secamiento y muerte del follaje. En ausencia de medidas de combate de la enfermedad puede reducir hasta en un 50 por ciento el peso del racimo y causar pérdidas del 100 por ciento de la producción debido al deterioro en la calidad (longitud y grosor del fruto). En el caso de combate deficiente, puede inducir maduración prematura de los frutos, ya sea en el campo o durante el transporte a los mercados de destino (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003).

La Sigatoka es la enfermedad del banano más importante a nivel mundial. Su nombre viene del Valle de Sigatoka en las Islas Fiji donde fue identificada por primera vez en 1912. Durante los siguientes 40 años, la enfermedad se difundió a todos los países productores de banano. La Sigatoka negra apareció en América Central en 1934 y en dos años llegó a destruir más de 8,900 hectáreas de banano en Honduras y Surinam. En 1936, programas de fumigación con fungicidas utilizando la Mezcla de Burdeos (cobre y cal) fueron desarrollados para controlar la enfermedad (Croplife, 2018).

Debido a sus características biológicas de mayor producción de ascosporas, mayor número de ciclos sexuales por año y una tasa elevada de colonización de tejidos, la Sigatoka Negra logra rápidamente predominar otras enfermedades foliares del banano menos agresivas (INTA, 2007).

Dicha enfermedad se reproduce en forma asexual y en forma sexual durante su ciclo de vida. La fase asexual se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de la enfermedad (pizcas o manchas), en donde se observa la presencia de un número relativamente bajo de conidióforos (estructuras donde se producen las esporas asexuales llamadas conidias) que salen de los estomas, principalmente en la superficie inferior de las hojas (envés, que es donde se encuentran el 80 por ciento de éstos). Para germinar las conidias no requieren una capa de agua en la superficie foliar, sólo necesitan de una temperatura entre los 20 a 25 °C y una humedad de 92 a 100 por ciento, debido a la alta presión osmótica que presentan (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003).

2.2.1. Interacción planta-patógeno. La especificidad de la interacción banano-Sigatoka Negra está descrita a nivel de especies para el patógeno y a nivel de cultivares para el hospedero representando un patrón de susceptibilidad que varía entre resistencia parcial y alta resistencia. El establecimiento del patógeno en un cultivar susceptible se inicia con la penetración estomatal y su esparcimiento intercelular con una nutrición biotrófica inicial durante un periodo de tres a cuatro semanas, antes de que aparezcan los síntomas necróticos en las hojas. El fenotipo de resistencia parcial parece estar ligado a la acumulación de compuestos fenólicos especializados que se almacenan en las células del parénquima. Los fenotipos de alta resistencia muestran una rápida inducción de los mecanismos de defensa, que inducen a una muerte rápida de las células huésped en los sitios de la infección una reacción que se encuentra en las interacciones incompatibles planta-patógeno (Hoss, Helbig, & Bochow, 2003).

2.2.2. Ciclo biológico

a. Reproducción sexual. La germinación puede ocurrir después de dos o tres horas después de la infección con buenas condiciones de temperatura y humedad; el tubo germinativo aparece de 48 a 72 horas posteriores a la infección. Los signos de la enfermedad empiezan a manifestarse después de diez a doce días posteriores a la infección; presentando un color café rojizo característico. La culminación del ciclo ocurre con la liberación de las primeras ascosporas después de 49 días de iniciada la infección.

La fase sexual es la más importante en la reproducción de la enfermedad ya que se produce un gran número de ascosporas, en estructuras llamadas pseudotecios (también llamadas peritecios). Las ascosporas que son las esporas sexuales, necesitan para germinar entre 25 y 28 °C y una humedad entre 98 y 100 %; en campo las ascosporas tardan de 6 a 8 horas para germinar y de 2 a 4 días en penetrar (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003).

El peritecio, es el órgano sexual femenino, en forma de pera, de color café oscuro, con paredes gruesas, éste emerge del cuello de la superficie de la hoja. Dentro de él, se encuentran las ascosporas en pequeños sacos. Las ascosporas tienen 2 células y son producidas en cantidades de 150 por peritecio, produciendo una sola cosecha durante el ciclo de vida (Bustamante, 1982).

El espermagonio, también tiene forma de pera y emerge su cuello de la superficie de la hoja. Dentro de él se producen las espermacias en cantidades considerables, sin color. Cuando las espermacias maduran, son expulsadas del espermagonio y son llevadas por el rocío o las gotas de lluvia a los peritecios. Es necesario que las espermacias sean fertilizadas, para que las ascosporas maduren y sean expulsadas del peritecio. Las espermacias a diferencia de las ascosporas maduras, no causan infección en la hoja (Fajardo, 1998).

b. Reproducción asexual. La reproducción asexual se presenta en lesiones jóvenes de la enfermedad (estrías dos y tres, también el primer estadio de mancha). Los conidios aparecen en conidióforos sencillos que emergen de las estomas principalmente por la superficie abaxial de las hojas. El esporoquio, es la estructura de reproducción asexual del hongo, está formado por la agrupación de conidióforos. Estos producen los filamentos fungosos denominados conidios, cuando existe una película de agua en la hoja o cuando la atmósfera está saturada de vapor de agua, se trasladan en sentido vertical (Pérez, 2002).

2.2.3. Síntomas y epidemiología. Según (García, 2003), los síntomas y estadios de la enfermedad son los que se describen a continuación.

a. Estadio 1. Se considera como estadio uno el tiempo comprendido desde la llegada del inóculo hasta la manifestación de los primeros síntomas, los cuales suelen aparecer como pequeñas puntuaciones de forma irregular y difusas de color amarillo pálido, de un diámetro aproximado de 0.2 mm, las cuales solo son perceptibles en el envés de las hojas. Estas manchas pueden alargarse y alcanzar aproximadamente un milímetro de longitud con una coloración parda rojiza.

b. Estadío 2. La principal característica de este estado es que las puntuaciones del estadío uno se alargan a longitudes variables y ya son visibles por el haz de las hojas. Se presentan como una pequeña decoloración de uno a tres milímetros, de color café rojizo, visible en el haz y en el envés de la hoja.

c. Estadío 3. La estría aumenta sus dimensiones, haciéndose más larga y más ancha. Es a partir de este estadío que aparecen los conidióforos, los cuales dan lugar a la producción de conidias.

d. Estadío 4. Puede considerarse el primer estado de mancha. Las rayas se ensanchan y toman un contorno, más o menos redondeado, elíptico o fusiforme. La transición de rayas a machas es caracterizada por el desarrollo de un borde acuoso o pardo alrededor de la misma.

e. Estadío 5. Se considera el periodo de latencia para el inóculo sexual, es decir, tiempo desde la llegada del inóculo hasta la generación de ascosporas. El color pardo rojizo se torna pardo oscuro a casi negro, el área central que rodea la mancha se vuelve más pronunciada debido al oscurecimiento. En este estado, puede ocurrir un amarillamiento ligero del tejido de la hoja que rodea el borde acuoso de la mancha. Este estado se caracteriza por el color oscuro casi negro que toma el follaje de las plantas afectadas seriamente por la enfermedad.

f. Estadío 6. El centro de la mancha se seca, se vuelve gris claro y después se deprime. La mancha es rodeada por un borde estrecho bien definido, pardo oscuro o negro. Entre este borde y el verde normal de la hoja, hay un halo amarillento brillante. Después que las hojas se han secado y colapsado, las manchas permanecen claramente visibles debido al centro claro y el borde oscuro. La lesión de color negro, cambia de color en el centro, pasando a gris claro, observándose algunos puntos negros que son los peritecios del hongo.

2.2.4. Evaluación del estado de infección. Es necesario tener una idea clara y precisa del estado sanitario de la finca, para prevenir daños severos al cultivo y su producción. Por esta razón se deben hacer evaluaciones periódicas (semanales o quincenales) sobre la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra en cada finca (Betancourt, 2001).

La mayoría de los métodos empleados para la evaluación de Sigatoka Negra son adaptaciones de aquellos utilizados para la Sigatoka Amarilla. La escala de Stover modificada, de acuerdo con Gauhl, ha mostrado una buena sensibilidad en la observación de las tendencias en el comportamiento de Sigatoka Negra (Asencio, 2004).

2.2.5. Metodología de Stover modificada por Gauhl. Es utilizada para evaluar incidencia y severidad, permite obtener información detallada de la situación sanitaria de la plantación (Betancourt, 2001).

Esta metodología muestra los seis grados que incluye la escala de Stover modificada por Gauhl. El sistema consiste en una estimación visual del área foliar afectada en todas las hojas de plantas próximas a floración, sin necesidad de cortar la hoja (Betancourt, 2001).

Para esta evaluación se toman en cuenta todas las hojas presentes, excepto la hoja candela y las hojas agobiadas. La hoja más cercana a la hoja candela se considera la hoja número uno. El conteo se facilita considerando la distribución en espiral (par e impar) de derecha a izquierda a partir de las hojas uno y dos, contando hacia abajo. Para determinar el área foliar afectada debe estimarse visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja y calcular el porcentaje de la hoja cubierto por los síntomas. Para esto es necesario contar con un patrón o modelo que divide la hoja en proporciones porcentuales (ver Figura 3. Escala de Stover modificada por Gauhl, grados de severidad de la Sigatoka Negra).

2.2.6 Control químico. El uso de agentes químicos continúa siendo el mecanismo de mayor eficacia para controlar diferentes enfermedades, principalmente Sigatoka Negra en variedades susceptibles. Actualmente, el control requiere hasta doce aplicaciones de fungicidas sistémicos y más de 40 ciclos de fungicidas de contacto o protectantes al año, lo cual, para los productores representa entre el 30 y 40 por ciento del presupuesto por hectárea al año. No obstante, el uso inmoderado de fungicidas ha generado problemas de importancia, como lo es, la contaminación ambiental, riesgos para la salud humana, y además, generando la pérdida de sensibilidad del hongo a este tipo de sustancias para su manejo (Céspedes, 2008).

Según Marin, et al (2003), los fungicidas pueden agruparse en tres categorías, según el modo de acción, los cuales son:

a. Fungicidas de contacto o protectantes. Se caracterizan porque actúan de forma preventiva, protegen solo las partes de la hoja donde se aplicó el producto, impidiendo la germinación de las esporas, sin tener acción sobre las infecciones ya establecidas.

b. Fungicidas sistémicos. Estos tienen acción preventiva y curativa. Son adsorbidos por la planta y se movilizan dentro del tejido foliar. El ingrediente activo actúa sobre sitios específicos de

las células del hongo. Esto induce a la formación de razas resistentes si se aplican con mucha frecuencia.

c. Fungicidas penetrantes. El ingrediente activo entra por el tejido vegetal donde tiene una ligera acción sistémica para el control del hongo.

2.2.7. La quitina y el quitosano. La quitina se caracteriza por ser el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza después de la celulosa, se considera un recurso natural renovable, presentando propiedades como, biocompatibilidad, biodegradabilidad y actividad no tóxica hacia ciertas aplicaciones, por lo que se considera como materia prima para obtención de agentes antifúngicos y antimicrobianos. Se encuentra en los crustáceos, en el exoesqueleto de algunos insectos y paredes celulares de muchos hongos y algas. El quitosano es un derivado de la quitina, a partir de la hidrólisis en medio alcalino de la misma. Siendo este un polisacárido y es la forma desacetilada de la quitina (Lárez, 2006).

a. Mecanismos de acción del quitosano. El quitosano puede actuar sobre los microorganismos e inhibir su crecimiento y desarrollo. Investigaciones revelan la permeabilidad de la membrana citoplasmática, mediante la interacción de sus grupos NH_3^+ con componentes fosfolípidos cargados negativamente en las membranas, con lo que se altera el intercambio con el medio, además de la formación de quelatos con los metales de transición y la inhibición de algunas enzimas. El biopolímero también actúa a nivel molecular, sobre los ácidos nucleicos y puede alterar sus funciones, mediante cambios transcripcionales específicos, o inducción a alteraciones estructurales de las células fungosas como la presencia de vesículas en el micelio, células sin contenido citoplasmático, otras desorganizaciones celulares que abarcan la excesiva ramificación y ensanchamiento de la pared celular, la pérdida de la misma y hasta la desintegración del citoplasma (Hernández, Bautista, Velásquez, & Rodríguez, 2005).

El quitosano posee dos enzimas (quitinasas y endo-glucanasas) importantes que degradan polisacáridos en la pared celular del patógeno invasor, en la mayoría de los casos pueden ser categorizadas como proteínas relacionadas con la patogénesis, ya que su expresión a menudo está inducida por una infección. Tienen un papel de protección a través de dos mecanismos distintos. Primero, pueden detener el crecimiento y proliferación del patógeno directamente por hidrólisis de quitina y glucanos componentes presentes en la pared celular de algunos microorganismos invasores, volviendo las células susceptibles a lisis, y segundo, juegan un papel importante

defensivo indirecto sugerido por la observación de que oligosacáridos específicos de quitina y glucanos, liberados por la pared celular del patógeno, actúan como activadores de reacciones defensivas (elicitores) que pueden inducir otro rango de respuestas de defensa en las plantas (Ramírez, Rodríguez, Alfonso, & Peniche, 2010).

2.3. Antecedentes

García (2003), en su tesis titulada estudio comparativo de translocación y difusión hacia la superficie foliar de Azoxistrobina y Bitertanol en hojas de banano y su efecto en la germinación de ascosporas de Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) en áreas adyacentes no tratadas. Se llevó a cabo en la finca Villa Fenix, Izabal. Con el objetivo de determinar el efecto protectante de la Azoxistrobina y el Bitertanol a través de su translocación vía xilema, y posterior difusión hasta la superficie foliar para inhibir la germinación de esporas de Sigatoka. Se evaluaron a intervalos de tres, seis y nueve días después de aplicados. Esta metodología se dividió en fase de campo que comprendió la aplicación de los fungicidas en áreas previamente definidas en la hoja más joven del cultivo de banano. A través del método test de una sola hoja (SLT), la fase de laboratorio que comprendió la descarga de ascosporas sobre el tejido, tanto en el área aplicada como en el área inmediata de aplicación. Las variables fueron, porcentaje de germinación de ascosporas, distancia entre el punto de aplicación y la inhibición de la germinación de ascosporas, porcentaje de germinación de esporas en dirección al movimiento xilematico. Como resultado se obtuvo que el tratamiento Azoxistrobina a los tres, seis y nueve días se traslocó y afloro a mayores distanciamientos sobre la hoja. El tratamiento bitertanol se movió de manera similar con respecto al tratamiento Azoxistrobina en cuanto a translocación. En cuanto a porcentaje de germinación de esporas, Azoxistrobina manifestó el mejor porcentaje. Por lo que se concluye que Azoxistrobina es la molécula que presentara mayores beneficios para el manejo de esta enfermedad, para la zona bajo estudio.

Bonilla (2015), llevó a cabo en su proyecto la evaluación de programas fitosanitarios para el control de Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de plátano, ubicado en Ocos San Marcos. El objetivo del estudio fue evaluar tres programas fitosanitarios, para el control de la enfermedad Sigatoka, en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), para exportación. La metodología utilizada consistió en un diagnostico participativo para obtener información, sobre la problemática de la enfermedad de Sigatoka, en el cultivo de plátano y el conocimiento que los

productores poseen sobre el manejo de la enfermedad. Se utilizó un diseño experimental de bloques compuestos al azar, con tres tratamientos y siete repeticiones, la unidad experimental fue de 64 metros cuadrados, contando con 20 plantas por repetición, de las cuales seis fueron monitoreadas cada semana para establecer la incidencia y severidad de la enfermedad en cada tratamiento, la investigación se realizó en una sola localidad. Las variables a evaluar son, la efectividad de los programas fitosanitarios y el número de hojas funcionales a cosecha. En conclusión, el mejor programa para el control de la enfermedad Sigatoka, es el tratamiento uno que consistió en aplicaciones con intervalos de siete días, cuatro aplicaciones de fungicida preventivo (Mancozeb 1.50 kg/ha) y un fungicida curativo (Tebuconazol a 0.40 L/ha), obteniendo un 19.42 % de severidad y un 36.4 % de incidencia durante las 22 semanas de evaluación. Se determinó que el beneficio/costo para el tratamiento es de Q 1.71, al igual que el tratamiento dos que consisten en aplicaciones con intervalos de diez días, cuatro aplicaciones de fungicida preventivo (Mancozeb 1.50 kg/ha) y un fungicida curativo (Triadimenol 0.40 L/ha).

Ayala (2014), en su tesis titulada, evaluación de la actividad antifúngica del Quitosano contra el hongo (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela. El quitosano es un biopolímero catiónico que presenta diferentes aplicaciones en soluciones como gel, formación de recubrimiento y fibras. El objetivo de esta investigación es la evaluación del quitosano como alternativa potencial para el control de la Sigatoka donde se pretende reducir o eliminar el uso de fungicidas químicos utilizados en el control de la enfermedad, ya que estos representan entre el 40 y 60 % de los costos de producción y causan ciertas alteraciones en la planta. El uso del quitosano es una alternativa viable debido a que es un producto natural biodegradable y no tóxico que no ocasiona daños a la salud humana y vegetal que podría cubrir las necesidades mundiales de la agricultura sustentable. La metodología utilizada consistió en elaborar quitosano con diferentes ácidos, se caracterizaron los quitosanos obtenidos y se compararon con quitosanos comerciales. Se hizo un estudio in vitro contra el patógeno, observándose efectividad contra el hongo a partir de 50 mg/L de quitosano, además se hicieron comparaciones contra otros productos químicos usados para el combate del mismo hongo. Las variables evaluadas consistieron en el número de hojas sanas o libres de infestación de Sigatoka y el tiempo de la maduración de la fruta post cosecha. En la plantación se concluyó con la observación de una mejora sustancial en el aspecto de las plantas, la cantidad de hojas sanas al corte de la Bazota (Bellota) y al final de la cosecha. Además, se observa un efecto post-cosecha de retardo en la maduración de los plátanos.

Jiménez (2008), en su investigación titulada, evaluación del efecto sobre Sigatoka Negra en hojas separadas de banano, Cavendish (variedad Williams), del extracto de (*Melaleuca alternifolia*) en tres zonas del litoral ecuatoriano. La investigación, consiste en mantener un control de Sigatoka Negra con ayuda de extractos de (*Melaleuca alternifolia*) como biofungicida para el control de la enfermedad causada por el hongo (*Mycosphaerella fijiensis*) que afecta a todas las variedades de musáceas; asociándolo con factores tales como el número de aplicaciones, el solvente más apropiado, la tecnología utilizada y la concentración del extracto. El objetivo principal del estudio fue monitorear el agente causal de la enfermedad en banano mediante evaluaciones semanales en campo. Los objetivos específicos son: i) determinar los días de intercambio entre síntomas de la enfermedad Sigatoka. ii) Evaluar el índice de severidad de la enfermedad. Describiendo los antecedentes de los sitios donde se realizó el ensayo y la severidad que manifiesta la enfermedad. La metodología utilizada para evaluar el efecto del extracto sobre el patógeno fue a través de la escala de Stover y la formula de Townsend y Heuberguer que determinó el índice de severidad para el análisis estadístico. Las variables a considerar fueron, la severidad, y los días control de la enfermedad. En conclusión, los resultados obtenidos fueron aceptables según el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis en las tres provincias evaluadas en condiciones de campo, también se utilizó el análisis de varianza utilizando comparaciones Tukey. El extracto de (*Melaleuca alternifolia*) posee propiedades fungicidas al demostrarse la disminución de la severidad de la enfermedad durante el periodo de tiempo en las cuales se realizaron las respectivas observaciones en campo.

Caicedo (2015), con el tema de Tesis, Fungicidas orgánicos para el control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en el cultivo de banano, Valencia, los Ríos, Ecuador. El objetivo de la investigación radica en evaluar el efecto de los fungicidas orgánicos Sonata, Serenade, Max-Fun, para el control de Sigatoka Negra en el cultivo de banano, debido a las exigencias del mercado exclusivo que demanda productos orgánicos y así reducir el uso de agroquímicos. En la metodología utilizada los tratamientos en estudio estuvieron constituidos por el testigo absoluto T1, el fungicida Max-Fun T2 en dosis de dos L/ha, Serenade T3 en la dosis de dos L/ha y Sonata T4 en la dosis de dos L/ha. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, la prueba de rangos múltiples fue de Tukey ($P < 0.05$). Las variables a determinar fueron, la residualidad de los tratamientos y la eficacia de los fungicidas orgánicos mediante la infestación de la Sigatoka Negra, comparándolos con el ritmo de emisión foliar. En conclusión, la variable de

residualidad obtuvo los siguientes resultados a los 49 días: El T1 presento un promedio de 29.20 a, el T2 presento un promedio de 65.93 b, el T3 presento un promedio de 65.60 b, y el T4 presento un promedio de 75.27 c. En la variable de eficacia (porcentaje): El T1 reporto un promedio de 78.68 c, el T2 reporto un promedio de 37.61 b, el T3 reporto un promedio de 37.49 b, y el T4 reporto un promedio de 32.13 a.

Alvarado (2007), en su tesis titulada efecto de la fertilización foliar con Ca Mg, Zn y B en la severidad de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en el crecimiento y la producción del banano (*Musa* AAA, cv. Gran Naine), Costa Rica. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aspersion foliar de Ca, Mg, Zn y B sobre el desarrollo de la Sigatoka, el crecimiento y la producción de banano. Se evaluaron fertilizantes foliares a base de Ca (Foliveex® Ca diez por ciento L AA, 0.70 L/ha/aplicación), B (Foliveex® B Plus 17.50 %, 440 g/ha/aplicación), Mg (Foliveex® Mg ocho por ciento L AA, 0.48 L/ha/aplicación), Zn (Foliveex® Zn 20 % AA, 385 g/ha/aplicación) Zn (Foliveex® Zn 15 EDTA, 513 g/ha/aplicación) y Zn + B (Foliveex® Zn-B 17 % AF, 905 g/ha/aplicación). Las variables a evaluar fueron, altura y circunferencia de la planta madre y el hijo, rendimiento y la severidad de la enfermedad. En conclusión, no hubo diferencias ($P= 0,5217$) entre los tratamientos y el testigo en la altura y circunferencia de la planta madre e hijo. Al igual que en las variables anteriores, no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos ($P= 0,1505$) para las variables de producción. Durante el periodo de crecimiento vegetativo la severidad de la Sigatoka negra fue menor en los tratamientos con Ca y B, mientras que a la floración solo en el tratamiento con Ca se observó una severidad menor ($P= 0,0412$) respecto al testigo que no recibió fertilización foliar. En el periodo de crecimiento vegetativo solo las aplicaciones de Zn (tanto con EDTA como con AA) incrementaron ($P= 0,0028$) los niveles de este elemento en la hoja tres.

Pacheco (2014), en su tesis titulada, identificación de genes expresados en plantas de banano: efecto de inoculación con (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), Guayaquil, Ecuador. Se realizaron dos ensayos con el objetivo de determinar la interacción planta-patógeno en banano y Sigatoka Negra en el invernadero del CIBE- ESPOL, utilizando dos variedades de banano resistente y una variedad susceptible al patógeno. Cada ensayo se realizó en diferentes épocas. En el primero se evaluó la variedad Calcutta cuatro (resistente) y la variedad Williams (susceptible). Cada una fue inoculada con el patógeno. La metodología utilizada consistió en tomar las muestras de hojas número tres a los seis, nueve, doce y 15 días post inoculación (dpi), utilizando nitrógeno

líquido y luego fueron almacenadas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ para los análisis moleculares. Las variables evaluadas consistieron en, severidad de la Sigatoka y número de estomas penetrados de cada variedad de banano. Luego de 15 dpi todas las plantas fueron evaluadas para determinar el grado de infección del patógeno en las hojas dos y tres de acuerdo a Alvarado que es una modificación de la escala de Fullerton and Olsen. Antes de la inoculación primero se obtuvo una suspensión de conidios con cepas provenientes del banco de cepas del CIBE-ESPOL, las cuales fueron recolectadas en distintas provincias del país. Las muestras de hojas recolectadas sirvieron para los análisis moleculares mediante la extracción de ARN, síntesis de ADNc, y la PCR semi-cuantitativo. A los 26 días después de la inoculación se recolectaron muestras de un 0.01 m^2 para realizar un conteo de estomas penetrados por el hongo patógeno. En conclusión, se determinó que existen diferencias significativas en la hoja tres entre Calcutta-4 y Williams.

Llarena (2013), en su proyecto denominado, efecto del uso del fungicida Tridemorph como alternativa en el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en el cultivo de banano; San Marcos. El objetivo del estudio de caso, consistió en analizar los resultados de la aplicación aérea de dos formulaciones del fungicida Tridemorph (Calixin 86 OL y Tridente 86 OL) en el control de (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en el cultivo de banano, en Finca 01 Álamo S.A. La metodología consistió en recabar datos para analizarlos mediante gráficas, prueba de “T” y el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Las variables consideradas en el estudio fueron: número total de hojas por planta, hojas libres de estrías (sanas), cantidad de pizcas por planta y grado de la enfermedad (severidad). Como resultados, al establecer el área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Se concluyó que en el área aplicada con Tridente 86 OL hubo más inculo, que donde se aplicó Calixin 86 OL. Al momento de parición de las plantas de banano se promedió más de diez hojas funcionales y el mínimo aceptado hará que el fruto tenga calidad de exportación es de ocho hojas. Además, los resultados mostraron que las dos formulaciones de Tridemorph fueron eficaces para el control de Sigatoka en el cultivo de banano. Sin embargo, al realizar una comparación de costos, se estableció que con el uso de Tridente se obtiene un ahorro de US\$ 1.2 por hectárea; por lo cual, se recomienda usarlo para el control de Sigatoka en el cultivo de banano por su eficacia y viabilidad económica.

Asencio (2004), en su tesis titulada, 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. El presente trabajo se desarrolló

en la zona de influencia. El objetivo consistió en determinar mediante monitoreos de campo, el comportamiento de las condiciones climáticas, el comportamiento de la enfermedad, así como el establecimiento de las frecuencias de aplicación de los fungicidas utilizados en el control de esta enfermedad. Desarrollándose un programa acorde a las condiciones de clima, estados fenológicos del cultivo y agresividad de la enfermedad, el cual permitirá el manejo de las áreas de producción de plátano de exportación, establecidos en la costa sur de Guatemala. Las variables a evaluar fueron, metodología para evaluación y monitoreo de la incidencia del patógeno, eficacia de los programas de fungicidas. En conclusión, se determinó la metodología de evaluación semanal para la detección de la incidencia de la Sigatoka Negra, mediante la capacitación a supervisores de campo, lo cual permite en la actualidad tomar una decisión de manejo acorde al área que reporte este problema. Puesto que los fungicidas son nuestras armas para el combate de la enfermedad, se implementó un monitoreo trimestral de los fungicidas sistémicos, para determinar el grado de sensibilidad que presentan los mismos respecto a la enfermedad, con lo cual se toma una base para separar las aplicaciones de un fungicida que se detecte con un descenso, en el porcentaje de inhibición de la enfermedad.

Sabando (2015), en su tesis titulada, fungicidas del grupo triazoles para el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plántulas de banano, Quevedo, Ecuador. Efectuada de febrero hasta abril de 2015, en la Finca La María. El objetivo principal consistió en la evaluación de cuatro fungicidas del grupo químico de Triazoles para el control de Sigatoka Negra en plántulas de banano. Los tratamientos estudiados fueron: T1 Opal (Epoconazole) a una dosis de 1.25 L/ha, T2 Sico (Difenoconazole) a 0.40 L/ha, T3 Silvapur (Tebuconazole + Triadimenol) a 0.50 L/ha y T4 Milstar (Flutriafol) a 0.40 L/ha. La metodología utilizada para la evaluación fue la de Stover modificada por Gaul. Las variables analizadas fueron: eficacia del producto, residualidad del producto (%), área foliar afectada (AFA) y hojas totales. En conclusión, la eficacia (índice de infección) en la hoja número dos, a los 49 días después de la aplicación se observó que si existió diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los fungicidas y el testigo, en términos de índice de infección el T2 presentó un nivel tres de la escala de Stover, lo cual se concluye que es una baja infección. Para la variable de residualidad de los fungicidas se determinó en hoja uno, a los 49 días después de la aplicación la cual no hubo diferencia estadística significativa entre los fungicidas y el testigo. Desde el punto de vista beneficio costo el fungicida Opal (Epoconazole) presentó menor costo de aplicación y una eficacia aceptable para el control de la Sigatoka Negra en el cultivo de banano.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En Guatemala, el cultivo de banano ha cobrado gran importancia económica, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos de exportación y empleo. Según el Banco de Guatemala (Banguat) hasta diciembre de 2015, el ingreso de divisas generadas por la exportación de banano fue de US\$759.50 millones, superando a café por US\$96.50 millones. Este rubro representa alrededor de 45,000 hectáreas en producción en todo el país. Guatemala es reconocida a nivel mundial por ser un país altamente productivo en ese cultivo específicamente (3,500 a 4,500 cajas por hectárea al año).

La sanidad vegetal es de suma importancia para garantizar una producción que cumpla con las exigencias del mercado, tomando en cuenta aspectos ambientales. La enfermedad de mayor importancia económica en el cultivo es la Sigatoka Negra, que puede afectar hasta el 80 % de las producciones si no existen programas de control efectivo (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003). Para los productores de todo el sur de Guatemala representa arriba del 40 % del costo/ha al año, aplicando hasta 60 ciclos de fungicidas protectantes, principalmente Mancozeb. El cual tiene limitantes de uso según la Red de Agricultura Sostenible (RAS), ya que se encuentra dentro del listado de plaguicidas para uso con mitigación de riesgo, porque tiene riesgo para la vida silvestre (RAS, 2017).

Un estudio realizado por (Ayala, y otros, 2014) donde evaluaron la actividad antifúngica del Quitosano para el control de Sigatoka Negra en el cultivo de plátano, efectuado en Venezuela, a una dosis de 0.05 g/L de ingrediente activo, obtuvo una efectividad in-vitro del 100 % de esporas inhibidas en su germinación.

Esta investigación evaluó el efecto del Quitosano como una alternativa para el control de Sigatoka. Siendo un bioestimulante y activador de los mecanismos naturales de autodefensa de las plantas, permitiendo la reducción del uso de fungicidas protectantes para el control de dicha enfermedad. Para ello se consideró determinar su eficacia, el tiempo de control, efecto de la aplicación en los componentes de rendimiento, incluyendo el costo beneficio de la aplicación de los tratamientos.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluar el efecto de Quitosano en el control de la Sigatoka Negra del banano.

4.2. Específicos

Establecer la eficacia de control de Sigatoka Negra del banano por efecto del Quitosano.

Determinar el tiempo de control de la Sigatoka en los diferentes tratamientos.

Evaluar el efecto de la aplicación de Quitosano sobre los componentes de rendimiento (peso de racimo, calibración y número de dedos por racimo) en el cultivo de banano.

Determinar la relación costo beneficio de los tratamientos para control de Sigatoka.

5. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis alternativa

Al menos uno de los tratamientos mostrará un efecto sobre la eficacia en el control de Sigatoka Negra.

Al menos uno de los tratamientos mostrará un efecto sobre el tiempo de control de la Sigatoka Negra.

Al menos uno de los tratamientos presentará un efecto sobre los componentes de rendimiento del cultivo de banano.

6. METODOLOGÍA

6.1. Localización del trabajo

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca Primavera 07, perteneciente a la empresa Palo Blanco, S.A., Tiquisate, Escuintla, ubicada a una altura de diez metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de Latitud norte 14°05'03" y Longitud oeste 91°27'35". El municipio se localiza a 87 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla y a 145 kilómetros de la capital de Guatemala.

El municipio de Tiquisate posee un clima cálido que oscila entre los 17 a 35 grados centígrados. La precipitación pluvial promedio es de 2,700 milímetros anuales, con una humedad relativa promedio del 79 por ciento. La velocidad media del viento es de 2.10 kilómetros por hora con orientación hacia el sur (Segeplan, 2006)

Según los mapas de capacidad de uso elaborados por el MAGA, los suelos del municipio no presentan irregularidades bien pronunciadas, ya que se caracteriza por ser de un tipo de llanura aluvial que sirve a los ríos Icán, Nahualate y Madre Vieja, así como de restos de superficies planas originadas por sedimentos fluviales. Aunque si existen pequeñas elevaciones de tierra consideradas cerros, por ser de una magnitud menor que un monte o montaña. Se encuentran dos clases de suelos principalmente, Arenoso y Arcilloso (MAGA, 2015).

6.2. Material experimental

6.2.1. Cultivo de banano. El material experimental fue una parcela de banano variedad Gran Enano, es la variedad más utilizada por la gran mayoría de productores de la costa sur de Guatemala. Se caracteriza por tener un área foliar muy extensa, posiblemente la mayor del subgrupo Cavendish. El pseudotallo posee un grosor considerable y es muy resistente, el corno es grande con un sistema radicular extenso, las raíces son gruesas y fuertes, lo que permite mayor anclaje al suelo. Este cultivo por sus características tiene un alto potencial de producción que oscila entre 3,000 a 4,500 cajas/ha (56.60 a 84.88 t/ha). No es susceptible al volcamiento provocado por vientos fuertes (USAC, 2004).

6.2.2. Quitosano. Los activos de quitosano actúan como inductores de los mecanismos de respuesta de las plantas a los factores adversos tales como ataques de plagas o condiciones de estrés. Los extractos que contiene y el ion fosfito promueven en las plantas la producción de

sustancias defensivas, tales como, fitoalexinas, quitina y proteínas de defensa específica; teniendo un efecto residual y actuando de forma local y sistémica (Albamilagro, 2017). Para efectos de la investigación se utilizará Kiforce®.

6.2.3. Manzcozeb 80 %. Fungicida de uso agrícola, de contacto y protectante de amplio espectro. Actúa sobre la producción de energía, al reaccionar con grupos sulfidrilos (-SH) de proteínas, principalmente enzimas dentro de las células, ocurriendo una acción multi-sitio (Duwest, 1997). Se utilizará Manzate® 80 WP.

6.2.4. Mancozeb 40 %. Es un fungicida protectante con amplio espectro de acción, del grupo Ditiocarbamatos. Forma una capa protectora sobre el follaje, que inhibe la germinación de esporas, detiene el crecimiento del tubo germinativo e impide la formación de apresorios. Es multi-sitio, induce la inhibición de varias enzimas, inactiva grupos sulfidrilos (-SH), impide formación de Adenosin Trifosfato (ATP), afecta lípidos de la membrana e inhibe la respiración del hongo (Induparts, 2016). El producto comercial a utilizar será Flonex® 40 SC.

6.3. Factores a estudiar

Se evaluó el efecto antifúngico de Quitosano para el control de Sigatoka en el cultivo de banano.

6.4. Descripción de los tratamientos

En el siguiente cuadro se presentan los tratamientos que se evaluaron en la finca Primavera 07, Tiquisate, Escuintla. Las dosis fueron establecidas tomando en cuenta la recomendación del fabricante de los productos.

Tabla 1.

Descripción de los tratamientos de fungicidas evaluados en el control de Sigatoka Negra; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamiento | Descripción | Dosis |
|-------------|------------------|------------|
| 1 | Quitosano | 1 L/ha |
| 2 | Quitosano | 2 L/ha |
| 3 | Mancozeb 80 % | 1.50 kg/ha |
| 4 | Mancozeb 40 % | 3 L/ha |
| 5 | Testigo absoluto | - |

6.5. Diseño experimental

De acuerdo a Sitún (2007), el diseño experimental de bloques completos al azar, es el más utilizado en experimentación agrícola donde se evalúa un solo factor y cuando se identifica una gradiente de variabilidad definida en un solo sentido. El área para establecer el experimento se divide en bloques homogéneos, buscando que las unidades experimentales dentro de cada bloque sean lo más homogéneo posible. En este diseño experimental los tratamientos se designan al azar a las unidades experimentales de cada bloque, los bloques se colocan en forma perpendicular a la gradiente de variabilidad, en cada bloque de cada tratamiento debe aparecer una sola vez; las ventajas de este diseño es que se obtienen resultados más exactos debido a que se pueden incluir cualquier número de tratamientos hasta donde se puedan establecer bloques relativamente homogéneos.

6.6. Modelo estadístico

Sitún (2007), indica que el modelo estadístico asociado al diseño de Bloques completos al azar es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, r$$

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

μ = media general de la variable de respuesta.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = error asociado a la ij -ésima unidad experimental.

6.7. Unidad experimental

6.7.1. Área del experimento. Cada unidad experimental consistió en una parcela bruta con un área de 229.13 metros cuadrados (7.50 m x 30.55 m), conformándose por tres surcos de trece plantas de 2.50 m, entre surco y 2.35 m entre planta, para un total de 39 plantas. La parcela neta de cada unidad experimental se conformó por nueve plantas, ocupando un área de 52.88 metros cuadrados (2.50 m x 2.35).

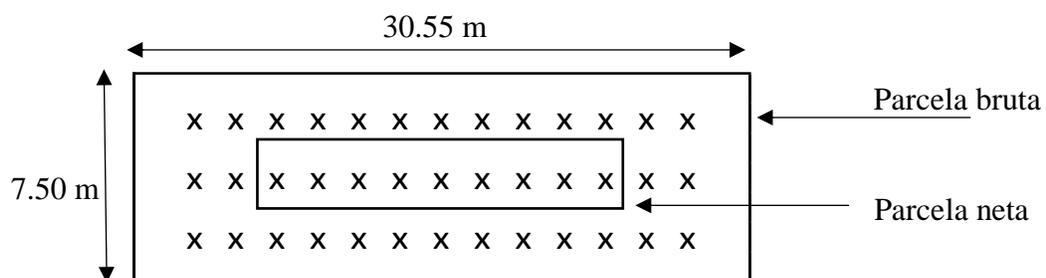


Figura 1. Unidad experimental utilizada en la evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

El experimento contó con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 20 unidades experimentales que ocuparon un área general de 5,500.95 metros cuadrados (169 m x 32.55 m), en la cual se establecieron 780 plantas de banano variedad Gran Enano. Entre cada tratamiento habrá una distancia de 2.50 m y entre cada bloque o repetición habrá una distancia de 5 m para identificar de una mejor forma.

6.8. Croquis de campo

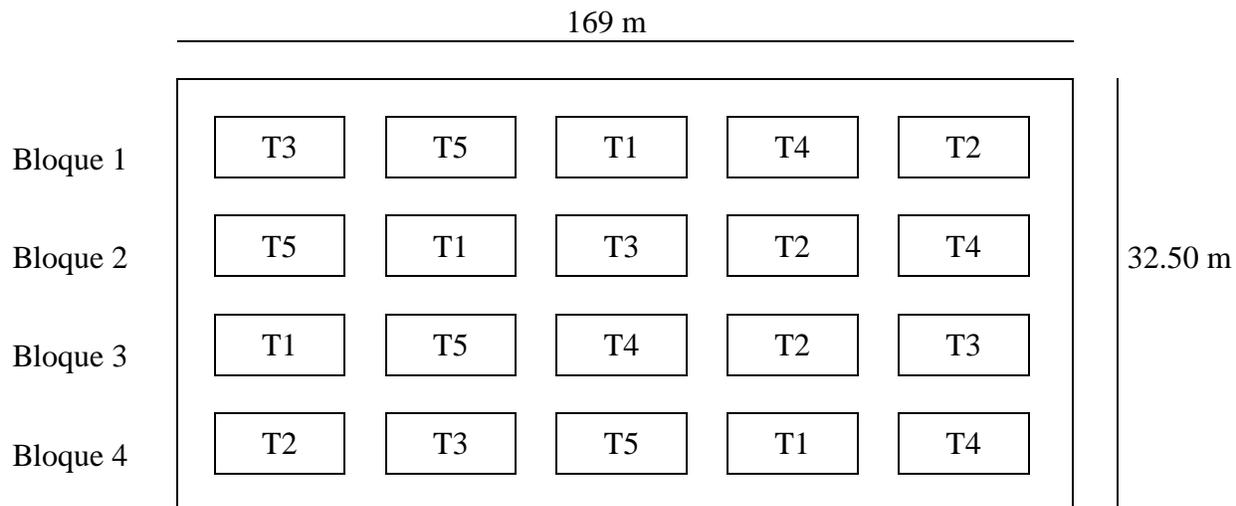


Figura 2. Croquis de campo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

6.9. Manejo del experimento

Las actividades que se realizaron durante la evaluación fueron las siguientes:

6.9.1. Preparación de la unidad experimental. La finca cuenta con un área experimental que está delimitada por una pared de concreto para evitar riesgos de contaminación a la plantación comercial y obtener datos homogéneos en las evaluaciones. La parcela cuenta con material ya establecido, lo cual se procedió a seleccionar una planta hijo por unidad de producción con una edad promedio de diez semanas o cinco a seis hojas verdaderas para iniciar la aplicación. Se identificaron los diferentes tratamientos en los surcos correspondientes. Para fines de evaluación se tomaron nueve plantas al azar y se identificaron con papel etiqueta, dado para todos los tratamientos.

6.9.2. Aplicación de los tratamientos. Se aplicaron los tratamientos en las plantas, haciendo uso de una bomba motorizada con capacidad de 15 L, en un volumen de 2.50 litros de mezcla, para cada tratamiento. Para calcular la cantidad de producto para la mezcla se tomó como base el volumen de aplicación que se utiliza vía aérea, el cual es de 25 L/ha de mezcla con agua. La frecuencia de aplicación de los tratamientos fue cada seis días.

a. Cantidad de producto utilizado. Se utilizaron 2.50 gramos de corrector de pH, 10 centímetros cúbicos de adherente, 0.10 litros de Quitosano, 0.20 litros de Quitosano, 0.15 kg de Mancozeb 80 % y 0.30 litros de Mancozeb 40 %.

b. Orden de mezcla. Se inició por corregir el pH de los 2.50 L de agua de cada tratamiento. Para preparar la mezcla se utilizó inicialmente 1.25 L de agua (corregida), tratamiento, adherente y el complemento de agua. En todo el proceso se mezcló constantemente, una vez se completó el volumen de mezcla se mezcló durante cinco minutos.

6.9.3. Control de malezas. Se llevó a cabo un estricto control de malezas para evitar hospederos de plagas y enfermedades. Se utilizó el método manual y químico, con una frecuencia de cinco semanas.

6.9.4. Fertilización. En la finca se llevan a cabo dos tipos de fertilizaciones, las cuales son, al voleo y en fertirriego. Para el caso de la fertilización al voleo se llevó a cabo con una frecuencia de tres meses y la fertilización en el riego de forma semanal, de acuerdo al programa establecido por la finca.

6.9.5. Riego. El requerimiento de agua del cultivo es altamente demandante y exigente, ya que la planta de banano está conformada en un 90 por ciento de agua. La finca realiza tres aplicaciones de agua por aspersión durante el día, con un tiempo de 45 minutos, para garantizar una aplicación de cuatro a seis milímetros de lámina de riego al día.

6.9.6. Control de plagas. La plaga de mayor incidencia en la finca es el picudo del banano. Este se controló en forma manual con trampas y aplicaciones de Imidacloprid cada seis meses. Otra plaga de importancia es la araña roja, siendo su control de forma programada con una aplicación mensual de Azufre.

6.9.7. Control de enfermedades. La enfermedad de mayor importancia es la Sigatoka Negra, seguidamente es la pudrición del corno dada por el ingreso de la bacteria (*Erwinia* sp.), a través de la larva del picudo al momento que hace las galerías. Se llevó a cabo controles de prevención del insecto y en caso de existir plantas con pudrición solamente se lleva a cabo la

extracción y remoción completa de la planta del lugar, posteriormente se aplica cal hidratada y amonio cuaternario en el área afectada.

6.9.8. Embolse y poda de dedos. El embolse se llevó a cabo una vez la inflorescencia del banano abrió la primera bráctea. Se colocó bolsa plástica tratada con Bifentrina al dos por ciento y Buprofezin al 0.10 por ciento. Una semana después del embolse se procedió a la poda de dedos, la cual consistió en eliminar los dedos deformes de las pencas o manos del racimo, también se eliminaron las manos que no tuvieron un mínimo de 4.50 pulgadas de longitud en cada banano, dejando el racimo con un mínimo de seis manos y un máximo de nueve. Una vez definida la cantidad de manos del racimo, se procedió a colocarle una cinta que identifique en que semana se embolsó.

6.9.9. Cosecha. Este proceso se llevó a cabo basándose en dos criterios: a) edad del racimo después de haberse embolsado, de 70 a 84 días. b) calibre del racimo, el cual se tiene como mínimo el número 40 en la mano apical y el número 46 en la mano basal. Una vez cortado el racimo se procedió a la selección de gajos, excluyendo los bananos dañados por el manejo de cosecha o plagas como la tortuguilla (*Colaspis* sp.). Posteriormente se pasó por el proceso de deslechado, que consiste en sumergir los gajos en piletas que contienen cloro. Luego se pasó por una cámara de fumigación post cosecha, por último, pasó al área de empaque donde se acomodaron en gajos de tres hasta siete dedos, acumulando en la caja de 90 a 105 dedos.

6.10. Variables de respuesta

6.10.1. Eficacia del producto

a. Severidad. Se evaluó considerando el porcentaje de infección, apoyándose en la escala de signos visuales de Stover, modificada por Gauhl, la cual se estima de forma visual, tomando en cuenta el área total de la lámina foliar cubierta por los síntomas (en cualquiera de sus seis estadíos) de la enfermedad. Se consideró la hoja más joven infectada de Sigatoka Negra. La evaluación se llevó a cabo con una frecuencia de siete días, durante un periodo de doce semanas. La eficacia de los productos está dada por el menor porcentaje de severidad que se presente hasta la hoja más joven infectada.

Dicha escala está basada en seis grados, de los cuales cada uno representa un rango de porcentaje de la severidad presente en la lámina de la hoja. Partiendo del grado uno, se considera a partir de una hasta diez pizcas presentes en la hoja; grado dos, representa el cinco por ciento de cobertura con signos de la enfermedad; grado tres, contempla un rango del seis al 15 por ciento; grado cuatro, considera del 16 al 33 por ciento; grado cinco, está dado del 34 al 50 por ciento y por ultimo grado seis, se considera a partir del 50 por ciento de cobertura de la enfermedad presente en la hoja.

6.10.2. Días control. Para la evaluación se consideró el número de días control, partiendo desde la primera aplicación, hasta el aparecimiento de la enfermedad en estadio seis, que ya es considerada como quema o estado maduro de la enfermedad (Monreri S.A., 2017). Una vez se manifestó la enfermedad en estado de quema, se procedió a remover el tejido dañado a través del control cultural con cirugías o poda de hojas completas.

6.10.3. Componentes de rendimiento

a. Número de dedos por racimo. Se llevó a cabo el conteo de dedos por mano y total por racimo en cada uno de los tratamientos, después haber realizado la cosecha en campo, tomando en cuenta los parámetros mínimos de ocho pulgadas de longitud de pulpa a punta y que los dedos no presentaran ningún tipo de deformación.

b. Calibre. La calibración se llevó a cabo después de haber cosechado el racimo al momento de la selección de la fruta, se midió el calibre de las manos apicales y sub-basales del mismo. Se utilizaron calibreadores móviles para obtener un calibre más exacto.

c. Peso de racimo. Posterior a la cosecha se pesó por completo el racimo, incluyendo el raquis. Luego de la selección se pesó la fruta de primera calidad o procesable (kg/racimo). También se pesaron los frutos dañados por manejo durante la cosecha y otros factores, para determinar el aprovechamiento del racimo.

d. Rendimiento. El rendimiento se determinó a partir del aprovechamiento del racimo (kg/racimo), tomando en cuenta el número de racimos producidos por hectárea. Se tomó en cuenta el rendimiento en cajas/ha para el análisis económico, siendo un parámetro de importancia en el ámbito bananero.

6.11. Análisis de la información

6.11.1. Análisis estadístico. Para el análisis de la información se procedió a la toma de datos, a través de la utilización de una boleta de datos de campo. Posteriormente se procedió a realizar el análisis estadístico de varianza (ANDEVA). Una vez presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba múltiple de medias Tukey al cinco por ciento, determinando el tratamiento que presentó los mejores resultados según y acorde a la variable que se analizó. El análisis de los datos estadísticos se realizó a través de una hoja electrónica Excel y luego utilizando el software de INFOSTAT (López & Gonzáles, 2013).

6.11.2. Análisis económico. Como criterio de decisión basado en la rentabilidad de un proyecto, se realizó un análisis económico determinando el tratamiento con mayores beneficios a un menor costo. Si los tratamientos tienen medias de rendimiento, que son significativamente diferentes, muestran diferencias de costos, y en general presentan una relación directa entre los costos y los beneficios obtenidos, por lo que, a medida que aumentan los costos, aumentan los beneficios. Se enfocó empleando el análisis económico de presupuestos parciales, porque únicamente se tomaron en consideración los costos que están asociados con la decisión de usar o no un tratamiento, siendo esto los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro (Reyes, 2001).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Eficacia del producto

7.1.1. Severidad. Es un indicador importante en la evaluación de fungicidas protectantes para determinar la eficacia de control, la cual permitió conocer el comportamiento del patógeno durante el desarrollo de la investigación. Para ello, se utilizó la metodología de Stover, modificada por Gauhl, que de manera visual basada en una escala definida se obtuvieron los datos de campo expresados en porcentajes, para cada uno de los tratamientos evaluados, con una frecuencia de siete días, los cuales se presentan en la tabla número dos.

Tabla 2.

Datos de campo de severidad de la Sigatoka en porcentaje, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 9.86 | 9.64 | 9.35 | 10.03 | 38.87 | 9.72 |
| 2 | 8.15 | 8.60 | 8.74 | 8.80 | 34.28 | 8.57 |
| 3 | 7.92 | 8.76 | 8.36 | 8.56 | 33.60 | 8.40 |
| 4 | 9.04 | 8.69 | 8.91 | 9.13 | 35.76 | 8.94 |
| 5 | 13.53 | 13.20 | 13.50 | 14.48 | 54.71 | 13.68 |
| TOTAL | 48.50 | 48.89 | 48.85 | 50.99 | 197.22 | 9.86 |

En la tabla anteriormente descrita se puede observar la importancia del uso de fungicidas protectantes para el control de Sigatoka Negra, debido a la diferencia marcada entre el promedio del testigo absoluto y los demás tratamientos, siendo el tratamiento número tres (1.50 kg/ha de Mancozeb) que presentó el menor porcentaje de severidad con 8.40 %, lo cual refleja la disminución de la germinación de las esporas del hongo impactando directamente en la severidad del patógeno (Duwest, 1997). Seguidamente se observa que el tratamiento número dos (2 L/ha de Quitosano) presenta el 8.57 %, teniendo una diferencia de 0.17 % respecto al tratamiento número tres y 5.11 % menos que el tratamiento número cinco (testigo absoluto). Por lo tanto, se determinó de forma numérica que el efecto de Quitosano en el control de la enfermedad de mayor importancia económica en el cultivo de banano, es similar a la molécula de Mancozeb. Por lo que se puede utilizar como alternativa en el manejo de la enfermedad. El fungicida químico ha sido utilizado desde hace más de medio siglo y sigue aplicándose hasta 60 ciclos en el año, con un mínimo de 1,100 gramos de ingrediente activo por hectárea.

Para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar un análisis de varianza de los datos obtenidos en campo correspondientes a la variable, el cual se presenta posteriormente en la tabla número cuatro. De acuerdo con Sitún (2007), en el caso de datos obtenidos en porcentajes, se recomienda realizar la transformación de los mismos, para obtener resultados estadísticos representativos, a través del Arco seno de cada uno, como se presenta en la tabla número tres.

Tabla 3.

Transformación de datos de campo de severidad de la Sigatoka, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 18.30 | 18.09 | 17.80 | 18.46 | 72.65 | 18.16 |
| 2 | 16.59 | 17.05 | 17.20 | 17.26 | 68.10 | 17.03 |
| 3 | 16.34 | 17.22 | 16.81 | 17.01 | 67.38 | 16.85 |
| 4 | 17.50 | 17.14 | 17.37 | 17.59 | 69.60 | 17.40 |
| 5 | 21.58 | 21.30 | 21.56 | 22.37 | 86.81 | 21.70 |
| TOTAL | 90.31 | 90.80 | 90.74 | 92.69 | 364.54 | 18.23 |

Como se puede observar en la tabla descrita anteriormente, los datos no representan un valor numérico real, únicamente son el resultado de la transformación de los datos de campo que permitieron llevar a cabo el análisis estadístico con mayor representatividad para el caso de la variable evaluada. De manera que, se procedió a realizar el análisis de varianza para poder determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 4.

Análisis de varianza de severidad de la Sigatoka en porcentaje, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| FV | GL | SC | CM | FC | FT5% | FT1% | SIGNIFICANCIA |
|--------------|-------|-------|-------|--------|------|------|---------------|
| Tratamientos | 4.00 | 64.49 | 16.12 | 188.20 | 3.26 | 5.41 | ** |
| Bloques | 3.00 | 0.67 | 0.22 | 2.62 | 3.49 | 5.95 | NS |
| Error | 12.00 | 1.03 | 0.09 | | | | |
| Total | 19.00 | 66.19 | | | | | |

CV= 1.61

CV= coeficiente de variación, NS= No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo.

Al someter los datos transformados de severidad en porcentaje al análisis de varianza se obtuvo un coeficiente de variación del 1.61 % lo cual indica que los datos obtenidos son confiables. También se determinó que la F calculada es superior a la F tabulada al 5 % y al 1 %, esto comprueba que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, no así para los bloques que no existió diferencia significativa, por lo tanto, se realizó la prueba de Tukey. Para tal efecto, se detalla en la tabla número cinco el resultado obtenido de la prueba múltiple de medias, determinando el tratamiento con mayor eficiencia en el control del patógeno en base al porcentaje de severidad obtenido durante la evaluación.

Tabla 5.

Prueba de Tukey de severidad de la Sigatoka, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | Literal |
|--------------|--------|---|------|---------|
| 3 | 16.85 | 4 | 0.15 | A |
| 2 | 17.03 | 4 | 0.15 | A |
| 4 | 17.40 | 4 | 0.15 | A |
| 1 | 18.16 | 4 | 0.15 | B |
| 5 | 21.70 | 4 | 0.15 | C |

DMS= 0.65967; GL= 12; Error= 0.0857

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

Según Bonilla (2015), el manejo de la Sigatoka debe tomar en cuenta aplicaciones de fungicidas protectantes específicamente Mancozeb al 80 % con una dosis de 1.50 kg/ha con una frecuencia igual o menor a siete días. También está directamente relacionado el tiempo de germinación de la espora y el desarrollo del tubo germinativo en la hoja más joven emergida, que oscila entre los tres y diez días después de la infección. Existen tres grupos estadísticos, en el primero se encuentran los tratamientos tres, dos y cuatro, los cuales se obtuvieron los mejores resultados en el control del patógeno; en el segundo grupo se encuentra el tratamiento uno y en el tercero el tratamiento cinco, siendo el testigo absoluto.

7.2. Días control

Los días control, se basan principalmente, desde el inicio de las aplicaciones de fungicidas protectantes, hasta la aparición del estadio seis de la enfermedad en cualquiera de las hojas de la planta (Monreri S.A., 2017). De acuerdo a observaciones de campo y experiencias de los técnicos del departamento de plagas y enfermedades, los días control, son de importancia para el manejo de

la Sigatoka Negra ya que influye en la disponibilidad de tejido foliar en la planta, porque al momento de presentarse el estado maduro de la enfermedad se procede a realizar cirugías o poda de hojas completas, afectando directamente el desarrollo del cultivo y todos los procesos relacionados a la fotosíntesis. Otro aspecto importante, es mantener el número de hojas sanas, ya que, las empresas exportadoras de banano, exigen un mínimo de cinco hojas libres de síntomas de la enfermedad. A continuación, en la tabla número seis se presentan los datos correspondientes a los días control que efectuó cada tratamiento, durante la evaluación.

Tabla 6.

Datos de campo de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|----------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 63 | 49 | 56 | 49 | 217 | 54.30 |
| 2 | 70 | 70 | 63 | 56 | 259 | 64.80 |
| 3 | 77 | 70 | 63 | 70 | 280 | 70.00 |
| 4 | 63 | 70 | 63 | 56 | 252 | 63.00 |
| 5 | 35 | 42 | 35 | 35 | 147 | 36.80 |
| TOTAL | 308 | 301 | 280 | 266 | 1,155.00 | 57.80 |

Como se puede observar en la tabla descrita anteriormente, existe una diferencia numérica importante en el promedio de los días control de los tratamientos, lo cual indica que la aplicación de fungicidas preventivos es indispensable en los programas para el control de la enfermedad. En el caso del tratamiento número tres, el tratamiento número dos y el tratamiento número cuatro presentan mayor diferencia en días control respecto al testigo absoluto, que es el tratamiento número cinco. El ciclo del cultivo de banano dura entre 260 y 315 días, desde su establecimiento hasta la cosecha, para el caso de siembras nuevas. En el caso de plantaciones establecidas se tienen hasta 1.70 racimos o ciclos por unidad productiva, lo cual representa que después de la cosecha de la planta madre transcurren entre 190 y 240 días para cosechar el racimo de la planta hija. Por lo que, en plantaciones nuevas se comienza a proteger la planta, a través de aplicaciones de fungicidas protectantes a partir de los 30 días después de siembra, estableciendo ciclos entre seis y siete días; posterior a ello, es necesario realizar la primera aplicación de fungicida sistémico a una edad entre 84 y 98 días, ya que, se espera un tiempo mínimo de 56 días control de los fungicidas protectantes. En el manejo de la enfermedad en plantaciones establecidas, se consideran entre 54 y 60 ciclos de

Mancozeb al año, aplicando un mínimo de tres fungicidas sistémicos y un máximo de seis en el mismo período, basándose en el monitoreo frecuente de la severidad de la enfermedad. Comprobando que el tratamiento número tres (1.50 kg/ha de Mancozeb al 80 %) presenta una media de 70 días control, seguido por el tratamiento número dos (2 L/ha de Quitosano) con una media de 64.80 y el tratamiento número cuatro (3 L/ha de Mancozeb al 40 %) con una media de 63, los cuales se encuentran por encima del tiempo mínimo requerido.

Seguidamente, se procedió a realizar el análisis de varianza correspondiente, para determinar si existen o no diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, lo cual presenta a continuación la tabla número siete.

Tabla 7.

Análisis de varianza de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| FV | GL | SC | CM | FC | FT5% | FT1% | SIGNIFICANCIA |
|--------------|----|---------|--------|-------|------|------|---------------|
| Tratamientos | 4 | 2719.50 | 679.88 | 24.13 | 3.26 | 5.41 | ** |
| Bloques | 3 | 164.15 | 54.72 | 1.94 | 3.49 | 5.95 | NS |
| Error | 12 | 338.10 | 28.18 | | | | |
| Total | 19 | 3221.75 | | | | | |

CV= 9.19

CV= coeficiente de variación, NS= No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo.

Al efectuar el análisis de varianza a los datos que corresponden a los días control de la Sigatoka, se determina que el coeficiente de variación está dentro del rango adecuado ya que es de 9.19 %, lo cual indica que los datos recolectados en campo son confiables; también se comprueba que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamiento evaluados, ya que la F calculada es mayor a F tabulada al 5 % y al 1 %, no así para los bloques, que no presentan diferencia estadística, debido a estos resultados se procede a realizar la prueba de Tukey.

Tabla 8.

Prueba de Tukey de días control, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | Literal | |
|--------------|--------|---|------|---------|---|
| 3 | 70.00 | 4 | 2.65 | A | |
| 2 | 64.75 | 4 | 2.65 | A | B |
| 4 | 63.00 | 4 | 2.65 | A | B |
| 1 | 54.25 | 4 | 2.65 | | B |
| 5 | 36.75 | 4 | 2.65 | | C |

DMS= 11.96349; GL= 12; Error= 28.1760

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

Al realizar un análisis de la tabla anterior, se puede apreciar que existen tres grupos estadísticos, en el grupo A están los tratamientos tres, dos y cuatro con las medias de 70.00, 64.75 y 63.00 respectivamente; en el grupo B se encuentran los tratamientos dos, cuatro y uno con las medias 64.75, 63.00 y 54.25 respectivamente; en el grupo C, está el tratamiento número cinco con una media de 36.75.

7.3. Componentes de rendimiento

7.3.1. Número de dedos por racimo. Esta variable se realizó contabilizando los dedos que cumplieron con los requerimientos mínimos, después de haber realizado la cosecha. Es un indicador que está directamente relacionado al rendimiento del cultivo, porque entre mayor es el número de dedos por racimo, mayor es el rendimiento en peso del mismo, tomando en cuenta que deben cumplir con estándares de calidad durante el proceso de selección en la planta empacadora. A continuación, en la tabla número nueve, se presentan los datos de campo, obtenidos del conteo de dedos por racimo.

Tabla 9.

Datos de campo número de dedos por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICION | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|------------|-----|-----|-----|-------|--------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 115 | 126 | 138 | 112 | 491 | 122.80 |
| 2 | 144 | 138 | 136 | 126 | 544 | 136.00 |
| 3 | 156 | 135 | 144 | 140 | 575 | 143.80 |
| 4 | 135 | 144 | 138 | 126 | 543 | 135.80 |
| 5 | 95 | 102 | 98 | 83 | 378 | 94.50 |
| TOTAL | 645 | 645 | 654 | 587 | 2531 | 126.60 |

El control de la Sigatoka Negra influye directamente en la expresión del potencial del cultivo de banano (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003). En este sentido, en la tabla descrita anteriormente, se observa el comportamiento del número de dedos por racimo a favor del tratamiento número tres (143.80), seguido por el tratamiento número dos (136) y tratamiento número cuatro (135.80) con una diferencia de 49.30, 41.50 y 41.30 dedos por racimo, mayor al tratamiento número cinco (94.50) respectivamente. Basándose en la secuencia numérica, se comprueba que Quitosano en dosis de dos litros por hectárea, siendo el tratamiento número dos, tiene un comportamiento similar a Mancozeb. Para determinar si existe o no diferencia estadística se realizó un análisis de varianza como se presenta a continuación en la tabla número diez.

Tabla 10.

Análisis de varianza de número de dedos por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| FV | GL | SC | CM | FC | FT5% | FT1% | SIGNIFICANCIA |
|--------------|----|---------|---------|-------|------|------|---------------|
| Tratamientos | 4 | 6045.70 | 1511.43 | 28.87 | 3.26 | 5.41 | ** |
| Bloques | 3 | 568.95 | 189.65 | 3.62 | 3.49 | 5.95 | * |
| Error | 12 | 628.30 | 52.36 | | | | |
| Total | 19 | 7242.95 | | | | | |

CV= 5.72

CV= coeficiente de variación, NS= No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo.

Por medio del análisis de varianza se pudo determinar que estadísticamente existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, ya que la F calculada es mayor a la F tabulada al 5 % y al 1 %; para el caso de los bloques existe diferencia significativa, ya que F calculada es mayor a F tabulada al 5 %. Por lo tanto, es necesario realizar la prueba de Tukey para esta variable. El coeficiente de variación es de 5.72 %, el cual se encuentra dentro del rango aceptable para este tipo de experimentos, lo que significa que la investigación fue conducida adecuadamente.

Tabla 11.

Prueba de Tukey de número de dedos por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | Literal | |
|--------------|--------|---|------|---------|---|
| 3 | 143.75 | 4 | 3.62 | A | |
| 2 | 136.00 | 4 | 3.62 | A | B |
| 4 | 135.75 | 4 | 3.62 | A | B |
| 1 | 122.75 | 4 | 3.62 | | B |
| 5 | 94.50 | 4 | 3.62 | | C |

DMS= 16.30868; GL= 12; Error= 52.3583

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

Lo indicado anteriormente, demuestra que existen tres grupos estadísticos, siendo el grupo A, conformado por los tratamientos tres, dos y cuatro con medias de 143.75, 136.00 y 135.75 respectivamente; en el grupo B se encuentran los tratamientos dos, cuatro y uno, con medias de 136.00, 135.75 y 122.75 respectivamente; en el grupo C está el tratamiento número cinco con una media de 94.50.

7.3.1. Calibre. El grosor de la fruta es uno de los parámetros de importancia que exigen las exportadoras de banano que va relacionado a la calidad y peso de la fruta. Este parámetro se midió a través de una escala definida para el cultivo en específico denominada calibre, la cual se obtuvo en dos partes del racimo, siendo la primera en la mano sub-basal y la segunda en la mano apical, para obtener el promedio final por racimo. La escala oscila con un calibre mínimo de 39 y un máximo de 49, los cuales se midieron con calibradores móviles. En la tabla número doce, se presentan los datos obtenidos en el proceso de empaque de la fruta.

Tabla 12.

Promedio de calibre por racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 41.50 | 43.00 | 42.50 | 41.50 | 168.50 | 42.13 |
| 2 | 45.00 | 44.50 | 43.50 | 43.00 | 176.00 | 44.00 |
| 3 | 45.50 | 43.50 | 45.00 | 44.00 | 178.00 | 44.50 |
| 4 | 43.50 | 44.50 | 43.00 | 42.50 | 173.50 | 43.38 |
| 5 | 39.00 | 40.50 | 39.00 | 38.00 | 156.50 | 39.13 |
| TOTAL | 214.50 | 216.00 | 213.00 | 209.00 | 852.50 | 42.63 |

En la tabla anterior, se puede observar que existe una relación directamente proporcional al control de la Sigatoka, ya que el tratamiento número tres (44.50), el tratamiento número dos (44) y el tratamiento número cuatro (43.38) presentan el mayor calibre en comparación al testigo (39.13), los cuales obtuvieron el mayor control del patógeno en la variable del porcentaje de severidad. Siguiendo con el análisis numérico de los tratamientos, se puede comprobar lo mencionado por (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003), quienes mencionan que la ausencia de un programa de control de la enfermedad, influye hasta en un 100 % en el deterioro de la calidad de la fruta. Esto se debe a que la enfermedad al llegar a su estado maduro en el tejido foliar, emite cantidades de gas etileno suficientes para acelerar el proceso de maduración prematura del racimo que se encuentra en la planta, interrumpiendo el proceso normal de llenado de la fruta.

Para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, se procedió a realizar un análisis de varianza de los datos obtenidos correspondientes a esta variable, el cual se presenta posteriormente en la tabla número trece.

Tabla 13.

Análisis de varianza de calibre de racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| FV | GL | SC | CM | FC | FT5% | FT1% | SIGNIFICANCIA |
|--------------|----|-------|-------|-------|------|------|---------------|
| Tratamientos | 4 | 73.88 | 18.47 | 33.45 | 3.26 | 5.41 | ** |
| Bloques | 3 | 5.44 | 1.81 | 3.28 | 3.49 | 5.95 | NS |
| Error | 12 | 6.63 | 0.55 | | | | |
| Total | 19 | 85.94 | | | | | |

CV= 1.74

CV= coeficiente de variación, NS= No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo.

Se determinó que para esta variable existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos evaluados, ya que la F calculada es mayor a la F tabulada al 5 % y al 1 %, no así para los bloques, que no presentan diferencia estadística; por lo tanto, se procede a realizar la prueba de Tukey, ya que esta se realiza cuando existe significancia entre los tratamientos evaluados y se utiliza para determinar cuál de los tratamientos es diferente a los demás, como se muestra en la tabla número 14. Al realizar el análisis de varianza a los datos que corresponden al calibre promedio de la fruta de banano, se pudo establecer que el coeficiente de variación fue del

1.74 %, el cual se encuentra dentro del rango aceptado e indica que el experimento fue manejado adecuadamente.

Tabla 14.

Promedio de calibre de racimo, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | Literal | |
|--------------|--------|---|------|---------|---|
| 3 | 44.50 | 4 | 0.37 | A | |
| 2 | 44.00 | 4 | 0.37 | A | |
| 4 | 43.38 | 4 | 0.37 | A | B |
| 1 | 42.13 | 4 | 0.37 | B | |
| 5 | 39.13 | 4 | 0.37 | C | |

DMS= 1.67467; GL= 12; Error= 0.5521

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

Al momento de analizar la tabla presentada anteriormente, se determinó que existe tres grupos estadísticos, siendo el grupo A conformado por los tratamientos tres, dos y cuatro con medias de 44.50, 44.00 y 43.38 respectivamente; en el grupo B se encuentran los tratamientos cuatro y uno con medias de 43.38 y 42.13 respectivamente; para el caso del grupo C se encuentra el tratamiento cinco con una media de 39.13.

7.3.2. Peso de racimo. Para el productor de banano el peso de racimo es el principal objetivo, desde el punto de vista productivo, que en torno a ello gira los rendimientos del cultivo y les permite visualizar y presupuestar la cantidad de fruta para ofrecer a las empresas exportadoras al momento de adquirir contratos con las mismas. Sin descartar la importancia para el análisis de costos de producción. El peso de racimo se midió a través de una balanza electrónica, posterior a la selección de fruta en la planta empacadora, tomando en cuenta la fruta para empaque o fruta de primera calidad. En la tabla número 15, se presentan los datos de peso de racimo en kilogramos, obtenidos durante la evaluación.

Tabla 15.

Promedio de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | TOTAL | MEDIA |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| 1 | 18.86 | 19.23 | 20.36 | 19.66 | 78.11 | 19.53 |
| 2 | 26.43 | 25.61 | 24.77 | 21.68 | 98.50 | 24.63 |
| 3 | 27.23 | 24.68 | 25.82 | 25.33 | 103.06 | 25.76 |
| 4 | 23.32 | 25.80 | 24.40 | 21.66 | 95.17 | 23.79 |
| 5 | 15.82 | 16.57 | 16.00 | 14.73 | 63.11 | 15.78 |
| TOTAL | 111.66 | 111.89 | 111.35 | 103.06 | 437.95 | 21.90 |

Analizando la tabla descrita anteriormente, se comprueba que el uso de fungicidas protectantes dentro del programa de manejo de la enfermedad influye en el peso del racimo. De manera que, se determinó que los tratamientos con mayor peso de racimo lo presentan el tratamiento número tres con un peso promedio de 25.76 kg, el tratamiento número dos con un peso de 24.63 kg y el tratamiento número cuatro con un peso de 23.79 kg, teniendo una diferencia en comparación al testigo absoluto (15.78 kg) de 9.98 kg, 8.85 kg y 8.01 kg respectivamente. En plantaciones nuevas de banano se busca alcanzar los 18.80 kilogramos por racimo, lo cual representa una caja de exportación. Para el caso de plantaciones establecidas el peso de racimo debe ser mayor a los 22 kilogramos, siendo un factor de conversión de 1.17 cajas por racimo, debido al rendimiento mínimo esperado en las generaciones posteriores de la variedad Gran Enano. Con base a los datos obtenidos se observa que Mancozeb en sus dos formulaciones supera el peso mínimo de racimo, al igual que Quitosano en su dosis de dos litros por hectárea.

Para poder determinar si existe diferencia significativa estadística entre los datos de esta variable, se procedió a realizar un análisis de varianza para los datos recolectados al momento del proceso de cosecha y empaque de la fruta, el cual se presenta a continuación en la tabla 16.

Tabla 16.

Análisis de varianza de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| FV | GL | SC | CM | FC | FT5% | FT1% | SIGNIFICANCIA |
|--------------|----|--------|-------|-------|------|------|---------------|
| Tratamientos | 4 | 276.16 | 69.02 | 47.13 | 3.26 | 5.41 | ** |
| Bloques | 3 | 11.05 | 3.68 | 2.52 | 3.49 | 5.95 | NS |
| Error | 12 | 17.57 | 1.46 | | | | |
| Total | 19 | 304.73 | | | | | |

CV= 5.53

CV= coeficiente de variación, NS= No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo.

Se determinó que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos de la variable en análisis, no así para los bloques, ya que F calculada es superior a F tabulada al 5% y 1%; por lo consiguiente se hace necesario realizar la prueba de Tukey, ya que se realiza cuando la F calculada es superior a F tabulada para determinar cuál de los tratamientos es diferente, detallándose en la tabla 17, que se presenta a continuación. El coeficiente de variación es de 5.53%, el cual es aceptable para este tipo de investigaciones, indicando que los datos obtenidos son confiables y el experimento fue manejado adecuadamente.

Tabla 17.

Prueba de Tukey de peso de racimo en kilogramos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | Literal |
|--------------|--------|---|------|---------|
| 3 | 25.76 | 4 | 0.61 | A |
| 2 | 24.63 | 4 | 0.61 | A |
| 4 | 23.79 | 4 | 0.61 | A |
| 1 | 19.53 | 4 | 0.61 | B |
| 5 | 15.78 | 4 | 0.61 | C |

DMS= 2.72757; GL= 12; Error= 1.4645

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

En efecto de la prueba múltiple de medias para la variable de peso de racimo, descrita anteriormente, se determinó que existen tres grupos estadísticos, siendo el grupo A conformado por los tratamientos tres, dos y cuatro con medias de 25.76, 24.63 y 23.79 respectivamente; en el grupo B se encuentra el tratamiento uno con una media de 19.53; para el caso del grupo C se encuentra el tratamiento cinco con una media de 15.78.

7.4. Análisis económico

En la tabla 18, se presentan los datos de utilidad y rentabilidad que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos evaluados en esta investigación, para obtener estos datos se tomaron en cuenta todos los rubros que participaron en el proceso productivo, desde la preparación de los tratamientos hasta la cosecha (ver tablas en anexos).

Tabla 18.

Rentabilidad económica por hectárea de los diferentes tratamientos establecidos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamiento | Dosis de protectante | Ingresos (Q/ha) | Egresos (Q/ha) | Utilidad (Q/ha) | Rentabilidad (%/ha) |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 1 | Qitosano (1 L/ha) | Q121,246.13 | Q76,235.98 | Q45,010.15 | 59.04 |
| 2 | Qitosano (2 L/ha) | Q152,723.48 | Q77,079.48 | Q75,644.00 | 98.14 |
| 3 | Mancozeb (1.50 kg/ha) | Q159,718.45 | Q74,727.48 | Q84,990.97 | 113.73 |
| 4 | Mancozeb (3 L/ha) | Q146,894.34 | Q75,937.08 | Q70,957.26 | 93.44 |
| 5 | - | Q77,616.00 | Q75,002.47 | Q2,613.53 | 3.48 |

Como se puede observar en los datos de la tabla presentada anteriormente, el testigo absoluto que es el tratamiento número cinco (0 kg de protectante), proporcionó una utilidad de 2,613.53 quetzales y una rentabilidad de 3.48 % las cuales son inferiores a las obtenidas en los demás tratamientos evaluados. También cabe mencionar que el tratamiento número tres (1.50 kg/ha de Mancozeb 80 %), es el que presenta una utilidad y rentabilidad superior a todos los tratamientos, seguido del tratamiento número dos (2 L/ha de Quitosano) y tratamiento número cuatro (3 kg/ha de Mancozeb 40 %); esto se debe a que los mismos tratamientos fueron los que presentaron un mayor control de Sigatoka Negra, tanto en días y porcentaje de severidad, reflejándose directamente en los componentes de rendimiento, que están relacionados con los parámetros económicos antes mencionados.

En la tabla que se detalla a continuación, se presenta un resumen de las variables respuesta, evaluadas en esta investigación que se efectuó en el cultivo de banano, esto con la finalidad de conocer la tendencia de cada uno de los tratamientos en respuesta a las aplicaciones de Quitosano en comparación con Mancozeb y el testigo absoluto.

Tabla 19.

Resumen de variables respuesta, evaluación de Qitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Tratamiento | Severidad (%) | Días control | Número de dedos | Calibre | Peso de racimo (kg) | Rentabilidad (%) |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 9.72 | 54.25 | 122.75 | 42.13 | 19.53 | 59.04 |
| 2 | 8.57 | 64.75 | 136.00 | 44.00 | 24.63 | 98.14 |
| 3 | 8.40 | 70.00 | 143.75 | 44.50 | 25.76 | 113.73 |
| 4 | 8.94 | 63.00 | 135.75 | 43.38 | 23.79 | 93.44 |
| 5 | 13.68 | 36.75 | 94.50 | 39.13 | 15.78 | 3.48 |

Como se observa en los datos presentados anteriormente, el testigo absoluto que es el tratamiento número cinco, en la mayoría de variables tuvo una tendencia inferior, excepto en el porcentaje de severidad, siendo el tratamiento con mayor porcentaje de severidad de Sigatoka Negra. También se puede mencionar que el tratamiento número tres (1.5 kg/ha de Mancozeb 80%), el tratamiento número dos (2 L/ha de Qitosano) y el tratamiento número cuatro (3 kg/ha de Mancozeb 40%), tuvieron un comportamiento superior a los demás tratamientos, excepto la variable de porcentaje de severidad, ya que presentaron un efecto de control sobre la enfermedad.

8. CONCLUSIONES

- Se estableció que la eficacia de Quitosano en el control de Sigatoka Negra a una dosis de dos litros por hectárea, obtuvo el segundo mejor resultado con una severidad de 8.57 %, después de Mancozeb al 80 por ciento, el cual presentó una severidad de 8.40 %.
- Se determinó que el tratamiento número tres (1.50 kg/ha de Mancozeb 80 %) y el tratamiento número dos (2 L/ha de Quitosano), obtuvieron los mejores resultados en la variable de días control, siendo de 70 y 64.75 días, respectivamente.
- El control de la Sigatoka Negra es un factor que influye sobre los componentes de rendimiento en el cultivo de banano, por lo que, Quitosano obtuvo un buen control de la enfermedad, posicionándose como el segundo mejor tratamiento en peso de racimo, calibración y número de dedos por racimo.
- Se determinó que el tratamiento número tres, presentó el mayor beneficio económico durante la evaluación con una rentabilidad de 113.73 %, seguido por el tratamiento número dos (98.14 %) y el tratamiento número cuatro (93.44 %).

9. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda Qitosano a una dosis de dos litros por hectárea como producto alternativo a Mancozeb, debido a que el biopolímero obtuvo un comportamiento similar al fungicida químico, en el control de Sigatoka Negra y un efecto favorable en los componentes de rendimiento.

En futuras investigaciones se recomienda realizar una evaluación de un programa para el control de Sigatoka Negra, donde se incluya la aplicación de Qitosano, de por lo menos un ciclo mensual, esto con el propósito de disminuir la carga química del Mancozeb e ir adaptando alternativas de fungicidas químicos.

Se recomienda, además, hacer una evaluación utilizando mezclas de Qitosano con Mancozeb, haciendo uso de una menor dosis del fungicida químico para establecer el efecto que tenga sobre el control del patógeno.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Albamilagro. (Julio de 2017). *Bioactivadores*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2017, de Alba Milagro: <http://www.albamilagro.com>
- Anacafé. (2004). *Cultivo del banano, Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de Asociación Nacional del Café Web site: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_banano
- Asencio, E. (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 de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., . . . Cárdenas, H. (2014). *Evaluación de la actividad antifúngica del Quitosano contra el hongo (Mycosphaerella fijiensis Morelet) que produce la Sigatoka Negra que ataca el platano*. Venezuela: Facultad Experimental de Ciencias. Universidad de Zulia. Maracaibo.
- Banguat. (31 de Diciembre de 2015). *Principales Productos de Exportación*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de Banco de Guatemala Web site: <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=estaeco/bc/bc04.htm&e=26137#top>
- Barrios, M. (2008). *Controles internos a considerar en las pérdidas ocasionada por un desastre natural en una empresa productora de banano*. Tesis de grado, Contador Público y Auditor, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, Guatemala.
- Betancourt, G. (2001). *La Sigatoka Negra del banano y el plátano*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2017, de Información Agrícola Web site: http://www.infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/attachment/4Sigatoka_negra.pdf
- Bonilla, H. (2015). *Evaluación de programas fitosanitarios para el control de Sigatoka (Mycosphaerella fijiensis) en el cultivo de plátano; Ocós, San Marcos*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Sede Coatepeque, Coatepeque.
- Bustamante, M. (1982). *La Sigatoka Negra del plátano (Musa AAA y AAB) y su impacto económico en Centroamérica y sureste de México*. México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Sanidad Vegetal.
- Céspedes, C. (2008). *Distribución, epidemiología y manejo de la Sigatoka Negra en la República Dominicana*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) Web site: http://190.167.99.25/digital/sigatoka_negra_idiaf.pdf
- Chinchilla, E., Rojas, D., & Forastieri, V. (2004). Estudio del proceso de trabajo y operaciones, perfil de riesgos y exigencias laborales en el cultivo y empaque de banano. Oficina Subregional para Centroamerica, Haiti, Panamá y Republica Dominicana, Guatemala.

- Croplife, A. (02 de Enero de 2018). *Sigatoka Negra*. Recuperado el 24 de septiembre de 2017, de Croplife Web site: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/sigatoka-negra>
- De Langue, E. (1996). *Banana and Plantain: The earliest fruit crops?* Montpellier, Francia.
- Duwest. (6 de Noviembre de 1997). *Ficha Técnica Mancozeb 80 WP*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017, de Duwest: <http://www.duwest.com>
- Escalant, J., & Panis, B. (2002). *Biotechnologies toward the genetic improvement in Musa*. In: *Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT*. Cartagena de Indias, Colombia.
- Fajardo, L. (1998). *Evaluación de tres dosis de Clorotalonil y Mancozeb más Nufilm 17 en el control de Sigatoka Negra en banano durante la época seca en Morales Izabal, Guatemala*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- FAO. (Octubre de 2002). *La economía mundial del banano*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Web site: <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s00.htm#Contents>
- García, E. (2003). *Estudio comparativo de traslocación y difusión hacia la superficie foliar de Azoxistrobina y Bitertanol en hojas de banano, y su efecto en la germinación de ascosporas de (Mycosphaerella fijiensis), en áreas adyacentes no tratadas*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Hernández, A., Bautista, S., Velásquez, M., & Rodríguez, S. (2005). *Potencial del Quitosano en el control de enfermedades postcosecha*. *Revista mexicana de fitopatología, XXIII*.
- Hoss, R., Helbig, J., & Bochow, H. (2003). *Function of host and fungal metabolites in resistance response of banana and plantain in the Black Sigatoka disease pathosystem (Musa spp.-Mycosphaerella fijiensis)*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de Wiley online library Web site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1439-0434.2000.00530.x>
- IICA. (1983). *El plátano*, Publicación Miscelaneo. Managua, Nicaragua.
- Induparts. (13 de Junio de 2016). *Ficha técnica de Flonex 40 SC*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017, de Induparts: <http://www.agrocentro.com>
- INTA. (2007). *El Cultivo del Banano, "Prácticas de Manejo"*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- ITIS. (28 de Diciembre de 2017). *Catalogue of life: 2017 annual checklist*. Obtenido de <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2017/details/species/id/e618b8e64494dcd45cf34ca782799aaf>
- Lárez, C. (2006). *Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de Sistema de información científica Web site: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93310204.pdf>

- Loaiza, J. (2007). *Estudio de la epidemiología del moko en banano (Ralstonia solanacearum) en la finca Toro Pinto II y servicios realizados en comunidades aledañas*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- López, E., & Gonzáles, B. (2013). *Diseño y Análisis de Experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía (2da ed.)*. Guatemala.
- MAGA. (Noviembre de 2015). *El Agro en Cifras*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2017, de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación Web site: <http://www.maga.gob.gt>
- Marín, D., Romero, R., Guzmán, M., & Sutton, T. (2003). *Sigatoka Negra: Una amenaza creciente para el cultivo de banano. Enfermedades de las plantas*. Recuperado el 26 de septiembre de 2017, de Sociedad Americana de Fitopatología (APS) Web site: <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Documents/0110-01F.pdf>
- Monreri S.A. (octubre de 2017). *Monreri Laboratorio Agricola*. Obtenido de <http://www.monreri.com/ensayos.html>
- Morales, S. (2000). *Diseño e implementación de un sistema presupuestario en una empresa agricola, productora de banaano de exportación*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pérez, L. (2002). *Morfología de las especies de Mycosphaerella asociadas a manchas de las hojas en Musa spp*. Instituto de investigaciones de sanidad vegetal, Fitosanidad, La Habana, Cuba.
- Ploetz, R. (2001). *Sigatoka Negra del banano: la enfermedad más importante del banano*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de Sociedad Americana de Fitopatología (APS) Web site: <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/BlackSigatoka.aspx>
- Ramírez, M., Rodríguez, A., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Bioteología aplicada, XXVII*, 1-8.
- RAS. (2017). *Listas RAS para la gestión de plaguicidas*. Estados Unidos de América: Red Agricultura Sostenible.
- Reyes, M. (2001). *Análisis Económicos de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales*. Guatemala: Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía. Guatemala: Centro de Información Agrosocioeconómica.
- Segeplan. (2006). *Hacia el cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio en Guatemala. Segundo informe de avance*. Guatemala: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
- Sitún, M. (2007). *Investigación Agricola*. Guatemala: Escuela Nacional Central de Agricultura.

Stover, H. (1972). *Banana plantain and abaca diseases*. Inglaterra: Commonwealth Mycological, Institute Kew, Surrey.

Sutton, T., Marin, D., & Barker, K. (1998). *Dissemination of Bananas, Latin America and the Caribbean and its relationship with the occurrence of Radopholus similis*. *Plant Disease*. North Caroline, United State: Volumen 82,.

USAC. (2004). *Instituto de Investigaciones Agronómicas*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

11.ANEXOS

Anexo A.

Costo de producción de tratamiento uno, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------------|------------------|
| I. Egresos | | | | 76,235.98 |
| A. Costos directos (variables) | | | | 58,529.98 |
| 1. Insumos agrícolas | | | | 33,335.00 |
| a. Semilla | | | | 9,852.50 |
| Semilla de banano (meristemo) | Unidad | 1,750.00 | 5.63 | 9,852.50 |
| b. Fertilizantes | | | | 14,307.00 |
| Químicos | | | | 9,237.00 |
| 20-20-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 18-46-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 205.00 | 1,845.00 |
| Solubor 20% | Saco 25 kg | 2 | 325.00 | 650.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 50 kg | 4 | 208.00 | 832.00 |
| Urea | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 0-0-60 KCL | Saco 45.36 kg | 9 | 160.00 | 1,440.00 |
| Sulfato de Potasio | saco 25 kg | 8 | 210.00 | 1,680.00 |
| Foliares e hidrosolubles | | | | 5,070.00 |
| Newfol Rice | L | 6 | 135.00 | 810.00 |
| Poliquel Calcio | L | 12 | 115.00 | 1,380.00 |
| Poliquel Boro | L | 6 | 85.00 | 510.00 |
| Kineplant Magnesio | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| Nutrigol 0-20-44 | L | 12 | 35.00 | 420.00 |
| Fertihumic | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| BaseXT | L | 6 | 105.00 | 630.00 |
| c. Insecticidas | | | | 2,990.00 |
| Abacmetina | L | 0.3 | 300.00 | 90.00 |
| imidacloprid 1% | kg | 35 | 20.00 | 700.00 |
| Diazinon | L | 2 | 125.00 | 250.00 |
| Azufre 80% | kg | 18 | 25.00 | 450.00 |
| Fluopyram | L | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| d. Fungicidas | | | | 3,367.50 |
| Protectantes | | | | 2,200.00 |
| Quitosano al 2.2% | L | 55 | 40.00 | 2,200.00 |
| Curativos | | | | 1,167.50 |
| Epoxiconazole 25% | L | 1 | 285.00 | 285.00 |
| Difenoconazole 25% | L | 0.4 | 400.00 | 160.00 |
| Pyraclostrobin + Fenpropimorph | L | 1 | 300.00 | 300.00 |

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------------|------------------|----------|----------------|-------------------|
| Trifloxystrobin | L | 0.5 | 425.00 | 212.50 |
| Boscalid 25% | L | 0.3 | 700.00 | 210.00 |
| e. Adherentes | | | | 2,065.00 |
| Xenic | L | 8 | 100.00 | 800.00 |
| Treat Plus | L | 7 | 95.00 | 665.00 |
| Spraytex | L | 30 | 20.00 | 600.00 |
| f. Herbicidas | | | | 753.00 |
| Glifosato 36 SL | L | 4.5 | 32.00 | 144.00 |
| Paraquat 20 SL | L | 6 | 31.50 | 189.00 |
| Glufosinato de amonio 15 SL | L | 6 | 70.00 | 420.00 |
| 2. Mano de Obra | | | | 25,194.98 |
| a. Preparación del Terreno | | | | 950.00 |
| Subsolado | ha | 1 | 400.00 | 400.00 |
| Rastro-Arado | ha | 1 | 550.00 | 550.00 |
| b. Siembra | | | | 406.00 |
| Siembra de meristemo | Jornales | 4 | 101.50 | 406.00 |
| c. Control Fitosanitario | | | | 1,081.92 |
| Aplicaciones de herbicidas | Jornales | 12 | 90.16 | 1,081.92 |
| d. Labores culturales | | | | 5,950.56 |
| Chapias | Jornales | 4 | 90.16 | 360.64 |
| Embolse | Jornales | 10 | 90.16 | 901.60 |
| Desflore | Jornales | 7 | 90.16 | 631.12 |
| Deshije | Jornales | 6 | 90.16 | 540.96 |
| Saneos | Jornales | 39 | 90.16 | 3,516.24 |
| e. Riego | | | | 11,406.50 |
| Riego del Cultivo | Jornales | 95 | 90.16 | 8,565.20 |
| Gasolina | L | 410 | 6.93 | 2,841.30 |
| f. Fumigación aérea | | | | 5,400.00 |
| Aplicación de Plaguicidas | ciclo | 60 | 90.00 | 5,400.00 |
| B. Costos Indirectos (fijos) | | | | 17,706.00 |
| 1. Costos de Administración | | | | 6,000.00 |
| Arrendamiento del terreno | ha | 1 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 2. Costos de Administración | | | | 11,706.00 |
| 20% costos directos | | | | 11,706.00 |
| II INGRESOS | | | | 121,246.13 |
| Cajas de plátano | 22.52 kg | 2,939 | 41.25 | 121,246.13 |
| Utilidad neta | | | | 45,010.15 |
| Rentabilidad % | | | | 59.04 |

Anexo B.

Costo de producción de tratamiento dos, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------------|------------------|
| I. Egresos | | | | 77,079.48 |
| A. Costos directos (variables) | | | | 59,232.90 |
| 1. Insumos agrícolas | | | | 35,210.00 |
| a. Semilla | | | | 9,852.50 |
| Semilla de banano (meristemo) | Unidad | 1,750.00 | 5.63 | 9,852.50 |
| b. Fertilizantes | | | | 14,307.00 |
| Químicos | | | | 9,237.00 |
| 20-20-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 18-46-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 205.00 | 1,845.00 |
| Solubor 20% | Saco 25 kg | 2 | 325.00 | 650.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 50 kg | 4 | 208.00 | 832.00 |
| Urea | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 0-0-60 KCL | Saco 45.36 kg | 9 | 160.00 | 1,440.00 |
| Sulfato de Potasio | saco 25 kg | 8 | 210.00 | 1,680.00 |
| Foliares e hidrosolubles | | | | 5,070.00 |
| Newfol Rice | L | 6 | 135.00 | 810.00 |
| Poliquel Calcio | L | 12 | 115.00 | 1,380.00 |
| Poliquel Boro | L | 6 | 85.00 | 510.00 |
| Kineplant Magnesio | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| Nutrigol 0-20-44 | L | 12 | 35.00 | 420.00 |
| Fertihumic | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| BaseXT | L | 6 | 105.00 | 630.00 |
| c. Insecticidas | | | | 2,990.00 |
| Abacmetina | L | 0.3 | 300.00 | 90.00 |
| imidacloprid 1% | kg | 35 | 20.00 | 700.00 |
| Diazinon | L | 2 | 125.00 | 250.00 |
| Azufre 80% | kg | 18 | 25.00 | 450.00 |
| Fluopyram | L | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| d. Fungicidas | | | | 5,362.50 |
| Protectantes | | | | 4,480.00 |
| Quitosano al 2.2% | L | 112 | 40.00 | 4,480.00 |
| Curativos | | | | 882.50 |
| Difenoconazole 25% | L | 0.4 | 400.00 | 160.00 |
| Pyraclostrobin + Fenpropimorph | L | 1 | 300.00 | 300.00 |
| Trifloxystrobin | L | 0.5 | 425.00 | 212.50 |
| Boscalid 25% | L | 0.3 | 700.00 | 210.00 |
| e. Adherentes | | | | 1,945.00 |

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------------|------------------|----------|----------------|-------------------|
| Xenic | L | 8 | 100.00 | 800.00 |
| Treat Plus | L | 7 | 95.00 | 665.00 |
| Spraytex | L | 24 | 20.00 | 480.00 |
| f. Herbicidas | | | | 753.00 |
| Glifosato 36 SL | L | 4.5 | 32.00 | 144.00 |
| Paraquat 20 SL | L | 6 | 31.50 | 189.00 |
| Glufosinato de amonio 15 SL | L | 6 | 70.00 | 420.00 |
| 2. Mano de Obra | | | | 24,022.90 |
| a. Preparación del Terreno | | | | 950.00 |
| Subsolado | ha | 1 | 400.00 | 400.00 |
| Rastro-Arado | ha | 1 | 550.00 | 550.00 |
| b. Siembra | | | | 406.00 |
| Siembra de meristemo | Jornales | 4 | 101.50 | 406.00 |
| c. Control Fitosanitario | | | | 1,081.92 |
| Aplicaciones de herbicidas | Jornales | 12 | 90.16 | 1,081.92 |
| d. Labores culturales | | | | 4,778.48 |
| Chapias | Jornales | 4 | 90.16 | 360.64 |
| Embolse | Jornales | 10 | 90.16 | 901.60 |
| Desflore | Jornales | 7 | 90.16 | 631.12 |
| Deshije | Jornales | 6 | 90.16 | 540.96 |
| Saneo | Jornales | 26 | 90.16 | 2,344.16 |
| e. Riego | | | | 11,406.50 |
| Riego del Cultivo | Jornales | 95 | 90.16 | 8,565.20 |
| Gasolina | L | 410 | 6.93 | 2,841.30 |
| f. Fumigación aérea | | | | 5,400.00 |
| Aplicación de Plaguicidas | ciclo | 60 | 90.00 | 5,400.00 |
| B. Costos Indirectos (fijos) | | | | 17,846.58 |
| 1. Costos de Administración | | | | 6,000.00 |
| Arrendamiento del terreno | ha | 1 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 2. Costos de Administración | | | | 11,846.58 |
| 20% costos directos | | | | 11,846.58 |
| II INGRESOS | | | | 152,723.48 |
| Cajas de plátano | 22.52 kg | 3,702 | 41.25 | 152,723.48 |
| Utilidad neta | | | | 75,644.00 |
| Rentabilidad % | | | | 98.14 |

Anexo C.

Costo de producción de tratamiento tres, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------------|------------------|
| I. Egresos | | | | 74,727.48 |
| A. Costos directos (variables) | | | | 57,272.90 |
| 1. Insumos agrícolas | | | | 33,250.00 |
| a. Semilla | | | | 9,852.50 |
| Semilla de banano (meristemo) | Unidad | 1,750.00 | 5.63 | 9,852.50 |
| b. Fertilizantes | | | | 14,307.00 |
| Químicos | | | | 9,237.00 |
| 20-20-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 18-46-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 205.00 | 1,845.00 |
| Solubor 20% | Saco 25 kg | 2 | 325.00 | 650.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 50 kg | 4 | 208.00 | 832.00 |
| Urea | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 0-0-60 KCL | Saco 45.36 kg | 9 | 160.00 | 1,440.00 |
| Sulfato de Potasio | saco 25 kg | 8 | 210.00 | 1,680.00 |
| Foliares e hidrosolubles | | | | 5,070.00 |
| Newfol Rice | L | 6 | 135.00 | 810.00 |
| Poliquel Calcio | L | 12 | 115.00 | 1,380.00 |
| Poliquel Boro | L | 6 | 85.00 | 510.00 |
| Kineplant Magnesio | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| Nutrigol 0-20-44 | L | 12 | 35.00 | 420.00 |
| Fertihumic | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| BaseXT | L | 6 | 105.00 | 630.00 |
| c. Insecticidas | | | | 2,990.00 |
| Abacmetina | L | 0.3 | 300.00 | 90.00 |
| imidacloprid 1% | kg | 35 | 20.00 | 700.00 |
| Diazinon | L | 2 | 125.00 | 250.00 |
| Azufre 80% | kg | 18 | 25.00 | 450.00 |
| Fluopyram | L | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| d. Fungicidas | | | | 3,402.50 |
| Protectantes | | | | 2,520.00 |
| Qitosano al 2.2% | L | 84 | 30.00 | 2,520.00 |
| Curativos | | | | 882.50 |
| Difenoconazole 25% | L | 0.4 | 400.00 | 160.00 |
| Pyraclostrobin + Fenpropimorph | L | 1 | 300.00 | 300.00 |
| Trifloxystrobin | L | 0.5 | 425.00 | 212.50 |
| Boscalid 25% | L | 0.3 | 700.00 | 210.00 |

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------------|------------------|----------|----------------|-------------------|
| e. Adherentes | | | | 1,945.00 |
| Xenic | L | 8 | 100.00 | 800.00 |
| Treat Plus | L | 7 | 95.00 | 665.00 |
| Spraytex | L | 24 | 20.00 | 480.00 |
| f. Herbicidas | | | | 753.00 |
| Glifosato 36 SL | L | 4.5 | 32.00 | 144.00 |
| Paraquat 20 SL | L | 6 | 31.50 | 189.00 |
| Glufosinato de amonio 15 SL | L | 6 | 70.00 | 420.00 |
| 2. Mano de Obra | | | | 24,022.90 |
| a. Preparación del Terreno | | | | 950.00 |
| Subsolado | ha | 1 | 400.00 | 400.00 |
| Rastro-Arado | ha | 1 | 550.00 | 550.00 |
| b. Siembra | | | | 406.00 |
| Siembra de meristemo | Jornales | 4 | 101.50 | 406.00 |
| c. Control Fitosanitario | | | | 1,081.92 |
| Aplicaciones de herbicidas | Jornales | 12 | 90.16 | 1,081.92 |
| d. Labores culturales | | | | 4,778.48 |
| Chapias | Jornales | 4 | 90.16 | 360.64 |
| Embolse | Jornales | 10 | 90.16 | 901.60 |
| Desflore | Jornales | 7 | 90.16 | 631.12 |
| Deshije | Jornales | 6 | 90.16 | 540.96 |
| Saneos | Jornales | 26 | 90.16 | 2,344.16 |
| e. Riego | | | | 11,406.50 |
| Riego del Cultivo | Jornales | 95 | 90.16 | 8,565.20 |
| Gasolina | L | 410 | 6.93 | 2,841.30 |
| f. Fumigación aérea | | | | 5,400.00 |
| Aplicación de Plaguicidas | ciclo | 60 | 90.00 | 5,400.00 |
| B. Costos Indirectos (fijos) | | | | 17,454.58 |
| 1. Costos de Administración | | | | 6,000.00 |
| Arrendamiento del terreno | ha | 1 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 2. Costos de Administración | | | | 11,454.58 |
| 20% costos directos | | | | 11,454.58 |
| II INGRESOS | | | | 159,718.45 |
| Cajas de plátano | 22.52 kg | 3,872 | 41.25 | 159,718.45 |
| Utilidad neta | | | | 84,990.97 |
| Rentabilidad % | | | | 113.73 |

Anexo D.

Costo de producción de tratamiento cuatro, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------------|------------------|
| I. Egresos | | | | 75,937.08 |
| A. Costos directos (variables) | | | | 58,280.90 |
| 1. Insumos agrícolas | | | | 34,258.00 |
| a. Semilla | | | | 9,852.50 |
| Semilla de banano (meristemo) | Unidad | 1,750.00 | 5.63 | 9,852.50 |
| b. Fertilizantes | | | | 14,307.00 |
| Químicos | | | | 9,237.00 |
| 20-20-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 18-46-0 | Saco 45.36 kg | 9 | 205.00 | 1,845.00 |
| Solubor 20% | Saco 25 kg | 2 | 325.00 | 650.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 50 kg | 4 | 208.00 | 832.00 |
| Urea | Saco 45.36 kg | 9 | 155.00 | 1,395.00 |
| 0-0-60 KCL | Saco 45.36 kg | 9 | 160.00 | 1,440.00 |
| Sulfato de Potasio | saco 25 kg | 8 | 210.00 | 1,680.00 |
| Foliares e hidrosolubles | | | | 5,070.00 |
| Newfol Rice | L | 6 | 135.00 | 810.00 |
| Poliquel Calcio | L | 12 | 115.00 | 1,380.00 |
| Poliquel Boro | L | 6 | 85.00 | 510.00 |
| Kineplant Magnesio | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| Nutrigol 0-20-44 | L | 12 | 35.00 | 420.00 |
| Fertihumic | L | 12 | 55.00 | 660.00 |
| BaseXT | L | 6 | 105.00 | 630.00 |
| c. Insecticidas | | | | 2,990.00 |
| Abacmetina | L | 0.3 | 300.00 | 90.00 |
| imidacloprid 1% | kg | 35 | 20.00 | 700.00 |
| Diazinon | L | 2 | 125.00 | 250.00 |
| Azufre 80% | kg | 18 | 25.00 | 450.00 |
| Fluopyram | L | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| d. Fungicidas | | | | 4,410.50 |
| Protectantes | | | | 3,528.00 |
| Qitosano al 2.2% | L | 168 | 21.00 | 3,528.00 |
| Curativos | | | | 882.50 |
| Difenoconazole 25% | L | 0.4 | 400.00 | 160.00 |
| Pyraclostrobin + Fenpropimorph | L | 1 | 300.00 | 300.00 |
| Trifloxystrobin | L | 0.5 | 425.00 | 212.50 |
| Boscalid 25% | L | 0.3 | 700.00 | 210.00 |

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------------|------------------|----------|----------------|-------------------|
| e. Adherentes | | | | 1,945.00 |
| Xenic | L | 8 | 100.00 | 800.00 |
| Treat Plus | L | 7 | 95.00 | 665.00 |
| Spraytex | L | 24 | 20.00 | 480.00 |
| f. Herbicidas | | | | 753.00 |
| Glifosato 36 SL | L | 4.5 | 32.00 | 144.00 |
| Paraquat 20 SL | L | 6 | 31.50 | 189.00 |
| Glufosinato de amonio 15 SL | L | 6 | 70.00 | 420.00 |
| 2. Mano de Obra | | | | 24,022.90 |
| a. Preparación del Terreno | | | | 950.00 |
| Subsolado | ha | 1 | 400.00 | 400.00 |
| Rastro-Arado | ha | 1 | 550.00 | 550.00 |
| b. Siembra | | | | 406.00 |
| Siembra de meristemo | Jornales | 4 | 101.50 | 406.00 |
| c. Control Fitosanitario | | | | 1,081.92 |
| Aplicaciones de herbicidas | Jornales | 12 | 90.16 | 1,081.92 |
| d. Labores culturales | | | | 4,778.48 |
| Chapias | Jornales | 4 | 90.16 | 360.64 |
| Embolse | Jornales | 10 | 90.16 | 901.60 |
| Desflore | Jornales | 7 | 90.16 | 631.12 |
| Deshije | Jornales | 6 | 90.16 | 540.96 |
| Saneo | Jornales | 26 | 90.16 | 2,344.16 |
| e. Riego | | | | 11,406.50 |
| Riego del Cultivo | Jornales | 95 | 90.16 | 8,565.20 |
| Gasolina | L | 410 | 6.93 | 2,841.30 |
| f. Fumigación aérea | | | | 5,400.00 |
| Aplicación de Plaguicidas | ciclo | 60 | 90.00 | 5,400.00 |
| B. Costos Indirectos (fijos) | | | | 17,656.18 |
| 1. Costos de Administración | | | | 6,000.00 |
| Arrendamiento del terreno | ha | 1 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 2. Costos de Administración | | | | 11,656.18 |
| 20% costos directos | | | | 11,656.18 |
| II INGRESOS | | | | 146,894.34 |
| Cajas de plátano | 22.52 kg | 3,561 | 41.25 | 146,894.34 |
| Utilidad neta | | | | 70,957.26 |
| Rentabilidad % | | | | 93.44 |

Anexo E.

Costo de producción de tratamiento cinco, evaluación de Quitosano en el control de Sigatoka Negra del banano; Tiquisate, Escuintla, 2019.

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---------------------------------------|------------------|----------|----------------|------------------|
| I. Egresos | | | | 75,002.47 |
| A. Costos directos (variables) | | | | 57,502.06 |
| 1. Insumos agrícolas | | | | 31,135.00 |
| a. Semilla | | | | 9,852.50 |
| Semilla de banano (meristemo) | Unidad | 1,750.00 | Q5.63 | 9,852.50 |
| b. Fertilizantes | | | | 14,307.00 |
| Químicos | | | | 9,237.00 |
| 20-20-0 | Saco 45.36 kg | 9 | Q155.00 | 1,395.00 |
| 18-46-0 | Saco 45.36 kg | 9 | Q205.00 | 1,845.00 |
| Solubor 20% | Saco 25 kg | 2 | Q325.00 | 650.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 50 kg | 4 | Q208.00 | 832.00 |
| Urea | Saco 45.36 kg | 9 | Q155.00 | 1,395.00 |
| 0-0-60 KCL | Saco 45.36 kg | 9 | Q160.00 | 1,440.00 |
| Sulfato de Potasio | saco 25 kg | 8 | Q210.00 | 1,680.00 |
| Foliares e hidrosolubles | | | | 5,070.00 |
| Newfol Rice | L | 6 | Q135.00 | 810.00 |
| Poliquel Calcio | L | 12 | Q115.00 | 1,380.00 |
| Poliquel Boro | L | 6 | Q85.00 | 510.00 |
| Kineplant Magnesio | L | 12 | Q55.00 | 660.00 |
| Nutrigol 0-20-44 | L | 12 | Q35.00 | 420.00 |
| Fertihumic | L | 12 | Q55.00 | 660.00 |
| BaseXT | L | 6 | Q105.00 | 630.00 |
| c. Insecticidas | | | | 2,990.00 |
| Abacmetina | L | 0.3 | Q300.00 | 90.00 |
| imidacloprid 1% | kg | 35 | Q20.00 | 700.00 |
| Diazinon | L | 2 | Q125.00 | 250.00 |
| Azufre 80% | kg | 18 | Q25.00 | 450.00 |
| Fluopyram | L | 1 | Q1,500.00 | 1,500.00 |
| d. Fungicidas | | | | 1,167.50 |
| Curativos | | | | 1,167.50 |
| Epoxiconazole 25% | L | 1 | Q285.00 | 285.00 |
| Difenoconazole 25% | L | 0.4 | Q400.00 | 160.00 |
| Pyraclostrobin + Fenpropimorph | L | 1 | Q300.00 | 300.00 |
| Trifloxystrobin | L | 0.5 | Q425.00 | 212.50 |
| Boscalid 25% | L | 0.3 | Q700.00 | 210.00 |
| e. Adherentes | | | | 2,065.00 |

| Concepto | Unidad de medida | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Xenic | L | 8 | Q100.00 | 800.00 |
| Treat Plus | L | 7 | Q95.00 | 665.00 |
| Spraytex | L | 30 | Q20.00 | 600.00 |
| f. Herbicidas | | | | 753.00 |
| Glifosato 36 SL | L | 4.5 | Q32.00 | 144.00 |
| Paraquat 20 SL | L | 6 | Q31.50 | 189.00 |
| Glufosinato de amonio 15 SL | L | 6 | Q70.00 | 420.00 |
| 2. Mano de Obra | | | | 26,367.06 |
| a. Preparación del Terreno | | | | 950.00 |
| Subsolado | ha | 1 | Q400.00 | 400.00 |
| Rastro-Arado | ha | 1 | Q550.00 | 550.00 |
| b. Siembra | | | | 406.00 |
| Siembra de meristemo | Jornales | 4 | Q101.50 | 406.00 |
| c. Control Fitosanitario | | | | 1,081.92 |
| Aplicaciones de herbicidas | Jornales | 12 | Q90.16 | 1,081.92 |
| d. Labores culturales | | | | 7,122.64 |
| Chapias | Jornales | 4 | Q90.16 | 360.64 |
| Embolse | Jornales | 10 | Q90.16 | 901.60 |
| Desflore | Jornales | 7 | Q90.16 | 631.12 |
| Deshije | Jornales | 6 | Q90.16 | 540.96 |
| Saneos | Jornales | 52 | Q90.16 | 4,688.32 |
| e. Riego | | | | 11,406.50 |
| Riego del Cultivo | Jornales | 95 | Q90.16 | 8,565.20 |
| Gasolina | L | 410 | Q6.93 | 2,841.30 |
| f. Fumigación aérea | | | | 5,400.00 |
| Aplicación de Plaguicidas | ciclo | 60 | Q90.00 | 5,400.00 |
| B. Costos Indirectos (fijos) | | | | 17,500.41 |
| 1. Costos de Administración | | | | 6,000.00 |
| Arrendamiento del terreno | ha | 1 | Q6,000.00 | 6,000.00 |
| 2. Costos de Administración | | | | 11,500.41 |
| 20% costos directos | | | | 11,500.41 |
| II INGRESOS | | | | 77,616.00 |
| Cajas de plátano | 22.52 kg | 1,882 | Q41.25 | 77,616.00 |
| Utilidad neta | | | | 2,613.53 |
| Rentabilidad % | | | | 3.48 |

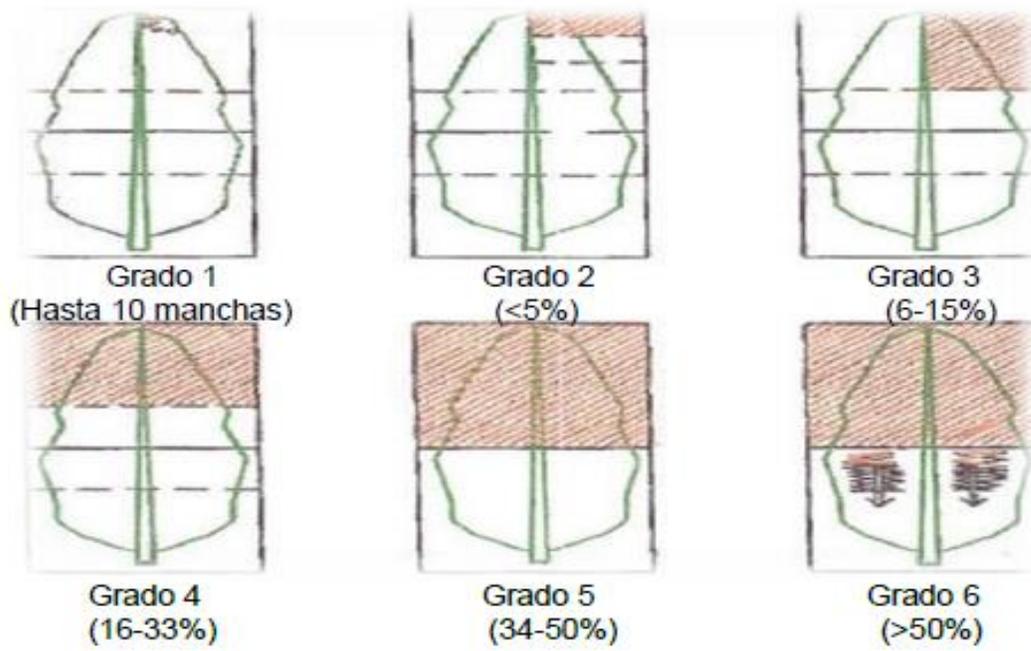


Figura 3. Escala de Stover modificada por Gauhl, grados de severidad de la Sigatoka Negra (Betancourt, 2001).