



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título
Ingeniero Agropecuario.

Título de la investigación:

“EFICIENCIA DE ESTROBILURINAS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) EN EL CAMPUS LA MARÍA”.

Autor:

Marcos Alfredo Hernandez Castillo

Tutor de la investigación:

Ing. Gerardo Segovia Freire, M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

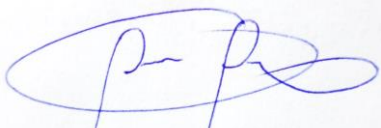
El proyecto de investigación “Eficiencia de estrobilurinas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en el Campus La María”, se desarrolló bajo el convenio marco de cooperación internacional entre la UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO y la Empresa BASF Ecuatoriana S.A., firmado a los 13 días del mes de noviembre de 2019.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **MARCOS ALFREDO HERNANDEZ CASTILLO**, declaro que en trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa vigente.



Marcos Alfredo Hernandez Castillo
AUTOR

CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Gerardo Segovia Freire**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Hernandez Castillo Marcos Alfredo**, realizó el proyecto de investigación de la Unidad de Integración Curricular: “**EFICIENCIA DE ESTROBILURINAS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) EN EL CAMPUS LA MARÍA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecida para el efecto.



Ing. Gerardo Segovia Freire, M.Sc.

DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, siguiendo las normativas y directrices establecidas por SENESCYT, el suscrito **Ing. Gerardo Segovia Freire, M.Sc.**, en calidad de Director de la Unidad de Integración Curricular: **“EFICIENCIA DE ESTROBILURINAS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) EN EL CAMPUS LA MARÍA”**, realizada por el estudiante de la carrera Ingeniería Agropecuaria **MARCOS ALFREDO HERNANDEZ CASTILLO**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es del 7%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.

URKUND	
Documento	Documento Marcos Hernandez URKUND.docx (D78204443)
Presentado	2020-08-26 11:36 (-05:00)
Presentado por	gerardo francisco segovia freire (gsegovia@uteq.edu.ec)
Recibido	gsegovia.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	Análisis de documentos Mostrar el mensaje completo
7% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 11 fuentes.	



Ing. Gerardo Segovia Freire, M.Sc.
DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EFICIENCIA DE ESTROBILURINAS EN EL CONTROL DE SIGATOKA
NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa
paradisiaca*) EN EL CAMPUS LA MARÍA”**

Presentado por la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Camilo Mestanza Uquillas

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
Ing. Diana Veliz Zamora

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
Dr. Gregorio Vásquez Montufar

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTOS

La más noble e infinita gratitud es para Dios por mantener el control en mi vida mientras cursaba esta etapa.

A mi toda mi familia y en especial a mi padre por su ilimitado apoyo y ayudarme a impulsar mis capacidades y virtudes, además de enseñarme a ser una persona de bien.

A mi pareja que a través de su amor supo brindarme equilibrio en cada momento en que sentía que las situaciones externas me superaban.

A todos mis amigos y compañeros por permitirme compartir muchas experiencias y acompañarme en una etapa tan importante como esta.

Al Dr. Fernando Cabezas que a través de sus conocimientos y experiencia fue de gran aporte para el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes y entidades que aportaron en mi formación académica y preparándome de la mejor forma para una exitosa carrera profesional.

Marcos Hernandez

DEDICATORIA

A Dios por bendecir inmensamente a mí y a mis seres queridos.

A todo ese grupo de amigos y familiares que estuvieron presente en todo el proceso de
mi formación académica.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por inculcar un sin número de valores y
por ser una institución que realiza un gran aporte a la población, preparando a futuros
profesionales.

A todas las personas que laboran en el campo bananero.

Marcos Hernandez

RESUMEN

Esta investigación posibilita la evaluación de la eficiencia y residualidad del grupo químico de las estrobilurinas en el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca*). Este experimento se desarrolló en el Campus “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La metodología utilizada para las variables eficiencia y residualidad fue de Stover modificada por Gaul. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), los datos fueron analizados con el programa estadístico RStudio con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad la investigación tuvo una duración de 4 meses y se realizaron 4 tratamientos; T0 (Testigo absoluto), T1 (Azoxystrobin 0.4 L ha⁻¹), T2 (Pyraclostrobin 0.4 L ha⁻¹) y T3 (Trifloxystrobin 0.15 L ha⁻¹), con un total de 24 unidades experimentales con 6 repeticiones por tratamiento, por un tiempo de evaluación (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 días). Los resultados nos indican que en la variable residualidad y eficacia hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. En todo el lapso de la investigación el T2 fue superior a los demás tratamientos en residualidad y en eficacia, existiendo diferencias significativas. Además, en la variable análisis de costos el T2 tiene menor costo de aplicación respecto a los otros tratamientos.

Palabras claves: Eficacia, fungicida, residualidad y costos.

ABSTRACT

This investigation makes possible the evaluation of the efficiency and residuality of the chemical group of strobilurins in the control of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) in banana (*Musa paradisiaca*). This experiment was carried out at the “La María” Campus belonging to the Quevedo State Technical University. The methodology used for the efficiency and residual variables was Stover's modified by Gaul. A completely randomized design (DCA) was applied, the data were analyzed with the RStudio statistical program with the Tukey test at 5% probability, the investigation lasted 4 months and 4 treatments were performed; T0 (absolute control), T1 (Azoxystrobin 0.4 L ha⁻¹), T2 (Pyraclostrobin 0.4 L ha⁻¹) and T3 (Trifloxystrobin 0.15 L ha⁻¹), with a total of 24 experimental units with 6 repetitions per treatment, for an evaluation time (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 days). The results indicate that in the residuality and efficacy variable there were significant differences between the applied treatments. Throughout the investigation period, T2 was superior to the other treatments in residuality and efficacy, with significant differences. In addition, in the cost analysis variable, T2 has a lower cost of application compared to other treatments.

Keywords: Efficacy, fungicide, residuality and costs.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ¡Error! Marcador no definido.	
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR..... ¡Error! Marcador no definido.	
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTOS.....	viii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xivv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CÓDIGO DUBLÍN	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6

1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. Banano.....	10
2.2.2. Origen.....	10
2.2.3. Taxonomía.....	11
2.2.4. Descripción botánica.....	12
2.2.5. Condiciones climáticas para el cultivo de banano.....	134
2.2.6. Banano Williams.....	134
2.2.7. Importancia del banano.....	144
2.2.8. Zonas de productoras de banano.....	155
2.3. Sigatoka negra.....	166
2.3.1. Epidemiología.....	166
2.3.2. Origen y distribución.....	177
2.3.3. Síntomas.....	188
2.3.4. Importancia de la sigatoka negra.....	199
2.3.5. Control.....	20
2.3.6. Resistencia.....	21
2.4. Estrobilurinas.....	22
2.4.1. Azoxystrobin.....	23
2.4.2. Trifloxystrobin.....	233
2.4.3. Pyraclostrobin.....	244
2.4.4. Estrobilurinas en banano.....	255
2.4.5. Resistencia a estrobilurinas.....	255

2.4.6. Investigaciones realizadas.	266
CAPÍTULO III	288
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	288
3.1. Localización y duración de la investigación.....	299
3.2. Tipo de investigación.	299
3.3. Métodos de investigación.	30
3.4. Fuentes de recopilación de información.	31
3.5. Diseño de la investigación.	31
3.6. Descripción de los tratamientos.	32
3.7. Instrumentos de evaluación.	33
3.7.1. Variables evaluadas.	33
3.8. Recursos humanos y materiales.....	366
3.8.1. Recursos humanos.	366
3.8.2. Recursos materiales en la investigación.	377
CAPÍTULO IV	388
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	388
4.1. Eficacia.	399
4.2. Residualidad.	40
4.3. Análisis de costos.	41
CAPÍTULO V	43
CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES	43
5.1. Conclusiones.....	44
5.2. Recomendaciones.....	45
CAPÍTULO VI	46
BIBLIOGRAFÍA	46
6.1. Bibliografía.	47
CAPÍTULO VII	54

ANEXOS	54
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página.
1. Taxonomía del banano.....	111
2. Características agrometeorológicas del CIB, Campus “La María” UTEQ – Mocache.....	299
3. Análisis para el Diseño Completamente al Azar (DCA).....	32
4. Descripción de los tratamientos.....	32
5. Características de las unidades experimentales.....	33
6. Análisis de costos por hectárea en la aplicación de los tratamientos estrobilurinas para controlar la sigatoka negra en el cultivo de banano.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página.
1. Eficacia en la hoja 2, índice de infección de sigatoka negra en el cultivo de banano.....	39
2. Residualidad en la hoja 1, comportamiento de estrobilurinas en el control de sigatoka negra.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página.
1. Cuadrado medio de la residualidad de funguicidas.....	54
2. Análisis de desviaciones en la residualidad.....	54
3. Cuadrado medio de la eficacia de funguicidas.	55
4. Análisis de desviaciones en la eficacia.....	55
5. Comparación entre tratamientos en la residualidad.....	56
6. Comparación entre tratamientos en la eficacia.....	57
7. Cronograma de planificación de actividades del proyecto de investigación.....	59
8. Croquis de campo.	60
9. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Azoxystrobin.....	61
10. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Pyraclostrobin.	62
11. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Trifloxystrobin....	63
12. Mezcla de fungicidas aplicados.....	64
13. Actividades realizadas en la investigación de campo.....	64
14. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Testigo haz y envés.	66
15. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Testigo haz y envés.	67
16. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Azoxystrobin haz y envés.	67
17. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Azoxystrobin haz y envés.	68
18. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Pyraclostrobin haz y envés....	69
19. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Pyraclostrobin haz y envés....	69
20. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Trifloxystrobin haz y envés...	70
21. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Trifloxystrobin haz y envés...71	71

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“EFICIENCIA DE ESTROBILURINAS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) EN EL CULTIVO DE BANANO (<i>Musa paradisiaca</i>) EN EL CAMPUS LA MARÍA”.			
Autor:	Marcos Alfredo Hernandez Castillo			
Palabras clave:	Eficacia	Fungicida	Residualidad	Costos
Fecha de publicación:				
Editorial:	UTEQ, 2020			
Resumen:	Esta investigación posibilita la evaluación de la eficiencia y residualidad del grupo químico de las estrobilurinas en el control de la sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) en banano (<i>Musa paradisiaca</i>). Este experimento se desarrolló en el Campus “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La metodología utilizada para las variables eficiencia y residualidad fue de Stover modificada por Gaul. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), los datos fueron analizados con el programa estadístico RStudio con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, la investigación tuvo una duración de 4 meses y se realizaron 4 tratamientos; T0 (Testigo absoluto), T1 (Azoxystrobin 0.4 L ha⁻¹), T2 (Pyraclostrobin 0.4 L ha⁻¹) y T3 (Trifloxystrobin 0.15 L ha⁻¹), con un total de 24 unidades experimentales con 6 repeticiones por tratamiento, por un tiempo de evaluación (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 días). Los resultados nos indican que en la variable residualidad y eficacia hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. En todo el lapso de la investigación el T2 fue superior a los demás tratamientos en residualidad y en eficacia, existiendo diferencias significativas. Además, en la variable análisis de costos el T2 tiene menor costo de aplicación respecto a los otros tratamientos.			
	This research makes possible the evaluation of the efficacy and residuality of the chemical group of strobilurins in the control of black sigatoka (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) in banana (<i>Musa paradisiaca</i>).			

Abstract:	This experiment was carried out at the “La María” Campus regarding the Quevedo State Technical University. The methodology used for the variables efficiency and residuality was Stover modified by Gaul. A completely randomized design (DCA) was applied, the data were analyzed with the statistical program R with the Tukey test at 5% probability, the investigation lasted 4 months and 4 treatments were managed; T0 (absolute control), T1 (Azoxystrobin 0.4 L ha⁻¹), T2 (Pyraclostrobin 0.4 L ha⁻¹) and T3 (Trifloxystrobin 0.15 L ha⁻¹), with a total of 24 experimental units with 6 repetitions per treatment, for an evaluation time (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49). The results indicate that in the residuality and efficacy variable there were significant differences between the treatments applied. However, throughout the investigation period, T2 was superior to the other treatments in residuality and efficacy. In addition, in the cost analysis variable, T2 has a lower application cost compared to the other treatments.
Descripción:	89 hojas: dimensiones, 29 x 21cm + CD-ROM
Uri:	

INTRODUCCIÓN

El banano es un cultivo de notable importancia a nivel mundial, aporta de manera positiva al desarrollo y dinamización de las economías de países que se dedican a la producción y exportación de esta fruta. Es un producto que está disponible las 52 semanas del año, de alto valor alimenticio y con características especiales que lo hace un producto de preferencia y atractivo, respecto a la demanda de frutas en los diferentes mercados del mundo (1).

En el año 2018 el INEC, MAG-SIPA (2) señalan que en el Ecuador existen 173706 hectáreas de banano con una producción de nacional de 6505635 toneladas y un rendimiento promedio de 40.26 t/ha. Vale destacar que a nivel nacional en el año 2018 este cultivo fue el mayor generador de divisas con más de \$3000 millones de dólares para los empresarios privados, cantidad que representa el 24.2% de las exportaciones no petroleras del país. Es uno de los sectores de más contribución en el impuesto a la renta y otros impuestos establecidos en el Ecuador. La actividad bananera abarca más de 2 millones de empleos de forma directa e indirecta en todo el litoral ecuatoriano. La provincia de Los Ríos es una zona agrícola con gran diversidad de cultivos, pero el banano es un icono de modo que su producción es una de las actividades con más integración de personas. No obstante, es atacado con frecuencia por muchos patógenos como la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) (3).

La sigatoka negra es la enfermedad más importante que afecta a las plantaciones de banano. El hongo es controlado principalmente mediante fungicidas químicos con un costo anual de 350 millones de dólares. Los principales fungicidas sistémicos utilizados para controlar la enfermedad de la sigatoka negra han sido los benzimidazoles, los triazoles, las estrobilurinas y las morfolinas (4).

Las estrobilurinas se descubrieron a partir de aislados del ácido β -metoxiacrílico pues su génesis es orgánico, fundamental compuesto utilizado en la agricultura para el control de varios agentes patógenos entre estos la sigatoka negra. Su forma de actuar se inicia en la inhibición de la respiración, deteniéndose entre otras funciones básicas celulares, las

síntesis de proteínas, ARN y ADN, debido a un insuficiente ATP (5). Contribuyen positivamente al aumento del contenido de clorofila en las hojas aportando un aspecto más verde en las plantas, mejora la tasa de fotosíntesis y la regulación de fitohormonas en la fisiología de la planta, especialmente en el retraso del proceso de senescencia (6).

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la eficiencia de estrobilurinas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca*) en el Campus La María. Con la finalidad de minimizar los daños y perjuicios causados por una enfermedad tan agresiva como la sigatoka negra, tomando como herramienta y control a las estrobilurinas una clase de fungicida de origen natural que puede ejecutar un control prometedor y la oportunidad de realizar un manejo sanitario con un mínimo impacto ambiental.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El banano es un cultivo tropical que constantemente es perjudicado por el ataque de enfermedades, mismas que causan límites en cuanto a la producción y manejo de esta fruta. La sigatoka negra es de las enfermedades que más ataca al cultivo de banano, su desarrollo se ve favorecido por las condiciones climáticas de las regiones tropicales las de esta zona.

El control de la sigatoka negra una labor compleja y de constante actividad, es por eso que en la actualidad el control de esta enfermedad representa un valor considerable en los costos de producción del cultivo, para que el patógeno no sobrepase los umbrales económicos, impidiendo comprometer calidad del cultivo y se pueda efectuar un correcto manejo en él mismo.

A partir de este contexto se considera como una excelente opción la utilización del grupo químico estrobilurinas en el combate de la sigatoka negra esperando equilibrar las incidencias de la enfermedad y se pueda reducir los costos que representan el control del agente causal (*Mycosphaerella fijiensis*).

Diagnóstico.

La enfermedad es causada por el hongo del género Ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis*, la detección del patógeno se lo realiza a través de la observación y presenta las siguientes características: manchas cloróticas que posteriormente se vuelven rayas u estrías, para al final presentar manchas necróticas en el envés de la hoja. La sigatoka negra constituye uno de los principales problemas fitopatológico. Por lo tanto, es necesario realizar evaluaciones que permitan medir la eficiencia de las estrobilurinas en el control de sigatoka negra en el cultivo de banano.

Pronóstico.

Un inadecuado control químico de la sigatoka negra permite que dicha enfermedad perjudique considerablemente la producción de banano, disminuyendo la calidad y rendimiento del cultivo, lo que se traduce en el aumento de costos de producción y menor rentabilidad para las pequeñas y grandes empresas que se dedican a la actividad bananera.

1.1.2. Formulación del problema.

La sigatoka negra es una enfermedad que causa fuertes pérdidas al sector bananero, debido a que ataca con mucha agresividad en etapas claves por la que cursan los cultivares de bananos. Por ello es necesario estudiar minuciosamente a las estrobilurinas debido a que es una de las familias químicas más comunes que se utilizan para controlar y prevenir los daños que produce este patógeno

¿Será posible determinar la eficiencia y eficacia de las estrobilurinas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en el campus La María”?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Se determinará la eficacia de los fungicidas del grupo químico estrobilurinas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano?

¿Es posible evaluar la residualidad de los fungicidas del grupo químico de las estrobilurinas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano?

¿Aumentará la relación los costos de los tratamientos aplicados?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la eficiencia de las estrobilurinas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca*) en el Campus La María.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar la eficacia de los fungicidas del grupo químico estrobilurinas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano.
- Evaluar la residualidad de los fungicidas del grupo químico de las estrobilurinas para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano.
- Realizar un análisis de costos de los tratamientos aplicados.

1.3. Justificación.

La provincia de Los Ríos es una zona que se destaca por tener excelentes condiciones de suelo y clima, aspectos que benefician y fomentan a que la actividad agrícola en especial la producción bananera se desarrolle con fuerza convirtiéndose en un sector de merecidos reconocimientos. El banano es uno de los cultivos tropicales más representativos y prometedores que existe en la actualidad, para su producción se deben de realizar labores indispensables entre las cuales se destaca el control enfermedades.

El estudio de diversas sustancias químicas para el control de enfermedades en la comunidad bananera es de vital importancia, eso se debe a que el cultivo es constantemente atacado por la enfermedad sigatoka negra y su control representa un valor

considerable en los costos de producción. Por lo tanto, es necesario generar investigaciones con ciertos grupos químicos con características para un oportuno combate del patógeno.

Esta investigación brinda la oportunidad de realizar un manejo efectivo mediante estudios de eficacia, residualidad y análisis costos de los productos utilizados para contrarrestar los efectos negativos que produce la sigatoka negra en las plantaciones de banano y al mismo tiempo se reduzcan los costos que se destina para el control de una de las enfermedades más importantes para las musáceas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Marco conceptual.

CIB: Campo de investigación de banano BASF. Ubicado en el Campus “La María” de la UTEQ.

AFA: Área foliar afectada.

DDA: Días después de la aplicación.

Fungicida: Agente químico capaz de matar las esporas o micelios de los hongos, o de inhibir su capacidad de desarrollo (7).

Eficacia: Capacidad de un producto o tratamiento para proporcionar un efecto beneficioso (9).

Costos: Valor monetario utilizado para adquirir un bien o servicio con el objeto de general benéficos en el presente o futuro (10).

Residualidad: Es lo que resulta ante la destrucción o descomposición de un todo. Es la porción que queda de un todo (11).

Eficiencia: Utilización racional de los recursos productivos, adecuándolos a las tecnologías existentes (11).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Banano.

El banano se define como una planta herbácea con pseudotallos aéreos que se originan de cormos carnosos, en los que se desarrollan numerosas yemas laterales o "hijos". Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan el tallo (o cormo) dando origen al pseudotallo. La inflorescencia es terminal y crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie (12).

Se reproducen asexualmente por vástagos que nacen de un tallo subterráneo. Los brotes tienen un crecimiento energético y pueden producir un racimo maduro en menos de un año. los vástagos siguen brotando de una única planta, lo que hace al banano un cultivo perenne que puede cosecharse durante todo el año (13).

2.2.2. Origen.

El banano es un cultivo tropical, se considera que se originó y desarrolló simultáneamente en Malasia y en las islas indonesias, es decir en el suroeste asiático (14). El centro de origen del banano es también el centro de su diversidad. La sociedad que lo consume tiene una variada selección de cultivares de postre y de cocción. Las clases de banano varían en color, tamaño, forma y utilidad (15).

Al pasar del tiempo se cultivó la planta y se empezó a originarse nuevos mutantes, se obtuvieron formas sin semilla en una etapa relativamente temprana de la historia de las plantas cultivadas. Se ha encontrado evidencia de referencia que indican que el banano tuvo apariciones en la India 600 años antes de Cristo. Sin embargo, del año 600 al 300 antes de Cristo los indios ya escribían acerca del banano, pero no se menciona en China hasta 200 años después de Cristo (14).

2.2.3. Taxonomía.

Musa paradisiaca es el primer nombre Linneano que se le da a un plátano y, por lo tanto, técnicamente es la "especie tipo" del género *Musa spp.* (16) El nombre fue acuñado por Carl Linnaeus, el padre de la taxonomía moderna, quien tomó prestado el nombre del género de Georg Eberhard Rumphius (17).

La mayoría de las autoridades (por ejemplo, Kew's World Checklist of Selected Plant Families) dan a *Musa paradisiaca*, o *Musa x paradisiaca*, como un nombre aceptado. Se agregó la x para indicar que el plátano que Linnaeus describió, finalmente determinado como cultivar de plátano, es un híbrido de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Todos los binomios latinos que habían sido asignados a híbridos similares ahora se consideran sinónimos de *Musa x paradisiaca*, incluido *Musa sapientum* (18).

La taxonomía del banano se la expone a continuación en la tabla 1:

Tabla 1. Taxonomía del banano.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa
Especie:	<i>M. paradisiaca</i>

Fuente: Simmonds, (19).

Elaborado: Autor.

2.2.4. Descripción botánica.

Raíz: Las raíces del banano se presentan en grupos de 3 o 4, cordiformes, blancas y tiernas primero, para amarillarse y endurecerse ligeramente cuando envejecen. Su diámetro según los diferentes clones varía de 5 a 8 mm y su longitud es muy diversa, pudiendo llegar a 3 o 4 metros. La potencia de penetración de las raíces de banano es débil y por este hecho requiere suelos porosos, con texturas medias a ligeras y profundos. Las raíces profundas pueden penetrar hasta 1.5 m en suelos de buenas condiciones físicas. La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 60 cm de profundidad y constituyen una red intrincada (14).

Tallo: En una planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Es un pseudotallo y ofrece a la planta apoyo y capacidad de almacenar reservas amiláceas. Por otra parte, le permite alcanzar mayor altura y elevar el nivel de las láminas foliares que captan la luz solar (20).

Hojas: Son muy verdes en el haz y más o menos verdosa en envés. Responsables de captar la luz solar. Se conforman en espiral, elípticas, grandes, con nervadura pennadas y están sobrepuestas unas a otras (21). Poseen un ancho de 0.7 – 1 metro y una longitud de 2 – 4 metros (14).

Inflorescencia: Cubierta por brácteas, con forma oval de color rojo violáceo y cerosas exteriormente. Estas brácteas se desecan y caen rápidamente. Cada bráctea cubre un grupo de flores alineadas en dos hileras. Brota en sentido vertical y posteriormente cuelga de la planta por geotropismo positivo. La estructura de una flor de banano se puede sintetizar como compuesta por un periantio zigomorfo constituido por un sépalo de tres lóbulos principales, dos menores y uno libre. La inflorescencia se compone de flores masculinas y femeninas que difieren en que las segundas son mayores (14).

Fruto: El fruto es carnoso y suave, compuesto por tres carpelos que son los últimos órganos florales que aparecen, fusionándose rápidamente para formar el estilo y el estigma. Es de forma angulosa cuando es joven y progresivamente cilíndrica a medida que va aumentando de grosor por la acumulación de almidón (22) .

2.2.5. Condiciones climáticas para el cultivo de banano.

Clima: El clima ideal es el tropical húmedo, la temperatura adecuada va desde los 18.5 °C a 35.5 °C. A temperaturas inferiores de 15.5 °C se retarda el crecimiento mientras que con temperaturas de 40 °C se presenta stress, siempre y cuando la provisión de agua no sea normal (23).

La pluviosidad: La cantidad mínima de lluvia necesaria en la zona es de 120 mm mensual o precipitaciones de 44 mm semanales. En nuestro litoral Ecuatoriano es necesario realizar el riego porque tiene definido sus estaciones lluviosa y seca (23).

Luminosidad: El banano requiere de buena luminosidad con un óptimo entre 1000 a 1500 horas luz al año (23).

Viento: Las zonas con vientos no mayores a 30 km por hora son los ideales, para evitar volcamiento de las plantas. Además, ausencia de vientos fuertes debido a su altura y débil constitución del pseudotallo (23).

Humedad: Alta humedad relativa (mayores al 80%) favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y plagas principalmente (23).

Altitud: Se recomienda alturas sobre el nivel del mar entre 0 a 300 metros (23).

2.2.6. Banano Williams.

Morfología: Es un banano de altura promedio (2.40 – 3.70 m) con un racimo cilíndrico, un tallo grande que puede producir hasta 300 frutos de idéntico tamaño (aproximadamente 20 cm), ligeramente curvados y apuntando hacia arriba. El tronco principal (el pseudotallo) tiene parches de color marrón oscuro, rojo o negro. El racimo tiene una apariencia característica con un raquis largo y desnudo que termina en una flor masculina y contrasta con un racimo de frutas abundantes y muy compactas (24).

Fenología: Es una variedad con un ciclo de crecimiento relativamente corto. Es una planta in vitro que florece en promedio 166 días después de la siembra y la fruta se cosecha 275 días después, es decir, un ciclo de 10 meses (24).

Producción: Bajo condiciones de cultivo comercial (utilizando buenas prácticas agronómicas), un racimo pesa en promedio 32 kg y produce en promedio 300 frutas. El rendimiento es muy alto, aproximadamente de 50 - 70 t/ ha por ciclo anual (24).

2.2.7. Importancia del banano.

El banano es un cultivo importante para los pequeños y grandes agricultores en las regiones tropicales húmedas y subhúmedas del mundo (25). Hace una contribución vital a las economías de muchos países aportando al desarrollo y comercio (26). En efecto, influye positivamente en la mano de obra de trabajadores (27), junto con la actividad lechera y la horticultura, es una de las pocas actividades que proporciona a las unidades familiares ingresos regulares durante todo el año (13).

Por otra parte, constituye una fuente fundamental de alimentos para millones de personas en el mundo, incluidos África, el sudeste de Asia, América del Sur y Central (4). El banano se encuentra ubicado a nivel mundial en el cuarto lugar como cultivo alimentario

después del arroz, trigo y maíz y en quinta posición como el producto agrícola más comercializado después productos como cereales, azúcar, café y cacao (28).

El Ecuador se ubica como uno de los principales exportadores de banano con aproximadamente el 30% del mercado mundial, destina el 95% de la producción nacional a la exportación. Se considera uno de los principales productos agrícola de exportación, con el 28% del PIB Agrícola, y se ubica en segunda posición entre los productos no petroleros después de la acuicultura, además tiene una representación en el PIB nacional del 2% (28).

2.2.8. Zonas de productoras de banano.

La producción bananera del Ecuador, se ubica en diez provincias El Oro, Guayas, Los Ríos, Cotopaxi, Esmeraldas, Cañar, Pichincha, Azuay, Bolívar y Manabí. Para el año 2017 en el litoral ecuatoriano se cosechan 158056 hectáreas de banano. En el mapa de producción nacional, Los Ríos es la provincia que concentra el 40% de la fruta, le siguen Guayas con un 32% y El Oro que se sitúa tercera con el 27%, según la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador (29).

El Oro es la provincia que cuenta con la mayor cantidad de haciendas a escala nacional, con 2 375 de las 5 737 que registra la Subsecretaría de Comercialización del Ministerio de Agricultura, es decir, el 41.39%. La mayoría de esos predios está en manos de los pequeños y medianos productores. el cultivo del banano ha sido favorecido por las excelentes condiciones climáticas y ecológicas de la llanura occidental de la provincia fronteriza (30).

Comentado [U1]: RESPETE LOS ESPACIOS DESPUES DE PUNTO A PART2

2.3. Sigatoka negra.

Enfermedad de la raya foliar negra (BLSD), causada por el patógeno fúngico *Mycosphaerella fijiensis*, es considerada como la enfermedad foliar más destructiva del banano (31). Afecta el área foliar fotosintética de la planta, por lo tanto, se va a tener problemas de peso en los racimos, también produce una maduración más pronta de la fruta y esto afecta sustancialmente a su comercialización (23).

Causa pérdidas dramáticas en la producción de frutas de banano y plátano (32), es responsable de pérdidas significativas en el cultivo de banano, debido a la alta susceptibilidad de los más importantes cultivares los híbridos diploides, triploides y tetraploides (33).

El patógeno es tan agresivo que ha ocasionado graves pérdidas en la producción comercial de bananos y ha modificado el manejo de las plantaciones, principalmente los programas de control químico. Esto ha traído como consecuencia un incremento en los costos de producción del cultivo. En la actualidad, el combate de la Sigatoka negra en bananos depende principalmente de la aplicación continua de fungicidas (34),(35).

2.3.1. Epidemiología.

El agente causal presenta en su ciclo de vida un estado teleomorfo o sexual y un estado anamorfo o asexual. El hongo *Mycosphaerella fijiensis* es el teleomorfo, mientras que *Pseudocercospora fijiensis* Morelet Deighton es el anamorfo (36),(35). *Mycosphaerella fijiensis* produce ascosporas en el interior de pseudotecios sobre lesiones maduras y representan la principal fuente de inóculo de la enfermedad. En cambio, *Pseudocercospora fijiensis* forma conidios en lesiones jóvenes (37),(35).

El patógeno se transmite por el aire que ataca las hojas de *Musa paradisiaca*. Se considera comúnmente la principal limitación para la producción de plátano en África

occidental. La enfermedad causa necrosis foliar severa y reduce el rendimiento en un 30 a 50% (38).

Este hongo afecta a todas las variedades de banano comercial debido a la influencia de factores ambientales como temperatura (25-28 °C), alta humedad relativa superior al 80% y un prolongado periodo de lluvias (23).

2.3.2. Origen y distribución.

Stover (39) en 1978 menciona que la enfermedad se había extendido en la región de Asia y el Pacífico mucho antes. Rhodes (40) en 1964 describió una nueva enfermedad en la hoja de banano, notada por primera vez en el valle de Sigatoka de Fiji 1963. La enfermedad era similar a la Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*), pero más grave. La coloración negra de las hojas gravemente enfermas llevó a Rhodes (1964) a dar el nombre de "raya de hoja negra". Leach (41) en 1964 investigó la causa y el control de la raya foliar negra y estuvo de acuerdo con Rhodes (1964) considerando que la enfermedad es "nueva" por las siguientes razones:

- Su capacidad para formar una enorme masa de rayas estrechas en las hojas de plátano tan pronto a medida que la infección se vuelve severa.
- Entre peritecios y ascosporas de *Mycosphaerella musicola* y las de *Mycosphaerella fijiensis*, causando una raya negra en la hoja, hubo diferencias notables entre los estados conidiales de tipo Cercospora.
- El número de peritecios por unidad de área en lesiones de rayas de hojas negras (*Mycosphaerella fijiensis*), era considerablemente mayor que las lesiones de sigatoka amarilla.
- El control de la raya de hojas negras mediante aplicaciones de aceite en aerosol o fungicidas, fue más difícil que el de sigatoka amarilla.

El primer registro de BLSD en América Latina es de Honduras en 1972. Desde entonces se ha extendido a Belice (1975); Guatemala (1977); Nicaragua, El Salvador y Costa Rica

(1979); México (1980); Panamá y Colombia (1981); Ecuador (1986); Venezuela (1991); Perú (1994) (42).

2.3.3. Síntomas.

Resulta a veces difícil establecer la diferencia entre los síntomas de la sigatoka negra y los de la Sigatoka amarilla. De forma general, el primer síntoma aparece en el haz del limbo en forma de manchas longitudinales de un color amarillo pálido (sigatoka amarilla) o marrón oscuro en el envés del limbo (sigatoka negra) de 1 a 2 mm de largo, que aumentan de tamaño formando lesiones necróticas con halos amarillos y centro gris claro. Las lesiones pueden unirse y destruir grandes áreas de tejido foliar, acarreado una reducción del rendimiento y una maduración prematura de los frutos (43).

La sigatoka negra reviste más gravedad que la sigatoka amarilla, puesto que sus síntomas se manifiestan en hojas más jóvenes (lo cual se debe generalmente a una mayor abundancia del inóculo) y por lo tanto ocasiona daños más importantes en los tejidos fotosintetizadores. Además, ésta afecta a muchos de los cultivares que resisten a la sigatoka amarilla, como los del subgrupo de plátano (AAB). Las pérdidas de producción pueden alcanzar, en ciertos casos, más del 50% (43).

La enfermedad provoca desórdenes significativos en el crecimiento vegetativo de la planta, la cual sufre un severo deterioro del área foliar y de la productividad del cultivo, al disminuir su capacidad fotosintética. De presentarse esta condición, la planta no logra extraer de las hojas los elementos nutritivos para llevarlos al racimo y llenarlo; éste puede presentar madurez prematura y la fruta no sirve para la exportación (44).

El desarrollo de la enfermedad está marcado por 6 etapas o estadios que se detallan a continuación:

1. Aparecen como manchas amarillentas que son menos de 1 mm visibles solo en el envés de la hoja.
2. Aparecen como rayas rojas o marrones en la parte inferior de la hoja y luego en la parte superior de la hoja. El color de la raya cambiará progresivamente a negro en la parte superior de la hoja.
3. Difiere de la anterior por las dimensiones de las rayas, que se hacen más largas y más grandes.
4. Aparecen como una mancha marrón en la parte inferior de la hoja y como una mancha negra en la parte superior. El punto toma una forma elíptica o circular.
5. Es la primera de dos etapas necróticas. La mancha es totalmente negra y se ha extendido a la parte inferior de la lámina de la hoja. Está rodeado por un halo amarillo.
6. Es cuando el centro de la mancha se seca, se vuelve gris claro y está rodeado por un anillo negro bien definido, que está rodeado por un halo amarillo brillante. Como el anillo persiste, estas manchas permanecen visibles después de que la hoja se haya secado.

Estas etapas fueron descritas por Meredith y Lawrence en (1969) y fueron redefinidas por Eric Fouré (45) en 1985.

2.3.4. Importancia de la sigatoka negra.

La sigatoka negra es considerada la enfermedad más importante que afecta la producción comercial de banano y plátano en la mayoría de las regiones productoras del mundo (46). El hongo es controlado principalmente mediante fungicidas químicos con un costo anual de cerca de 350 millones de dólares para América latina (4). Su manejo basado en agroquímicos, representa el 40% de los costos de producción (46).

2.3.5. Control.

Químico.

Las medidas de manejo de la enfermedad se han basado en el uso de productos químicos que aunque permiten enfrentar de forma eficaz la enfermedad, presenta desventajas por sus efectos sobre el medio ambiente, sumado a la resistencia de las poblaciones del patógeno, adquirida por la aplicación de ciertos fungicidas sistémicos muy utilizados como los benzimidazoles y más recientemente los triazoles, Peláez, et al (4) señalan que los principales fungicidas sistémicos utilizados para control de la enfermedad sigatoka negra han sido Benzimidazoles, triazoles, estrobilurinas y morfolinás.

El número de aplicaciones de éstos en las plantaciones bananeras varían en un rango de 10 a 45 por año. El principal riesgo del uso frecuente y excesivo de estos compuestos es la generación de resistencia como la que actualmente se observa en *Mycosphaerella fijiensis* ante la acción de los fungicidas (47).

Según Vásquez (48) en el (2009), propone que un control alternativo para de enfermedades fúngicas del banano, como la Sigatoka negra, es el desarrollo de plantas transgénicas con resistencia contra *Mycosphaerella fijiensis*. Sin embargo, la lucha contra *Mycosphaerella fijiensis* en bananos y plátanos se ha desarrollado dentro de sistemas de manejo que integran el saneamiento, medidas culturales que tienden a crear condiciones más desfavorables al desarrollo de la enfermedad y al control químico (49).

Cultural.

Se entiende por combate cultural la implementación o modificación de ciertas prácticas de cultivo con la finalidad de generar un ambiente menos favorable para la enfermedad o afectar la reproducción, diseminación e infección del patógeno. Dentro del concepto anterior se incluyen las prácticas fitosanitarias tendientes a la reducción de inóculo, el control de malas hierbas, el drenaje adecuado, la nutrición balanceada y la población y

distribución de plantas. Con la deshoja sanitaria detallada (despunte y cirugía), a intervalos semanales, se logra reducir la severidad de la enfermedad

Otras prácticas adicionales al deshoje sanitario también pueden ayudar en el manejo de la enfermedad, por ejemplo, el apilamiento o acordonamiento del tejido enfermo en el suelo y la aplicación de urea al 10% como inhibidor de la esporulación. Más recientemente se introdujo la defoliación controlada a la floración (eliminación a la floración de las tres hojas más viejas de cada planta) como una práctica para la reducción del inóculo del patógeno. Es importante el control de malezas en forma regular (herbicida o chapea) para un adecuado combate de la enfermedad y la posibilidad de utilizar coberturas vivas de suelo de porte bajo, sin detrimento en el control de la Sigatoka negra. La nutrición mineral balanceada es también un aspecto relevante. Algunos elementos como el silicio, cobre, calcio, boro y zinc contribuyen a reducir la severidad de la enfermedad (9).

2.3.6. Resistencia.

El uso excesivo de los plaguicidas en las plantaciones es la resistencia que ha adquirido el patógeno a estos compuestos. Entre los diferentes mecanismos de resistencia se encuentran:

- 1) Alteraciones en el sitio blanco, lo cual ocasiona la reducción de la sensibilidad del organismo al producto químico.
- 2) Modificaciones en la vía metabólica, lo que evita que el compuesto llegue a su sitio de acción.
- 3) Desactivación metabólica de fungicida.
- 4) Excreción del fungicida (50).

La resistencia de *Mycosphaerella fijiensis* a estrobilurinas, es un problema para países como Colombia, Costa Rica, Guatemala y Panamá. En los años 2007-2009, el patógeno mostró diferente sensibilidad a inhibidores de metilación como el bitertanol,

difenoconazol, epoxiconazol, fenbuconazol, miclobutanil, propiconazol, tebuconazol, tetraconazol y triadimenol. Mientras que con el grupo de las aminas espiroxamina, fenpropimorf y tridemorf, la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a estos compuestos es alta y no ha cambiado en los últimos dos años. En el año 2010 el Comité de Acción para Resistencia a Fungicidas (FRAC) actualizó sus recomendaciones para la aplicación de cada clase de fungicidas (47).

La resistencia de *Mycosphaerella fijiensis* a los fungicidas inhibidores del citocromo bc1 o QoIs (por sus siglas en inglés Quinone Outside Inhibitors) como: pyraclostrobin, trifloxystrobin y azoxystrobin, se ha reportado en Ecuador, Belice, Colombia, Guatemala, Costa Rica. No obstante, en Filipinas las cepas de *Mycosphaerella fijiensis* muestran alta sensibilidad a los QoI. Por otra parte, en Costa Rica se ha reportado una reducción en sensibilidad a guanidinas y a inhibidores del succinato deshidrogenasa, ya que las cepas se hacen resistentes a estos compuestos (51),(47).

2.4. Estrobilurinas.

Las estrobilurinas son una importante clase de fungicidas de uso agrícola. Su descubrimiento estuvo inspirado en un grupo de fungicidas de origen natural derivados del ácido β -metoxiacrílico. El mecanismo de acción de las estrobilurinas se basa en la inhibición de la respiración, deteniéndose entre otras funciones básicas celulares, las síntesis de proteínas, ARN y ADN, debido a una deficiencia en ATP. La diana de las estrobilurinas se localiza en el complejo mitocondrial citocromo bc1 (complejo III), concretamente se unen al citocromo b de este complejo, cerca del centro Qo y de la ferrosulfoproteína de Rieske, de ahí que estos compuestos también se conozcan con el nombre de inhibidores Qo (QoI) (34).

Las estrobilurinas actúan bloqueando la transferencia de electrones entre el citocromo b y el citocromo c1, y, por tanto, interrumpiendo el flujo de electrones hacia el complejo terminal del citocromo c oxidasa, lo que a su vez destruye la fuerza protón-motriz generada por ambos complejos. Todo ello se traduce en la reducción de la producción de

ATP. Además, el bloqueo de la respiración genera electrones en estado de alta energía que provocan una rápida aparición de especies reactivas de oxígeno como el peróxido de hidrógeno, que hacen que las estrobilurinas tengan actividad fungicida (5).

2.4.1. Azoxystrobin.

Representa una nueva clase de química denominada genéricamente beta-metoxiacrilatos. El origen del primer compuesto identificado (es decir, estrobilurina A) fue un hongo de la familia de los hongos llamada *Strobilurus tenacellus* empezó a comercializarse en 1995. El compuesto a base de estrobilurina se estabilizó agregando moléculas a la estructura para garantizar que no fuera rápidamente descompuesto por la radiación solar. Debido a que el compuesto original se modificó ligeramente en el laboratorio, la azoxistrobina se describe mejor como un análogo sintetizado de una sustancia natural (52).

Puede ser tomado por las raíces y moverse a través del xilema por toda la planta. Cuando se rocía sobre las hojas, penetra y se mueve a través de la hoja donde algunas moléculas ingresan al xilema y se mueven hacia arriba (se describe mejor como un penetrante acropetal) en la planta desde el punto de absorción. El fungicida proporciona el control de la enfermedad al interferir con la respiración de los patógenos fúngicos sensibles. Las estrobilurinas bloquean la transferencia de electrones en el citocromo y son complejas, por lo tanto, tienen un único modo de acción específico del sitio. Es decir, solo bloquean un evento bioquímico, lo que significa que la probabilidad de que se produzca resistencia aumenta considerablemente en comparación con los compuestos con actividad multisitio (52).

2.4.2. Trifloxystrobin.

Fue el segundo fungicida de clase estrobilurina, fue registrado por la EPA de EE. UU. A fines de 1998 y se vendió por primera vez en el verano de 1999. Solo proporcionaba aproximadamente siete días de efectividad residual. Interfieren con la respiración en

hongos sensibles. Al interrumpir el flujo de electrones en las mitocondrias durante la respiración, se reduce la producción del compuesto energético clave conocido como ATP.

El ATP proporciona energía que impulsa muchas reacciones bioquímicas en todas las células vivas. Cuando la producción de ATP se limita, muchas reacciones celulares vitales se detienen y los hongos sensibles no pueden crecer ni reproducirse. De hecho, la mayoría de los fungicidas no matan hongos, sino que actúan como fungistáticos que habitan en su capacidad de crecer (52).

Se fija firmemente dentro de la porción cerosa de las cutículas, y la mayor parte del ingrediente activo permanece afuera e incrustado en la superficie de las hojas. Se puede redistribuir por rocío o lluvia en las hojas durante varios días después de la aplicación. Además, algunas moléculas en la fase de vapor pueden moverse de 2 a 3 pulgadas (5-8 cm), redistribuyendo el producto a las hojas cercanas que pueden reabsorber el fungicida. Por lo tanto, las hojas adyacentes no tratadas pueden recoger indirectamente el compuesto. El período de tiempo y las condiciones bajo las cuales puede permanecer en una fase de vapor no se comprenden claramente. Sin embargo, no se mueve dentro de la corriente de transpiración. Es decir, no hay movimiento hacia arriba o hacia abajo del fungicida en el xilema de las plantas. Esta dinámica explica en parte la efectividad residual generalmente larga (14 a 21 días de control de la enfermedad según la tasa, la enfermedad y la presión de la enfermedad) (52).

2.4.3. Pyraclostrobin.

Se introdujo a mediados del (2003), es un fungicida relativamente nuevo que pertenece al grupo de las estrobilurinas (53). Hay poca información disponible sobre su eficacia contra las plagas. Además de la inhibición directa de hongos (6), la piraclostrobina tiene un efecto eficaz contra la germinación de esporas, incluso cuando se usa en concentraciones muy bajas (6). Este fungicida ha demostrado eficiencia en el control de enfermedades como antracnosis, óxido, moho, mildiu polvoriento y tizón en muchas culturas de gran importancia económica; entre ellos están el maíz, el algodón, la papa, la zanahoria, la cebolla, el melón, la sandía, la soja, el tomate y la uva.

Contribuye positivamente al aumento de la fotosíntesis líquida, aumenta la actividad de nitrato reductasa y causa un efecto verde debido al mayor contenido de clorofila y la reducción del estrés asociado a la reducción de la síntesis de etileno. Por lo tanto, permite una mayor duración del área de la hoja, aumenta el contenido de proteínas y la biomasa, reduce la respiración celular y aumenta el rendimiento de los cultivos (6).

2.4.4. Estrobilurinas en banano.

Durante 1998, 1999 y el 2000 se realizaron entre 6 y 10 aplicaciones por año. A inicios de 2001 se detectaron los primeros indicios de pérdida de sensibilidad al azoxystrobin (luego de haber realizado más de 25 aplicaciones, en alternancia con otros fungicidas sistémicos y protectores), también hubo una clara evidencia de pérdida de eficacia del azoxystrobin en las plantaciones de la región de Sarapiquí en Costa Rica. Entre 2001 y 2003 la resistencia a las estrobilurinas se distribuyó ampliamente y la mutación G143A, asociada con un alto grado de resistencia estos compuestos en diferentes patógenos, se detectó en una frecuencia de 1 a 11 en diferentes fincas comerciales, pero no en las poblaciones silvestres (54). Las estrobilurinas tiene un 5% de eficacia en el control de la sigatoka negra en comparación con otras clases químicas (55).

2.4.5. Resistencia a estrobilurinas.

El mecanismo más importante que permite que el hongo *Mycosphaerella fijiensis* confiera resistencia a estrobilurinas es producido por mutaciones puntuales, simples o combinadas, en el gen de citocromo b (cytb), que se localizan en dos regiones extra membranales del complejo enzimático citocromo bc1, desde los aminoácidos 127-147 y 275-296. No obstante, las sustituciones más frecuentes y que confieren los niveles más altos de resistencia a estrobilurinas son las sustituciones de glicina por alanina en la posición 143 (G143A) y de fenilalanina por leucina en la posición 129 (F129L).

Estas mutaciones puntuales en el gen *cytb* del hongo, son las responsables de la resistencia cruzada que se observa frente a las estrobilurinas y la base de los sistemas de diagnóstico rápido de la resistencia a QoIs. Un segundo mecanismo que confiere resistencia a estrobilurinas es la inducción de una respiración alternativa en la que está implicada una enzima denominada oxidasa alternativa (AOX), no obstante, el papel de esta oxidasa alternativa en la resistencia a estrobilurinas en campo está sometido a debate (5).

2.4.6. Investigaciones realizadas.

Hay informes de que la estrobilurina además de tener un efecto fungicida puede promover beneficios fisiológicos para las plantas. Sin embargo, este efecto en las plantas de banano aún no se estudió. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de las estrobilurinas en la fisiología de las plántulas de banano. Para este propósito, las plántulas de banano Grand Naine se transfirieron a macetas que contenían sustrato y se mantuvieron en un vivero con 50% de sombra. El diseño experimental fue un diseño completamente al azar con tres tratamientos (agua, azoxistrobina y piraclostrobina) y cinco repeticiones.

Los tratamientos se aplicaron a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante a una dosis de 100 g de ingrediente activo ha⁻¹ con spray manual. La altura de la planta, el diámetro del pseudotallo, la materia seca del brote en las plantas tratadas con estrobilurina fueron más altas que las plantas no tratadas, sin embargo, el efecto del tratamiento con fungicidas fue diferente, siendo el efecto más pronunciado de la piraclostrobina en comparación con la azoxistrobina. Las plantas tratadas con piraclostrobina tuvieron mayor área foliar, actividad de nitrato reductasa y contenido de clorofila en el nitrógeno total de la hoja que las plantas tratadas con azoxistrobina y agua, lo que no difirió. Las estrobilurinas afectan la fisiología de las plántulas de banano de manera diferente, siendo el efecto más pronunciado por la piraclostrobina (56).

Mientras tanto, otros investigadores han evaluado el comportamiento de cuatro fungicidas en mezcla para el control de Sigatoka negra en prueba de hoja simple. Inicialmente se procedió al conteo de hojas de arriba hacia abajo tomando en cuenta el punto candela de

cada planta de banano a evaluar, posteriormente se realizó la evaluación del porcentaje de estado evolutivo del hongo en cada una de las hojas de cada planta.

Una vez realizado estos pasos se utilizó la máquina creada por BASF (Simulaytor) que realiza la atomización del fungicida a las plantas con sus respectivos tratamientos. Las evaluaciones de porcentaje de infección de Sigatoka negra se las procedió a realizar a los siete días después de la aplicación hasta los 42 días después de aplicación, una vez obtenido los datos de campo se comprendió que el uso de mezcla física como lo es el (Regnum + Volley) y una mezcla química como Comet Gold mostraron los mejores controles y residualidad para el control de Sigatoka negra por lo tanto queda evidenciado que el uso de esta estrobilurina Comet Gold mezcla química, da excelentes resultados debido a que posee dos ingredientes activos como lo es el (Pyraclostrobin + Fenpropimorf) (57).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y duración de la investigación.

La investigación se llevó a cabo en el Campo de investigación de banano BASF del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 $\frac{1}{2}$, de la Vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3’ 18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste, el lugar experimental posee 83 msnm y la investigación se realizó en la época lluviosa con una temperatura promedio de 25.64°C y una precipitación de 1789.3 mm.

En la tabla 2, se muestra las características de las condiciones agro meteorológicas del sitio experimental:

Tabla 2. Características agrometeorológicas del CIB, Campus “La María” UTEQ – Mocache.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.97
Humedad relativa, %	85.78
Precipitación anual mm	3181.8
Heliofanía, horas luz año ⁻¹	867.10
Zona ecológica	Bh- T
Topografía	Plana

Fuente: INAMHI, (58).

Elaborado: Autor.

3.2. Tipo de investigación.

Es una investigación experimental de campo, con bases agrícolas en donde se determina la eficacia y residualidad del grupo químico de las estrobilurinas en el control de sigatoka negra en el cultivo de banano en el CIB, Campus “La María”. Permitiendo poner en práctica los conocimientos adquiridos y obtener experiencias: Puesto que se conoce sobre el ataque de la enfermedad en el cultivo de banano y a partir de la identificación de los aspectos relevantes, que contribuyan con la recolección de información para en un futuro realizar un manejo adecuado de esta enfermedad.

Tributa a la línea de investigación Agricultura, Silvicultura y Producción animal y su respectiva sub línea desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivos de interés estratégico para el Ecuador.

3.3. Métodos de investigación.

3.1.1. Método de observación.

El método de observación permitió identificar y analizar el estado de incidencia y severidad con la que la enfermedad ataca en el cultivo de banano, así como el estado de las plantas durante el proceso de desarrollo fisiológico.

3.1.2. Método analítico.

Este método facilitó el análisis de eficiencia que ejercen las estrobilurinas en el control de sigatoka negra en el cultivo de banano en el CIB, Campus “La María”. Permitiendo identificar las diferencias en la residualidad del producto de uno de los tratamientos.

3.1.3. Método comparativo.

Este método se aplica por su relevancia durante la investigación, siendo el método comparativo que nos permitió determinar las diferencias entre los factores y variables a estudiar.

3.1.4. Método exploratorio.

Este método exploratorio es de gran utilidad donde se tomaron las respectivas muestras

de unidades foliares que permita el establecimiento y determinación de las características de eficiencia y residualidad de los ingredientes activos.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Primarias: La información primaria se obtuvo mediante la medición directa del efecto de los tratamientos en un periodo de tiempo establecido. La observación y recolección de datos es un aspecto clave en todo este proceso.

Secundarias: Las fuentes de información secundarias corresponden a bibliografía obtenida a través de revistas científicas, libros, tesis, buscadores académicos, y evidencia científica comprobable y documentada. Este tipo de documentos aportó con conocimiento importante, permitiendo contrastar los resultados para el cumplimiento de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

En esta investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por 4 tratamientos, 6 repeticiones y de 24 unidades experimentales. La razón por la que se utiliza este diseño es por tener condiciones homogéneas tanto en terreno, fertilización, riego, labores culturales.

Todas las variables fueron analizadas con el Modelo Lineal Generalizado con distribución Quasi-Binomial ($p < 0.05$). Cuando el análisis de desviaciones mostró diferencias significativas entre tratamientos, fue realizado la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los análisis fueron realizados con el programa R, versión 3.6.2 (59).

Tabla 3. *Análisis para el Diseño Completamente al Azar (DCA).*

Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (GL)	
Tratamiento	(t – 1)	3
Error experimental	t (r – 1)	20
Total	t*r – 1	23

Fuente: Díaz, (60).

Elaborado: Autor.

Modelo matemático.

El modelo estadístico del diseño experimental es:

$$y_i = \sum_j \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i$$

Dónde:

y_i = Vector de la variable de respuesta

β_j = Vector de parámetros

X_{ij} = Matriz de variables predictoras y covariables.

3.6. Descripción de los tratamientos.

En la tabla 4, se indica la descripción y codificación de los tratamientos, donde se encuentra los fungicidas evaluados en la presente investigación:

Tabla 4. *Descripción de los tratamientos.*

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (L ha ⁻¹)	Repeticiones	Plantas/tratamiento
T0	Testigo	Agua	6	12
T1	Azoxystrobin	0.4	6	12
T2	Pyraclostrobin	0.4	6	12
T3	Trifloxystrobin	0.15	6	12
Total			24	48

Elaborado: Autor.

En la tabla 5, se plasma un esquema sobre la investigación.

Tabla 5. *Características de las unidades experimentales.*

Número de tratamientos	4
Número de plantas por tratamientos	12
Número de plantas totales	48
Repeticiones	6
Área por parcela m ²	196
Separación entre tratamientos m	0.3
Área total del experimento m ²	784

Elaborado: Autor.

3.7. Instrumentos de evaluación.

Como instrumentos de investigación para resolver la formulación y sistematización del problema.

3.7.1. Variables evaluadas.

Las variables que se evaluaron se tomaron en hoja simple y estas se detallan a continuación:

Eficacia del producto.

Se lo realizó en la hoja dos con el criterio de que aquí se mide el efecto choque del producto, esto significa que la mezcla va a actuar impidiendo el desarrollo de los micelios del hongo ya existentes en esta hoja debido a que la hoja 2 siempre se muestra más afectada que la hoja 1.

Cada 7 días se lo realiza por medio de la observación del tejido foliar afectado en la hoja 2, se hizo un seguimiento durante el transcurso del ensayo, basándose en la metodología de Stover modificada por Ghaul (61).

Esta metodología permite una correcta evaluación de la incidencia y severidad de la sigatoka negra mediante la aplicación de una escala, que fue una guía para obtener información del estado sanitario de las plantas de banano. Dicho sistema consistió en una estimación visual del porcentaje de área foliar afectada en todas las hojas de las plantas. La estimación visual está en función de seis grados de desarrollo de la enfermedad, grado 1 (hasta 10 manchas), grado 2 (< 5% del área foliar afectada), grado 3 (6 – 15%), grado 4 (16 – 33%), grado 5 (34 – 50%) y grado 6 (> 50%).

El tratamiento que tuvo menor porcentaje de área foliar infectada se lo consideró como superior.

Residualidad del producto.

Esta variable se la midió en la hoja 1, con el criterio de que en esa hoja hay una mínima cantidad de micelios del patógeno incluso hay ocasiones en las que no hay y la residualidad de un producto se mide de forma que la mezcla evite en lo posible que esa hoja se infecte, efectuándose un control residual, por lo que esta variable se la realiza en función al porcentaje del tejido foliar afectado, para ello se observa la infestación de sigatoka negra en las hojas. Por ejemplo, si la hoja tiene 10% de tejido foliar afectado al producto aplicado en esa hoja se le atribuye un 90% de residualidad.

El tratamiento que obtuvo mayor porcentaje de residualidad se lo consideró como superior, lo que significa que entre más residualidad tenga menor será la infección en la hoja de la planta

Análisis de costos.

Esta variable se la realiza cotizando el costo de cada uno de los ingredientes o componentes empleados en los diferentes tratamientos que se aplicaron en este experimento. Se consideró mejor al tratamiento que tenga menor costo y mayor eficacia de control.

Procedimiento del experimento.

El área del ensayo estuvo conformada por 4 parcelas, estas poseen una longitud de 14 metros de largo y 14 metros de ancho, con un área de alrededor de 196 m² de las parcelas, además están divididas por barreras vivas de pasto King grass, en cada parcela se sembró 12 plantas de banano de variedad (Williams), en forma de "L" con un cuadrado de vista a una distancia de a 2.5 m entre plantas y 2.8 m entre hileras, encontrándose así en cada bloque los 4 tratamientos con un total de 12 unidades experimentales de las cuales se evaluarán 6.

El paso inicial de la investigación fue sembrar plántulas de banano con 7 semanas de edad. Luego se identificó cada una de las plantas junto con ello su emisión foliar y luego procedió a marcar la hoja uno y dos, de esta manera se realizó la evaluación y registro del estado evolutivo de la enfermedad.

Durante la investigación se utilizó el método por aspersión foliar (parte aérea de la planta), de modo que logre cubrir de forma homogénea la hoja uno y dos.

La mezcla establecida fue de 5 Gl ha⁻¹; los componentes en las mezclas fueron aceite agrícola a una dosis de 1.5 Gl ha⁻¹, un Emulsificante de nombre comercial "Mixer" a una dosis 1% en relación al aceite, dosis del fungicida y la proporción restante de agua.

La preparación de la mezcla se utilizó una mini mezcladora que simula la misma actividad que realiza una mezcladora de pista. Este artefacto nos permitió regular el número de revoluciones por minuto y el tiempo en que iba a girar. La mezcladora se la calibró a 2000 revoluciones por minuto y cada dos minutos notifique para así adicionar los componentes.

Las mezclas de los fungicidas se las realizaron de la siguiente forma: se aplicó el aceite y se encendió la mezcladora, después de 2 minutos se adicionaba el emulsificante,

después de 2 minutos más se aplicaba el 60% del agua total, luego de 2 minutos se vertió el fungicida y finalmente después de 2 minutos se aplicaba el 40% de agua restante. En cada mezcla se invertían 8 minutos para tener una mezcla homogénea.

Con respecto a la preparación de mezclas de los fungicidas, se las realizó en 2 litros de mezcla total por tratamientos en las siguientes dosis: Azoxystrobin 0.4 L ha^{-1} , Pyraclostrobin 0.4 L ha^{-1} y Trifloxystrobin 0.15 L ha^{-1} . En la aplicación se utilizó una bomba mochila a batería tipo jacto modelo Djb con boquilla de calibración 80-01 que posee un dispositivo de presión constante, para simular las aplicaciones aéreas. La aplicación de los tratamientos se la realizó 10 semanas después de haber sembrado las plantas en las parcelas y el fungicida solo cubrió la hoja 1 y hoja 2.

Después de la aplicación de los fungicidas se determinó la residualidad en las hojas evaluando el porcentaje de infección cada semana, la eficiencia o control se realizó en las hojas que presentan estadios dos de la enfermedad.

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

A continuación, se detalla el talento humano que intervino en la realización del proyecto de investigación:

Contribución como director del proyecto de investigación Ing. Gerardo Segovia Freire M.Sc., como asesor en el análisis de datos el Dr. Fernando Cabezas Guerrero y como autor del proyecto de Investigación Marcos Alfredo Hernandez Castillo.

3.8.2. Recursos materiales en la investigación.

Material genético.

Se utilizó plantas de banano de variedad Williams, además de la utilización de pasto King grass como protección de barrera viva.

Materiales de campo.

- Emulsificante.
- Aceite Agrícola.
- Fertilizante.
- Nematicida.
- Herbicida.
- Insecticidas.
- Bomba de mochila.
- Baldes.
- Guantes (100 u).
- Mascarilla.
- Libro de campo.
- Machete.
- Rastrillo.

Material de oficina.

Computadora, software e impresora.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficacia.

En la figura 1, se muestra que a partir de los 35 DDA existe diferencias significativas entre los tratamientos aplicados y Pyraclostrobin fue el tratamiento que demostró mejor eficacia con un menor porcentaje de tejido afectado respecto a los tratamientos Azoxystrobin, Trifloxystrobin y Testigo, además las diferencias significativas son mayores a los 49 DDA, de acuerdo a las comparaciones de medias en el anexo 1.

De acuerdo con Portilla (62), quien aplicó mezclas de Diethofencarb, Pyrimethanil, Epoxiconazole, Pyraclostrobin y Testigo, y a los 49 días después de la aplicación Pyraclostrobin registró mayor eficacia con un menor porcentaje de área foliar afectada respecto a los otros tratamientos, en una investigación que titula “Respuesta de las plantas de banano (*Musa AAA Simmons*, cultivar Williams) a las aspersiones foliares de diferentes fungicidas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)”.

Cervantes (63), realizó la Aplicación de siete fungicidas sistemáticos en prueba de hoja simple para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*, destaca a Pyraclostrobin con 3.77% del área foliar afectada, siendo el tratamiento con mejor comportamiento, coincidiendo con los valores de esta investigación.

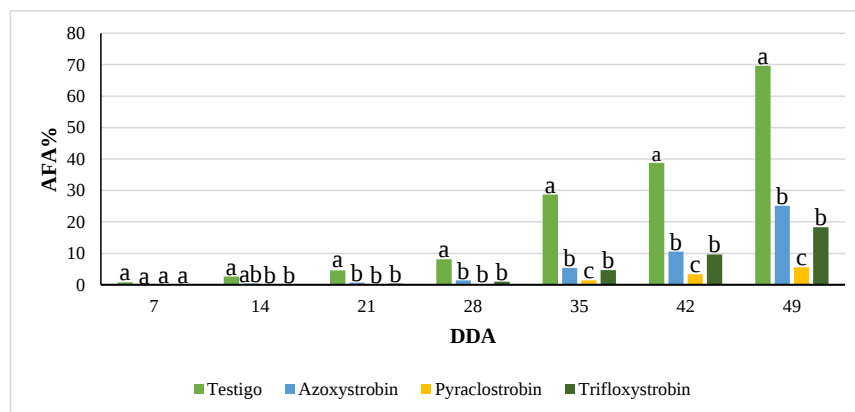


Figura 1. Eficacia en la hoja 2, índice de infección de sigatoka negra en el cultivo de banano.

Farías y Orozco (64), evaluaron el “Efecto del Pyraclostrobin sobre el control de Sigatoka Negra, *Mycosphaerella fijiensis*, en banano”, descubrieron que el Pyraclostrobin tiene un adecuado comportamiento en cuanto al control de la enfermedad, efectuando una mínima infección en las hojas de banano, siendo superior a los tratamientos Azoxystrobin y Testigo que no tuvieron un control acertado.

Trifloxystrobin y Pyraclostrobin, en particular, produjeron un nivel de control nunca antes visto en evaluaciones de campo en banano y plátanos en Australia, contribuyendo con características positivas en el cultivo de banano, es fue lo que observó Vawdrey y Grice (65), en su investigación “Evaluación de campo de estrobilurinas, triazoles y acibenzolar para controlar la enfermedad de sigatoka en Australia”.

4.2. Residualidad.

Se determinó las comparaciones de medias de los tratamientos y en la figura 2 se observa que a los 28 DDA hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, en los primeros días de la investigación los tratamientos muestran una buena residualidad, sin embargo, la presión de la sigatoka negra aumenta afectando a las plántulas. A los 49 DDA Pyraclostrobin es la mezcla con mejor residualidad 96.33%, en comparación a los demás tratamientos Azoxystrobin 82.5%, Trifloxystrobin 88.17% y Testigo con 38.33%, de acuerdo al anexo 3.

Cervantes (57), en su investigación titulada “Evaluación del comportamiento de cuatro fungicidas en mezclas prueba de hoja simple para controlar sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el cultivo de banano, reportó una mayor residualidad en el tratamiento a base de Pyraclostrobin respecto a sus demás tratamientos.

Domingues y Da Silva (56), aseguran que Pyraclostrobin controla la sigatoka negra de forma efectiva. Además de promover beneficios fisiológicos en plantas de banano, se muestra dominante frente al control de los tratamientos Testigo y Azoxystrobin en la

investigación titulada “Respuestas fisiológicas en las plántulas de banano tratadas con estrobilurinas”, coincidiendo con esta investigación.

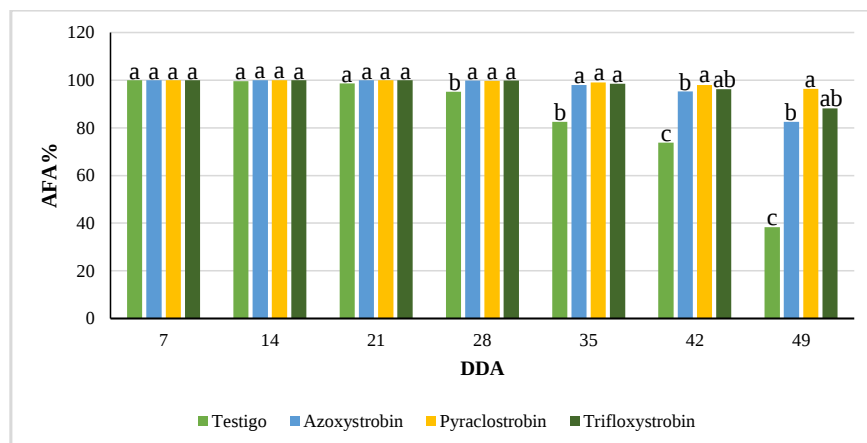


Figura 2. Residualidad en la hoja 1, comportamiento de estrobilurinas en el control de sigatoka negra.

4.3. Análisis de costos.

En la tabla 6, se expresa el costo de aplicación de los tratamientos, en donde la mezcla a base de Pyraclostrobin es la que representa un menor rubro de aplicación, con un costo promedio de control de \$ 0.65 por día, seguido de Trifloxystrobin con un costo promedio de control de \$ 0.74 por día y Azoxystrobin con un costo promedio de control de \$ 1.06 por día.

Es importante puntualizar que los cálculos del análisis de costo se los realizo a partir de la dosis recomendada por los fabricantes de los fungicidas y fue necesario utilizar toda esa cantidad de producto en las aspersiones foliares.

Tabla 6. *Análisis de costos por hectárea en la aplicación de los tratamientos estrobilurinas para controlar la sigatoka negra en el cultivo de banano.*

	T0	T1	T2	T3
	Testigo	Azoxystrobin	Pyraclostrobin	Trifloxystrobin
Costos fijos				
Emulsificante	\$ 00.00	\$ 0.68	\$ 0.68	\$ 0.68
Aceite agrícola	\$ 00.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00
Mano de obra	\$ 00.00	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 15.00
Agua	\$ 00.00	\$ 00.00	\$ 00.00	\$ 00.00
Total costos fijos	\$ 00.00	\$ 18.68	\$ 18.68	\$ 18.68
Costos variables				
Costo del fungicida	\$ 00.00	\$ 33.60	\$ 13.20	\$ 18.00
Total costos variables	\$ 00.00	\$ 33.60	\$ 13.20	\$ 18.00
Costos totales	\$ 00.00	\$ 52.28	\$ 31.88	\$ 36.68

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES

5.1. Conclusiones.

- Los fungicidas aplicados mostraron diferencias estadísticas a partir de los 28 DDA y a los 49 DDA la mezcla a base de Pyraclostrobin fue la que tuvo una mejor residualidad, ofreciendo una menor infección de la enfermedad en comparación a los tratamientos Azoxystrobin, Trifloxystrobin y Testigo.
- De acuerdo a los valores estadísticos se observó que las mezclas aplicadas tuvieron una adecuada eficacia en el control de la sigatoka negra. Sin embargo, Pyraclostrobin registro un comportamiento superior referente a los tratamientos Testigo, Trifloxystrobin y Azoxystrobin.
- La mezcla de Pyraclostrobin con dosis para una hectárea fue el tratamiento que reporto un menor costo y mejor control respecto a las mezclas Azoxystrobin, Trifloxystrobin y Testigo.

5.2. Recomendaciones.

- Utilizar la mezcla a base de Pyraclostrobin para realizar un control más acertado de sigatoka negra en el cultivo de banano.
- Utilizar la dosis recomendada por el fabricante.
- El aplicador debe poseer habilidades y un equipo bien calibrado que permitan una buena cobertura de los funguicidas aplicados sobre la superficie de las plantas.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

1. AEBE. Bananotas. 2019.
2. INEC, MAG-SIPA. Panorama Agroestadístico Septiembre 2019. 2018.
3. CAICEDO O, BALMASEDA C, JAIME PROAÑO J. Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. Ciencias Técnicas Agropecu. 20015;24(2):56–61.
4. PELÁEZ J, VÁSQUEZ L, DÍAZ T, CASTAÑEDA D, RODRÍGUEZ E, ARANGO R. Utilización de un ensayo de dilución en microplatos para medir la actividad antifúngica de sustancias contra *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet. Rev Fac Nac Agron - Medellín. 2006;59(2):3425–33.
5. PÉREZ A, FERNÁNDEZ D, DE VICENTE A, TORRÉS JA, LÓPEZ FJ. Resistencia a inhibidores de la biosíntesis de ergosterol y a estrobilurinas en oídio de cucurbitáceas. Phytoma. 2005;173.
6. RIZWAN A. Plant Health Under Biotic Stress. Irshad M, editor. Singapore; 2019. 243 p.
7. BARIOGLIO C. Diccionario de Las Ciencias Agropecuarias. Cordoba; 2006. 495 p.
8. GAUHL F et al. Multilocal evaluation of black Sigatoka resistance in banana and plantain. Evaluación, en varios lugares, de bananos y plátanos resistentes a la Sigatoka negra. IITa Res. 1993;(47):59.
9. MANDAL A. What Does Efficacy Mean? [Internet]. News Medical. 2019. Available from: <https://www.news-medical.net/health/What-Does-Efficacy-Mean.aspx>
10. ARREDONDO M. Contabilidad y Análisis de Costos. 2015. 1–320 p.
11. OCÉANO. Diccionario ilustrado Océano de la lengua española. Pérez J, Villalba M, editors. 2000. 1192 p.
12. SOTO M. Banano Técnicas de Producción, Manejo, Poscosecha y Comercialización. 2008. 1090 p.

13. FAO. La Economía Mundial Del Banano 1985-2002. Arias P, Dankers C, Liu P, Pilkauskas P, editors. Roma: Food & Agriculture Org; 2004. 108 p.
14. CORTÉS G. Atlas agropecuario de Costa Rica. Ilustrada. EUNED, editor. Florida; 1994. 513 p.
15. VALMAYOR RV. Bananos de cocción: Clasificación, Producción y utilidades en el Sudeste de Asia. INFOMUSA. 2000;9(2).
16. HÄKKINEN M, VÄRE H AND, CHRISTENHUSZ MJM. Identity of a Pisang - historical concepts of Musa (Musaceae) and the reinstatement of Musa troglodytarum. Folia Malaysiana. 2012;13(2):1–14.
17. EBERHARD G. Herbarium Amboinense. Uytwerf M, editor. Amsterdam; 1741. 200 p.
18. CHEESMAN EE. Classification of the bananas. III. Critical notes on species: *M. paradisiaca* L. and *M. sapientum* L.. Kew Bull. 1948;2:145–57.
19. SIMMONDS NW. Notes of Banana Taxonomy. Kew Bull. 1960;14(2):198–212.
20. SIMMONDS N. Los plátanos. Barcelona: Editorial Blume; 1973. 539 p.
21. TERRANOVA. Enciclopedia agropecuaria. Prod Agric. 1995;(1):172–9.
22. TORRES S. Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Hidalgo Impr EIRL. 2012;72.
23. AGROCALIDAD. Agrícolas De Banano. 2017;95.
24. AGROBIOTECH. Banane dessert / Cavendish William. 2001.
25. BLOMME G. Interdependencia del desarrollo de las raíces y del tallo en el banano (*Musa spp.*) bajo condiciones de campos e influencia de diferentes factores biofísicos en estas relaciones. INFOMUSA. 2000;9(1).
26. OMOLOLA AO, JIDEANI AIO, KAPILA PF. Drying kinetics of banana (*Musa spp.*). Interciencia. 2015;40(6):374–80.
27. CAPA L, TANIA A, BENÍTEZ R. Importance of organic banana production. Case: El Oro province, Ecuador. Univ y Soc. 2016;8(3).
28. GARCIA M, JUCA F, JUCA O. Estudio de los eslabones de la cadena de valor del

banano en la provincia de El Oro. Univ y Soc. 2016;8(3).

29. SALAZAR D, CUICHÁN M, BALLESTEROS C, MÁRQUEZ J, ORBE D. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Ecuadorencifras.gob.ec. 2017.
30. GONZÁLEZ J. El Comercio. 2017.
31. LANDRY C, BONNOT F, RAVIGNÉ V, CARLIER J, RENGIFO D, VAILLANT J, et al. A foliar disease simulation model to assist the design of new control methods against black leaf streak disease of banana. Ecol Modell. 2017;359:383–97.
32. ESCOBAR-TOVAR L, MAGAÑA-ORTÍZ D, FERNÁNDEZ F, GUZMÁN-QUESADA M, SANDOVAL-FERNÁNDEZ JA, ORTÍZ-VÁZQUEZ E, et al. Efficient transformation of *Mycosphaerella fijiensis* by underwater shock waves. J Microbiol Methods. 2015;119:98–105.
33. IRISH BM, GOENAGA R, RIOS C, CHAVARRIA-CARVAJAL J, PLOETZ R. Evaluation of banana hybrids for tolerance to black leaf streak (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in Puerto Rico. Crop Prot. 2013;54:229–38.
34. OROZCO-SANTOS M, OROZCO-ROMERO J, PÉREZ-ZAMORA O, MANZO-SÁNCHEZ G. Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. Trop Plant Pathol. 2008;33(3):189–96.
35. MARÍN DH, ROMERO RA, RICA C, SUTTON TB, DOUGLAS H, MARÍN. 2003;87(3).
36. MULDER JL, STOVER RH. *Mycosphaerella* species causing banana leaf spot. Trans Br Mycol Soc. 1976;67(1):77–82.
37. STOVER R. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. Plant Dis. 1980;64(8):750–5.
38. CRAENEN K, ORTIZ R. Influence of black Sigatoka disease on the growth and yield of diploid and tetraploid hybrid plantains. Crop Prot. 1998;17(1):13–8.
39. STOVER R. Distribución y probable origen de *Mycosphaerella fijiensis* en el sudeste asiático. 55. 1978;22:65–8.

40. RHODES PL. A new Banana disease in Fiji. *Commonw Phytopathol News*. 1964;10(3):38–41.
41. LEACH R. Report on Investigations Into the Cause and Control of the New Banana Diseases in Fiji, Black Leaf Streak. Council Paper. 1964.
42. PLOETZ RC, MOURICHON X. First report of black Sigatoka in Florida. *Plant Dis*. 1999;83(3):300.
43. MOURICHON X. Distribución de la enfermedad. 1997;(0):0–3.
44. CUÉLLAR A, ÁLVAREZ E, CASTAÑO J. Evaluación De Resistencia De Genotipos De Plátano Y Banano a La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet.). *Rev Fac Nac Agron - Medellín*. 2011;64(1):5853–65.
45. FOURÉ E. Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), Study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. IRFA-CIRAD. 1985.
46. MOGOLLÓN Á, CASTAÑO J. Evaluación in vitro de Inductores de Resistencia sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Rev Fac Nac Agron - Medellín*. 2012;65(1):6327–36.
47. MENA X, COUOH Y. Efectos de los plaguicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra en plantaciones bananeras en México, así como su efecto en el ambiente y la salud pública. *Tecnociencia Chihuahua*. 2015;IX(2).
48. VÁSQUEZ E, GUZMÁN F, PATARROYO E, ARANGO R. In vitro evaluation of antimicrobial peptides against *Mycosphaerella fijiensis* Morelet and their interaction with some chemical fungicides. *Rev Fac Nac Agron - Medellín*. 2009;62(2):5063–9.
49. PÉREZ L. Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra en bananos: estado actual y perspectivas. *Fitosanidad*. 2006;10(1).
50. VAN DEN BOSCH F, OLIVER R, VAN DEN BERG F, PAVELEY N. Governing Principles Can Guide Fungicide-Resistance Management Tactics. *Annu Rev Phytopathol*. 2014;52:175–95.
51. CHURCHILL ACL. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of

- banana: Progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Mol Plant Pathol*. 2011;12(4):307–28.
52. DERNOEDEN P. Creeping Bentgrass Management: Summer Stresses, Weeds and Selected Maladies. Ilustrada. Sons JW&, editor. NeW Jersey; 2000. 133 p.
 53. FAO. Pesticide Residues in Food - 2004. Org F& A, editor. 2005. 744 p.
 54. GUZMÁN M. Resistencia a fungicida en *Mycosphaerella fijiensis*: situación actual y perspectivas para el manejo de la Sigatoka negra. Inibap. 2002;
 55. ARMIJOS F. Principales tecnologías generadas para el manejo del cultivo de banano, plátano y otras musáceas. INIAP. 2008;62.
 56. DOMINGUES J, DA SILVA W, HELENA S, SILVA M. Respostas fisiológicas em mudas de bananeira tratadas com estrobilurinas Physiological responses in the banana plantlets treateds with strobilurins. *Ciências Agrárias*. 2012;33(1):77–86.
 57. CERVANTES A. Evaluar el comportamiento de cuatro fungicidas en mezclas prueba de hoja simple para controlar sigatoka negra *mycosphaerella fijiensis* morelet en el cultivo de banano. 2013.
 58. INAMHI. Información agrometeorológica de la finca experimental “La María”. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Estación Experimental Tropical Pichilingue Quevedo, Ecuador. 2019.
 59. R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.
 60. DÍAZ A. Diseño Estadístico de experimentos. Segunda. Medellin; 2009. 284 p.
 61. GAUHL F. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa sp.*) en Costa Rica. In: Unión de Países Exportadores de Banano. Panamá; 1989. p. 114.
 62. PORTILLA J. Respuesta de las plantas de banano (*Musa aaa simmonds*, cultivar Williams) a las aspersiones foliares de diferentes fungicidas en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella finjiensis* Morelet). 2017.
 63. CERVANTES A. Aplicación de siete fungicidas sistemáticos en prueba de hoja simple para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*. 2012;

64. FARIAS J, OROZCO M. Efecto del Pyraclostrobin sobre el control de Sigatoka Negra, *Mycosphaerella fijiensis*, en banano. 2002.
65. VAWDREY LL, GRICE K. Field evaluation of strobilurins, triazoles and acibenzolar to control Sigatoka disease in Australia. Infomusa. 2005;14(2):11–5.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.

Anexo 1. Cuadrado medio de la eficacia de funguicidas.

DDA	Tr	N	Media	Sd	Se	Mediana	Min	Max
7	T0	6	0.0067 ^a	0,0081650	0.0033333	0.005	0	0.02
	T1	6	0.0017 ^a	0.0040825	0.0016667	0	0	0.01
	T3	6	0a	0	0	0	0	0
	T2	6	0a	0	0	0	0	0
14	T0	6	0.02167a	0.0116904	0.0047726	0.02	0.01	0.04
	T1	6	0.0033ab	0.0051640	0.0021082	0	0	0.01
	T3	6	0b	0	0	0	0	0
	T2	6	0b	0	0	0	0	0
21	T0	6	4.83 ^a	0.0263944	0.0107755	0.040	0.03	0.10
	T1	6	0.83b	0.0098319	0.0040139	0.005	0	0.02
	T3	6	0.83b	0.0040825	0.0016667	0.010	0	0.01
	T2	6	0b	0.0000000	0	0	0	0
28	T0	6	8.17a	0.0213698	0.0087242	0.075	0.06	0.12
	T1	6	1.67b	0.0175119	0.0071492	0.010	0	0.05
	T3	6	1.50b	0.0054772	0.0022361	0.015	0.01	0.02
	T2	6	0.17b	0.0040825	0.0016667	0	0	0.01
35	T0	6	28.67a	0.0668331	0.0272845	0.285	0.20	0.40
	T1	6	5.33b	0.0388158	0.0158465	0.035	0.02	0.12
	T3	6	4.67b	0.0051640	0.0021082	0.050	0.04	0.05
	T2	6	1.50c	0.0054772	0.0022361	0.015	0.01	0.02
42	T0	6	38.83a	0.0507609	0.0207230	0.30	0.30	0.45
	T1	6	10.67b	0.0605530	0.0247207	0.08	0.04	0.20
	T3	6	9.67b	0.0196638	0.0080277	0.090	0.08	0.13
	T2	6	3.67c	0.0175119	0.0071492	0.030	0.02	0.07
49	T0	6	69.67a	0.07501111	0.0306232	0.700	0.57	0.80
	T1	6	25.17b	0.16916461	0.0690612	0.225	0.08	0.45
	T3	6	18.33b	0.04885352	0.0199444	0.155	0.15	0.26
	T2	6	5.67c	0.02875181	0.0117379	0.050	0.02	0.10

Anexo 2. Análisis de desviaciones en la eficacia.

DDA		Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
7	Tr	3	0.088769	5.8932	0.004721 **
	Error	20	0.096418		
	Total	23	0.185187		
14	Tr	3	0.30005	27.64	2.578e-07 ***
	Error	20	0.07602		
	Total	23	0.37607		
21	Tr	3	0.50736	23.44	9.372e-07 ***
	Error	20	0.15749		
	Total	23	0.66485		
28	Tr	3	0.76419	27.65	2.569e-07 ***
	Error	20	0.16324		
	Total	23	0.92743		
35	Tr	3	2.76205	67.80	1.172e-10 ***
	Error	20	0.25789		
	Total	23	3.01994		

42	Tr	3	3.0819	65.81	1.535e-10 ***
	Error	20	0.3031		
	Total	23	3.3850		
49	Tr	3	6.7388	42.79	6.866e-09 ***
	Error	20	1.0801		
	Total	23	7.8189		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 3. Cuadrado medio de la residualidad de funguicidas.

DDA	Tr	N	Media	Sd	Se	Mediana	Min	Max
7	T2	6	100a	0	0	1	1	1
	T3	6	100a	0	0	1	1	1
	T1	6	100a	0	0	1	1	1
	T0	6	100a	0	0	1	1	1
14	T2	6	100 ^a	0	0	1	1	1
	T3	6	100 ^a	0	0	1	1	1
	T1	6	100 ^a	0	0	1	1	1
	T0	6	99,67 ^a	0,0051649	0,0021082	1	0,99	1
21	T2	6	100a	0	0	1	1	1
	T3	6	100a	0	0	1	1	1
	T1	6	100a	0	0	1	1	1
	T0	6	98.67a	0.0051640	0.0021082	0.99	0.98	0.99
28	T2	6	100a	0	0	1	1	1
	T3	6	99.83a	0.0040825	0.0016667	1	0.99	1
	T1	6	99.83a	0.0040825	0.0016667	1	0.99	1
	T0	6	95.17b	0.0160208	0.0065405	0.945	0.94	0.98
35	T2	6	99a	0	0	0.990	0.99	0.99
	T3	6	98.50a	0.0054772	0.0022361	0.985	0.98	0.99
	T1	6	98a	0.0126491	0.0051640	0.985	0.96	0.99
	T0	6	82.50b	0.0333167	0.0136015	0.810	0.80	0.88
42	T2	6	98.17a	0.0040825	0.0016667	0.980	0.98	0.99
	T3	6	96.67ab	0.0121106	0.0049441	0.965	0.95	0.98
	T1	6	95.33b	0.0307680	0.0125610	0.965	0.91	0.98
	T0	6	73.83c	0.0507609	0.0207230	0.725	0.68	0.80
49	T2	6	96.33a	0.0121106	0.0049441	0.965	0.95	0.98
	T3	6	88.17ab	0.0813429	0.0332082	0.890	0.76	0.96
	T1	6	82.50b	0.1448793	0.0591467	0.845	0.63	0.97
	T0	6	38.33c	0.1032796	0.0421637	0.400	0.25	0.55

Anexo 4. Análisis de desviaciones en la residualidad.

DDA		Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
7	Tr	3	0		
	Error	20	3.7848e-10	0	1
	Total	23	0.0000e+00		
14	Tr	3	0.055502		
	Error	20	0.044078	9.2195	0.0004927 ***
	Total	23	0.099580		
21	Tr	3	0.222612	146.43	8.89e-14 ***
	Error	20	0.009558		

	Total	23	0.232170		
28	Tr	3	0.69372	36.112	2.896e-08 ***
	Error	20	0.10398		
	Total	23	0.79770		
35	Tr	3	1.8753	139.83	1.38e-13 ***
	Error	20	0.0896		
	Total	23	1.9649		
42	Tr	3	2.5098	83.466	1.751e-11 ***
	Error	20	0.1995		
	Total	23	2.7093		
49	Tr	3	6.4636	33.393	5.553e-08 ***
	Error	20	1.3571		
	Total	23	7.8207		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 5. Comparación entre tratamientos en la eficacia.

DDA	Comparación	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
7	T1 - T0 == 0	-1.391e+00	7.933e-01	-1.754	0.241
	T2 - T0 == 0	-1.956e+01	3.790e+03	-0.005	1
	T3 - T0 == 0	-1.956e+01	3.790e+03	-0.005	1
	T2 - T1 == 0	-1.817e+01	3.790e+03	-0.005	1
	T3 - T1 == 0	-1.817e+01	3.790e+03	-0.005	1
	T3 - T2 == 0	2.135e-12	5.360e+03	0	1
14	T1 - T0 == 0	-1.890e+00	4.582e-01	-4.125	0.000166***
	T2 - T0 == 0	-2.076e+01	3.217e+03	-0.006	1
	T3 - T0 == 0	-2.076e+01	3.217e+03	-0.006	1
	T2 - T1 == 0	-1.887e+01	3.217e+03	-0.006	1
	T3 - T1 == 0	-1.887e+01	3.217e+03	-0.006	1
	T3 - T2 == 0	4.853e-12	4.550e+03	0	1
21	T1 - T0 == 0	-1.799e+00	4.143e-01	-4.342	5.51e-05***
	T2 - T0 == 0	-2.059e+01	2.756e+03	-0.007	1
	T3 - T0 == 0	-1.799e+00	4.143e-01	-4.342	5.51e-05***
	T2 - T1 == 0	-1.879e+01	2.756e+03	-0.007	1
	T3 - T1 == 0	-2.220e-16	5.395e-01	0	1
	T3 - T2 == 0	1.879e+01	2.756e+03	0.007	1
28	T1 - T0 == 0	-1.6576	0.3379	-4.906	<0.001 ***
	T2 - T0 == 0	-3.9753	0.9712	-4.093	<0.001 ***
	T3 - T0 == 0	-1.7647	0.3527	-5.004	<0.001 ***
	T2 - T1 == 0	-2.3177	1.0082	-2.299	0.0852 .
	T3 - T1 == 0	-0.1071	0.4445	-0.241	0.9945
	T3 - T2 == 0	2.2107	1.0132	2.182	0.1125
35	T1 - T0 == 0	-1.9648	0.2364	-8.311	<0.001 ***
	T2 - T0 == 0	-3.2730	0.4053	-8.076	<0.001 ***
	T3 - T0 == 0	-2.1053	0.2489	-8.459	<0.001 ***
	T2 - T1 == 0	-1.3082	0.4450	-2.940	0.0157 *
	T3 - T1 == 0	-0.1405	0.3093	-0.454	0.9666
	T3 - T2 == 0	1.1677	0.4517	2.585	0.0440 *
	T1 - T0 == 0	-1.6709	0.1956	-8.543	< 0.001 ***
	T2 - T0 == 0	-2.8142	0.2909	-9.675	< 0.001 ***

42	T3 - T0 == 0	-1.7805	0.2019	-8.821	< 0.001 ***
	T2 - T1 == 0	-1.1433	0.3177	-3.598	0.00155 **
	T3 - T1 == 0	-0.1096	0.2389	-0.459	0.96658
	T3 - T2 == 0	1.0337	0.3216	3.214	0.00685 **
49	T1 - T0 == 0	-1.9212	0.2964	-6.482	< 0.001 ***
	T2 - T0 == 0	-3.6437	0.4528	-8.046	< 0.001 ***
	T3 - T0 == 0	-2.3254	0.3160	-7.359	< 0.001 ***
	T2 - T1 == 0	-1.7225	0.4584	-3.758	0.00121 **
	T3 - T1 == 0	-0.4042	0.3239	-1.248	0.58862
	T3 - T2 == 0	1.3183	0.4713	2.797	0.02566 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 6. Comparación entre tratamientos en la residualidad.

DDA	Comparación	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
7	T1 - T0 == 0	1.017e-07	6.325e-01	0	1
	T2 - T0 == 0	1.017e-07	6.325e-01	0	1
	T3 - T0 == 0	1.017e-07	6.325e-01	0	1
	T2 - T1 == 0	-3.970e-23	6.325e-01	0	1
	T3 - T1 == 0	-2.647e-23	6.325e-01	0	1
	T3 - T2 == 0	1.323e-23	6.325e-01	0	1
14	T1 - T0 == 0	1.887e+01	2.396e+03	0.008	1
	T2 - T0 == 0	1.887e+01	2.396e+03	0.008	1
	T3 - T0 == 0	1.887e+01	2.396e+03	0.008	1
	T2 - T1 == 0	4.775e-08	3.388e+03	0	1
	T3 - T1 == 0	-2.408e-10	3.388e+03	0	1
	T3 - T2 == 0	-4.799e-08	3.388e+03	0	1
21	T1 - T0 == 0	2.126e+01	1.985e+03	0.011	1
	T2 - T0 == 0	2.126e+01	1.985e+03	0.011	1
	T3 - T0 == 0	2.126e+01	1.985e+03	0.011	1
	T2 - T1 == 0	-1.752e-10	2.807e+03	0	1
	T3 - T1 == 0	-9.152e-11	2.807e+03	0	1
	T3 - T2 == 0	8.366e-11	2.807e+03	0	1
28	T1 - T0 == 0	3.415e+00	8.152e-01	4.189	0.000125 ***
	T2 - T0 == 0	2.059e+01	2.596e+03	0.008	1
	T3 - T0 == 0	3.415e+00	8.152e-01	4.189	0.000109 ***
	T2 - T1 == 0	1.717e+01	2.596e+03	0.007	1
	T3 - T1 == 0	-7.550e-15	1.133e+00	0	1
	T3 - T2 == 0	-1.717e+01	2.596e+03	-0.007	1
35	T1 - T0 == 0	2.3412	0.2078	11.267	<0.001***
	T2 - T0 == 0	3.0445	0.2836	10.736	<0.001***
	T3 - T0 == 0	2.6340	0.2358	11.172	<0.001***
	T2 - T1 == 0	0.7033	0.3366	2.090	0.147
	T3 - T1 == 0	0.2928	0.2974	0.984	0.745
	T3 - T2 == 0	-0.4105	0.3545	-1.158	0.638
42	T1 - T0 == 0	1.9796	0.2149	9.210	<0.001***
	T2 - T0 == 0	2.9432	0.3185	9.240	<0.001***
	T3 - T0 == 0	2.3300	0.2460	9.473	<0.001***
	T2 - T1 == 0	0.9636	0.3611	2.669	0.0356*

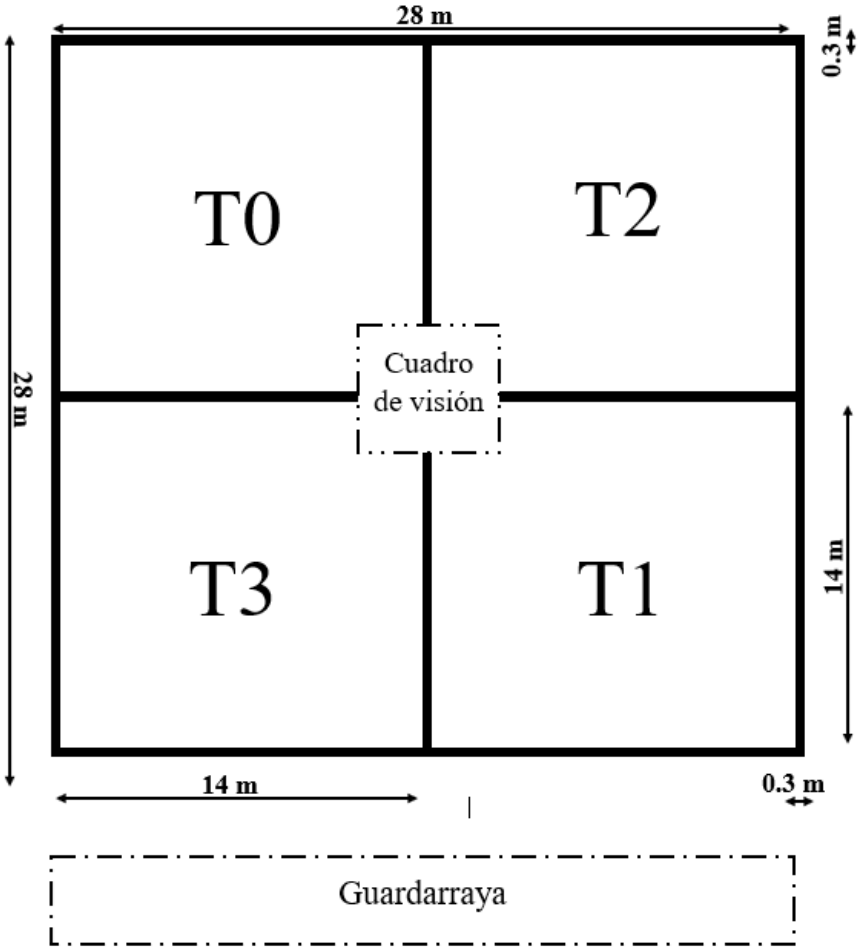
	T3 - T1 == 0	0.3504	0.2990	1.172	0.6308
	T3 - T2 == 0	-0.6132	0.3804	-1.612	0.3570
	T1 - T0 == 0	1.9796	0.2149	9.210	<0.001***
	T2 - T0 == 0	2.9432	0.3185	9.240	<0.001***
	T3 - T0 == 0	2.3300	0.2460	9.473	<0.001***
49	T2 - T1 == 0	0.9636	0.3611	2.669	0.0355*
	T3 - T1 == 0	0.3504	0.2990	1.172	0.6307
	T3 - T2 == 0	-0.6132	0.3804	-1.612	0.3570

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 7. Cronograma de planificación de actividades del proyecto de investigación.

Actividades	2019			2020				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Planteamiento del tema de investigación	X							
Elaboración del anteproyecto de investigación	X	X						
Presentación y fase de aprobación del tema de investigación		X	X					
Inicio del trabajo de campo y siembra de plantas		X	X	X	X			
Aplicación de tratamientos			X					
Toma de datos				X	X			
Análisis de la información						X		
Redacción del informe final						X		
Revisión del informe con el director de tesis						X		
Presentación del informe académico completo							X	
Pre-sustentación del informe de investigación							X	
Sustentación del informe de investigación								X

Anexo 8. Croquis de campo.



Anexo 9. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Azoxystrobin.

Dosis de producto total por hectárea 5 galones = 18,92 Litros

Dosis de aceite

	5	18,92	
1,5 galón respecto a la dosis			
total por hectárea	1,5	X	$1,5 \times 18,92 = 28,38 \div 5 = 5,68$

Costo del aceite

	1	\$2	
1 galón tiene el costo de \$2			
	1,5	X	$1,5 \times \$2 = \$3 \div 1 = \$3$

Dosis de emulsificante

	100	5,68	
1% respecto a la dosis de aceite			
	1	X	$1 \times 5,68 = 5,68 \div 100 = 0,0568$

Costo del emulsificante

	1 litro	\$12	
1 litro de Mixer tiene el costo de \$12			
	0,0568	X	$0,0568 \times \$12 = \$0,68 \div 1 = \$0,68$

Dosis de fungicida 0,4 litro/ha

Costo del fungicida

	1 litro	\$84	
1 litro de Azoxystrobin (Bankit) tiene el costo de \$84			
	0,4	X	$0,4 \times \$84 = \$33,6 \div 1 = \$33,6$

Dosis de Agua

18,92 litro - dosis de aceite – dosis de emulsificante – dosis de fungicida	$18,92 - 5,68 - 0,0568 - 0,4 = 12,78 \text{ litro}$
---	---

Costo del agua \$0

Costo de jornal

Se utilizaron 3 jornales con un costo unitario de \$ 15, pero como todos los tratamientos se le aplicaron en el mismo día, a cada mezcla le corresponde un valor de \$ 15

Resumen general

	<i>Dosis</i>	<i>Costo</i>
<i>Aceite</i>	5,68	\$3
<i>Emulsificante</i>	0,0568	\$0,68
<i>Azoxystrobin</i>	0,4	\$33,6
<i>Jornal</i>	1	\$15
<i>Agua</i>	12,78	\$0
<i>Total</i>	18,92 Lt	\$52,28

Anexo 10. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Pyraclostrobin.

Dosis de producto total por hectárea 5 galones = 18,92 Litros

Dosis de aceite

	5	18,92	
1,5 galón respecto a la dosis			
total por hectárea	1,5	X	$1,5 \times 18,92 = 28,38 \div 5 = 5,68$

Costo del aceite

	1	\$2	
1 galón tiene el costo de \$2			
	1,5	X	$1,5 \times \$2 = \$3 \div 1 = \$3$

Dosis de emulsificante

	100	5,68	
1% respecto a la dosis de aceite			
	1	X	$1 \times 5,68 = 5,68 \div 100 = 0,0568$

Costo del emulsificante

	1 litro	\$12	
1 litro de Mixer tiene el costo de \$12			
	0,0568	X	$0,0568 \times \$12 = \$0,68 \div 1 = \$0,68$

Dosis de fungicida 0,4 litro/ha

Costo del fungicida

	1 litro	\$33	
1 litro de Pyraclostrobin (Regnum)			
tiene el costo de \$33	0,4	X	$0,4 \times \$33 = \$13,2 \div 1 = \$13,2$

Dosis de Agua

18,92 litro - dosis de aceite – dosis de emulsificante – dosis de fungicida	$18,92 - 5,68 - 0,0568 - 0,4 = 12,78$ litro
---	---

Costo del agua \$0

Costo de jornal

Se utilizaron 3 jornales con un costo unitario de \$ 15, pero como todos los tratamientos se le aplicaron en el mismo día, a cada mezcla le corresponde un valor de \$ 15

Resumen general

	<i>Dosis</i>	<i>Costo</i>
<i>Aceite</i>	5,68	\$3
<i>Emulsificante</i>	0,0568	\$0,68
<i>Pyraclostrobin</i>	0,4	\$13,2
<i>Jornal</i>	1	\$15
<i>Agua</i>	12,78	\$0
<i>Total</i>	18,92 Lt	\$31,88

Anexo 11. Procedimiento para calcular el costo de la mezcla a base de Trifloxystrobin.

Dosis de producto total por hectárea 5 galones = 18,92 L

Dosis de aceite

1,5 galón respecto a la dosis	5	18,92	
total por hectárea	1,5	X	$1,5 \times 18,92 = 28,38 \div 5 = 5,68$

Costo del aceite

1 galón tiene el costo de \$2	1	\$2	
	1,5	X	$1,5 \times \$2 = \$3 \div 1 = \$3$

Dosis de emulsificante

1% respecto a la dosis de aceite	100	5,68	
	1	X	$1 \times 5,68 = 5,68 \div 100 = 0,0568$

Costo del emulsificante

1 litro de Mixer tiene el costo de \$12	1 litro	\$12	
	0,0568	X	$0,0568 \times \$12 = \$0,68 \div 1 = \$0,68$

Dosis de fungicida 0,15 litro/ha

Costo del fungicida

1 litro de Trifloxystrobin (Tega) tiene el costo de \$120	1 litro	\$120	
	0,15	X	$0,15 \times \$120 = \$18 \div 1 = \$18$

Dosis de Agua

18,92 litro - dosis de aceite – dosis de emulsificante – dosis de fungicida	$18,92 - 5,68 - 0,0568 - 0,15 = 13,03$	litro	
---	--	-------	--

Costo del agua \$0

Costo de jornal

Se utilizaron 3 jornales con un costo unitario de \$ 15, pero como todos los tratamientos se le aplicaron en el mismo día, a cada mezcla le corresponde un valor de \$ 15

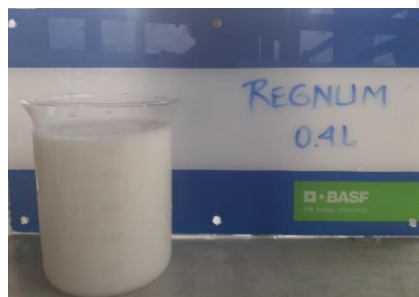
Resumen general

	<i>Dosis</i>	<i>Costo</i>
<i>Aceite</i>	5,68	\$3
<i>Emulsificante</i>	0,0568	\$0,68
<i>Trifloxystrobin</i>	0,15	\$18
<i>Jornal</i>	1	\$15
<i>Agua</i>	13,03	\$0
<i>Total</i>	18,92 Lt	\$36,68

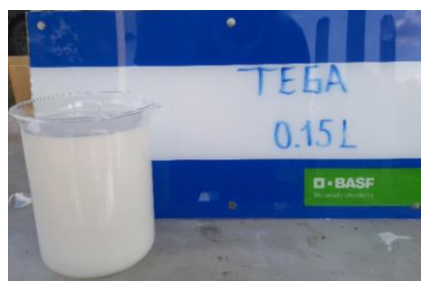
Anexo 12. Mezcla de fungicidas aplicados.



A. Azoxystrobin.



B. Pyraclostrobin.



C. Trifloxystrobin.

Anexo 13. Actividades realizadas en la investigación de campo.



D. Labor en sitio de siembra.



E. Riengo en parcelas experimentales.



F. Abono en drench.



G. Materiales para medir las condiciones ambientales.



H. Mezcladora para fungicidas.



I. Aplicación de los tratamientos.



J. Tamaño de gota.



K. Adsorción del producto.

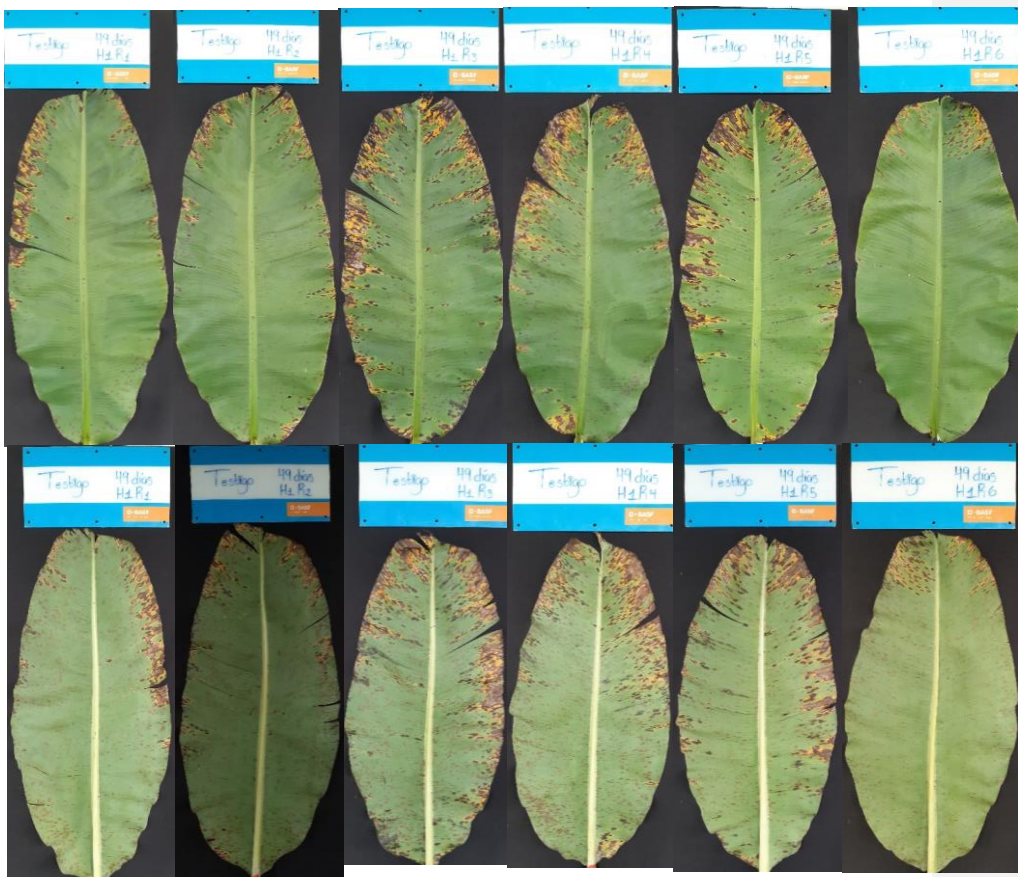


L. Evaluación de sigatoka negra.

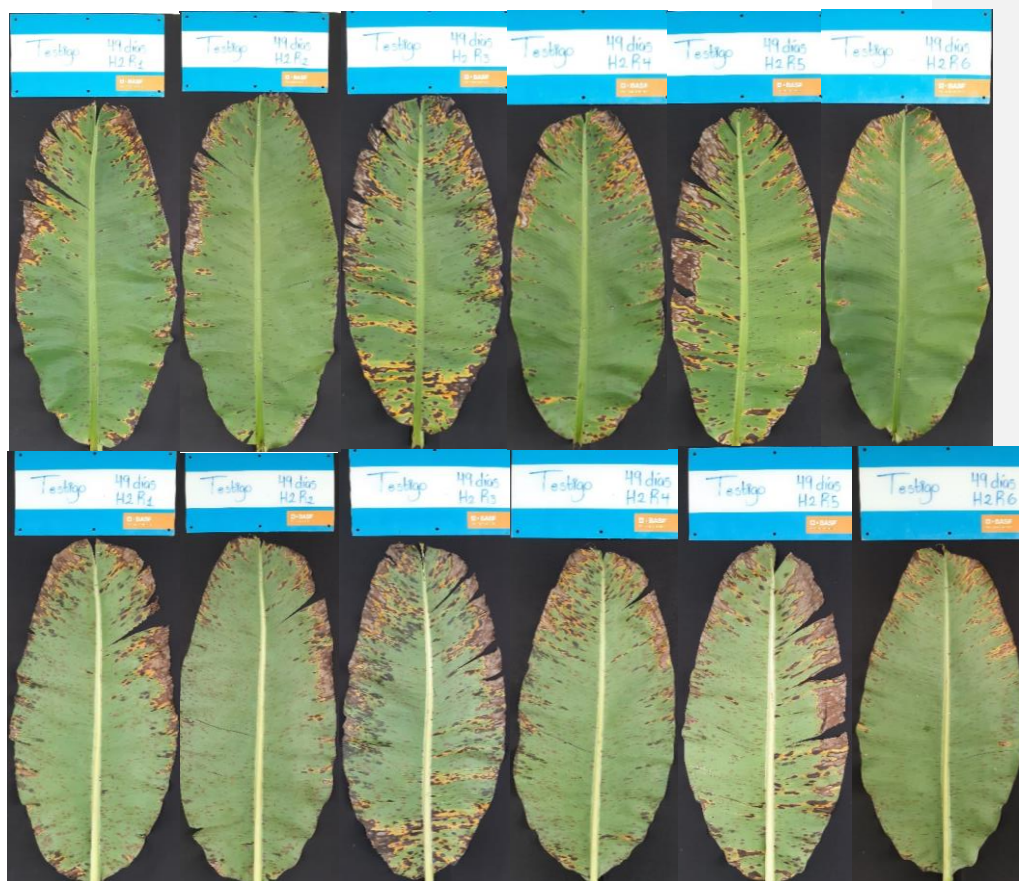


M. Cosecha de hojas.

Anexo 14. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Testigo haz y envés.



Anexo 15. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Testigo haz y envés.



Anexo 16. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Azoxystrobin haz y envés.





Anexo 17. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Azoxystrobin haz y envés.



Anexo 18. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Pyraclostrobin haz y envés.



Anexo 19. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Pyraclostrobin haz y envés.





Anexo 20. Cosecha de la hoja 1 a los 49 DDA, tratamiento Trifloxystrobin haz y envés.



Anexo 21. Cosecha de la hoja 2 a los 49 DDA, tratamiento Trifloxystrobin haz y envés.

