



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* EN CULTIVO DE PLÁTANO
CLON DOMINICO-HARTÓN, MEDIANTE EL MANEJO
CULTURAL Y QUÍMICO EN LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: ALEXIS RAFAEL LASCANO LUCERO

DIRECTOR: ING. RODRIGO ERNESTO SALAZAR LÓPEZ MSC.

El Coca – Ecuador

2024

© 2024, Alexis Rafael Lascano Lucero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alexis Rafael Lascano Lucero, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 03 de Julio de 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexis R. Lascano Lucero', with a horizontal line underneath.

Alexis Rafael Lascano Lucero

C.I.: 2101036412

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental **CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* EN CULTIVO DE PLÁTANO CLON DOMINICO-HARTÓN, MEDIANTE EL MANEJO CULTURAL Y QUÍMICO EN LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS**, realizado por el señor: **ALEXIS RAFAEL LASCANO LUCERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Mestanza Ramon PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-07-03
Ing. Rodrigo Ernesto Salazar López. Msc DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-03
Ing. Daniel David Espinoza Castillo. Msc ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-03

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. Para mi madre Julia Lucero, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio. Para mis hermanos Javier, Frankl y Fabian por su constante apoyo en mi formación académica, quiero dedicar y agradecer a mi primo Wellington por acompañarme en este duro camino, por apoyarme desde principio hasta fin por ser tan buenos y admirables y sobre todo por ser mi motivación en lograr obtener lo que todo estudiando esmera en su carrera universitaria, para mis amigos Edwin, Antony, Jermis, Ricardo por su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluableles. Y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra. Gracias por ser mi punto de apoyo, mi equipo de aliento y, lo más importante, la familia que yo elegí. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos. A la Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Orellana por ser la fábrica de todo el conocimiento adquirido en estos años. De igual forma, agradezco a mi director Amanda Bonilla de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Alexis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>).....	5
2.1.1. <i>Historia y Origen</i>	5
2.1.2. <i>Biología del Patógeno</i>	5
2.1.3. <i>Impacto en la Agricultura</i>	6
2.2. Cultivo del Plátano Clon Dominic Hartón	7
2.2.1. <i>Descripción del Cultivo</i>	7
2.2.2. <i>Importancia en Ecuador y en la Provincia de Sucumbíos</i>	8
2.3. Manejo de Enfermedades en el Cultivo de Plátano.....	9
2.3.1. <i>Prácticas Culturales</i>	9
2.3.2. <i>Impacto Ambiental y Sostenibilidad</i>	10
2.4. Métodos de Control de la Sigatoka Negra.....	11
2.4.1. <i>Control Cultural</i>	11
2.4.2. <i>Control Químico</i>	13
2.4.2.1. <i>Phyton</i>	14
2.4.3. <i>Control Orgánico</i>	15

2.4.3.1.	<i>JAQUE MATE</i>	16
2.5.	Variables de evaluación	17
2.5.1.	Severidad	17
2.5.2.	Incidencia de la Enfermedad	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	19
3.1.	Área de estudio	19
3.1.1.	Localización del área de estudio	19
3.1.1.1.	<i>Ubicación</i>	19
3.1.1.2.	<i>Limites</i>	19
3.1.1.3.	<i>Ubicación geográfica</i>	20
3.1.2.	Lugar experimental	20
3.1.2.1.	<i>Características climáticas</i>	20
3.2.	Materiales y métodos	21
3.2.1.	Enfoque de investigación	21
3.2.2.	Nivel de Investigación	21
3.2.2.1.	<i>Investigación descriptiva</i>	21
3.2.2.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	22
3.2.3.	Tipo de estudio	22
3.2.4.	Población y planificación, selección y tamaño de la muestra	22
3.2.4.1.	<i>Población</i>	22
3.2.4.2.	<i>Muestra</i>	23
3.2.5.	Recolección de datos	23
3.2.5.1.	<i>Recolección de datos en campo</i>	23
3.3.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	23
3.4.	Tratamientos y diseño experimental	25
3.4.1.	Factores de estudio	25
3.4.2.	Diseño experimental	25
3.4.3.	Delineamientos Experimentales.	25
3.4.4.	Manejo del Experimento	26
3.4.4.1.	<i>Control de malezas y Plagas</i>	26
3.4.5.	Variables evaluar	26
3.4.5.1.	<i>Determinación del índice de infección</i>	26
3.4.5.2.	<i>Incidencia de la enfermedad</i>	26

3.4.5.3.	<i>Grado medio de la enfermedad</i>	27
----------	---	----

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28
4.1.	Determinación del mejor tratamiento de acuerdo con el índice de infección.	30
4.2.	Determinación de la Incidencia de la enfermedad.	31
4.3.	Determinación del grado medio de la enfermedad.	33
4.4.	Recomendaciones agronómicas	34

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1.	Conclusiones	36
5.2.	Recomendaciones	36

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Características del clima de la zona.....	20
Tabla 3-2: Equipos y Materiales.	24
Tabla 3-3: Descripción de los tratamientos de estudios.....	25
Tabla 3-4: Descripción del diseño experimental.....	25
Tabla 4-1: Resumen de las variables analizadas.	29

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Gestión integrada de Sigatoka Negra.....	6
Ilustración 2-2: Cultivo de plátano Dominico Hartón.....	8
Ilustración 2-3: Control cultural de sigatoka.....	13
Ilustración 2-4: Control químico de sigatoka.....	14
Ilustración 2-5: Phytón.....	15
Ilustración 2-6: Jaque Mate.....	17
Ilustración 3-1: Mapa de la ubicación geográfica de la parroquia 7 de Julio.....	20
Ilustración 3-2: Ubicación geográfica de la parcela.....	20
Ilustración 4-1: Medida del índice de Infección (%)......	30
Ilustración 4-2: Medida de la Incidencia de la enfermedad (%)......	32
Ilustración 4-3: Medida del Grado medio de la enfermedad.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TRATAMIENTO 2 BLOQUE 3 PLANTA 1.1

ANEXO B: TRATAMIENTO 2 BLOQUE 3 PLANTA 1.4

ANEXO C: TRATAMIENTO 2 BLOQUE 3 PLANTA 1.6

ANEXO D: TRATAMIENTO 1 BLOQUE 2 PLANTA 6

ANEXO E: TRATAMIENTO 1 BLOQUE 2 PLANTA 2

ANEXO F: TRATAMIENTO 1 BLOQUE UNO

ANEXO G: TRATAMIENTO 1

ANEXO H: TRATAMIENTO 3

ANEXO I: PARCELA

ANEXO J: DESHOJE EN EL TRATAMIENTO 1

ANEXO K: ELIMINACIÓN DE LAS PARTES INFECTADAS POR EL HONGO

RESUMEN

En la zona de Sucumbíos los productores de plátano enfrentan desafíos que afectan a la productividad de su cultivo debido a las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), una patología devastadora de las musáceas; en consecuencia, el objetivo de la presente investigación fue evaluar y comparar dos tratamientos: Jaque Mate (biofungicida) y Phyton (fungicida químico) para proporcionar una perspectiva más clara sobre su eficacia y viabilidad en el control de la Sigatoka negra en la parroquia 7 de Julio del cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos. El diseño experimental aplicado fue un arreglo factorial conducido en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) simple con 3 tratamientos y 3 bloques, T1: Control cultural (deshoje); T2: Control químico (Python) y T3: Control orgánico (Jaque Mate). Cada tratamiento contó con un total de 3 repeticiones. En la fase experimental se utilizó 10 plantas seleccionadas al azar por cada repetición lo que generó un total de treinta plantas por tratamiento. La recopilación de datos se llevó a cabo durante 49 días. Para el análisis de varianza se utilizó el programa Statistical Package for Social Science (SPSS) donde a su vez, se desarrolló la prueba de Tukey al 95. Las variables evaluadas fueron: índice de infección, incidencia de la enfermedad y grado medio de la enfermedad. El tratamiento más eficiente fue T2 (Control Químico) que dio un valor de (5,35) al finalizar los 45 días de evaluación; asimismo, T2 mostró mejores resultados en las variables: incidencia de la enfermedad (4,89) y grado medio de la enfermedad (1,23). Se concluyó que el control cultural fue más eficiente para el control de Sigatoka negra en el cultivo de plátano, por lo tanto, es necesario priorizar el uso de fungicidas químicos eficientes para el control de la enfermedad en el sector.

Palabras clave: <SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*)>, <PLÁTANO>, <CONTROL>, <JAQUE MATE>, <PHYTON>

Cristian Tenelanda S.



Ing. Cristian Sebastian Tenelanda S.
0604686709

1029-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

In the Sucumbíos area, banana producers face challenges affecting the productivity of their crops due to the favorable climatic conditions for the development of black sigatoka, a devastating disease of musaceae. Consequently, the objective of this research was to evaluate and compare two treatments - Jaque Mate, a biofungicide, and Phyton, a chemical fungicide - to provide a clearer perspective on their effectiveness and viability in controlling black sigatoka in the 7 de Julio parish of the Shushufindi canton, Sucumbíos province. The experimental design applied was a factorial arrangement conducted in a simple DBCA with 3 treatments and 3 blocks, T1: Cultural control (defoliation); T2: Chemical control (Python) and T3: Organic control (Jaque Mate). Each treatment had a total of 3 replications. In the experimental phase, 10 randomly selected plants were used for each replication, generating a total of thirty plants per treatment. Data collection was carried out for 49 days. For the analysis of variance, the Statistical Package for Social Science (SPSS) version 21.0 was used, where the Tukey test was also conducted at 95. The evaluated variables were: infection index, disease incidence, and mean disease severity. The most efficient treatment was T2 (Chemical Control) which showed a value of (5.35) at the end of the 45-day evaluation period; likewise, T2 showed better results in the variables: disease incidence (4.89) and mean disease severity (1.23). It was concluded that cultural control was the most efficient for the control of black sigatoka in banana cultivation; therefore, it is necessary to prioritize the use of efficient chemical fungicides for disease control in the sector.

Key words: <BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*)>, <PLANTIAN-, <CONTROL>, <JAKE MATE>, <PHYTON>.



Translated by: Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs.

DOCENTE ESPOCH SEDE-ORELLANA

INTRODUCCIÓN

La agricultura de plátanos es un pilar fundamental en muchas economías agrícolas, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. En este contexto, el cultivo del plátano Clon Dominico hartón es de particular importancia debido a su valor económico y nutricional. Sin embargo, la productividad de este cultivo enfrenta desafíos significativos debido a enfermedades, entre las cuales la Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es una de las más devastadoras. Esta enfermedad no solo afecta la calidad y cantidad de la producción de plátano, sino que también incrementa significativamente los costos de manejo debido a la necesidad de aplicar medidas de control frecuentes y efectivas.

A pesar de los avances en métodos de control, la gestión efectiva de la Sigatoka negra sigue siendo un desafío, particularmente en términos de sostenibilidad y seguridad ambiental. Los fungicidas químicos, aunque efectivos, plantean preocupaciones sobre la resistencia a largo plazo, los impactos ambientales y la seguridad para la salud humana. Por otro lado, las alternativas orgánicas, como los biofungicidas, ofrecen un enfoque más sostenible, pero su eficacia en condiciones de campo necesita una evaluación más profunda. Esta investigación se centra en evaluar y comparar dos tratamientos - Jaque Mate, un biofungicida, y Phyton, un fungicida químico - para proporcionar una perspectiva más clara sobre su eficacia y viabilidad en el control de la Sigatoka negra.

El objetivo principal de esta tesis es evaluar la eficacia del Jaque Mate y del Phyton en el control de la Sigatoka negra en plantaciones de plátano Clon Dominico hartón. A través de un diseño experimental riguroso, esta investigación busca no solo comparar la efectividad de un tratamiento orgánico con un tratamiento químico, sino también contribuir a un manejo más sostenible y respetuoso con el medio ambiente de la Sigatoka negra. Los resultados de este estudio tienen el potencial de influir en las prácticas de manejo de enfermedades en cultivos de plátano y ofrecer alternativas viables que equilibren la eficacia con la sostenibilidad.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El cultivo del plátano, especialmente el Clon Dominico hartón, es un componente esencial de la agricultura en muchas regiones tropicales y subtropicales, no solo por su valor económico sino también por su importancia en la dieta local. Sin embargo, la productividad y sostenibilidad de este cultivo enfrentan desafíos significativos debido a enfermedades, entre las que la Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, se destaca como una de las más perjudiciales (Benavides, 2019 p. 15). La enfermedad afecta críticamente la capacidad fotosintética de las plantas, resultando en una reducción notable en el rendimiento y la calidad del fruto (Bornacelly, 2019 pág. 43).

La gestión de la Sigatoka negra ha dependido tradicionalmente del uso de fungicidas químicos, como Phyton. Si bien estos fungicidas son efectivos en controlar la enfermedad, su uso continuo ha suscitado preocupaciones ambientales y de salud, incluyendo la posibilidad de que el hongo desarrolle resistencia (Campo, et al., 2020 pág. 12). Además, la creciente conciencia sobre la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria ha impulsado la búsqueda de alternativas de control más ecológicas y seguras.

En este contexto, el uso de tratamientos orgánicos como Jaque Mate, que presumiblemente ofrece un control efectivo de patógenos con un menor impacto ambiental, surge como una opción prometedora. Sin embargo, la eficacia de estos biofungicidas en condiciones de campo y su viabilidad como alternativa sostenible al control químico convencional aún requieren una evaluación rigurosa y comparativa (Velez, 2021 pág. 32).

El presente estudio busca abordar esta brecha crítica de conocimiento evaluando y comparando la eficacia de Phyton, un fungicida químico establecido, y Jaque Mate, una alternativa orgánica, en el control de la Sigatoka negra en plantaciones de plátano Clon Dominico hartón. Este planteamiento del problema subraya una necesidad urgente en el campo de la fitopatología y la gestión de cultivos: encontrar un equilibrio entre la eficacia en el control de enfermedades y la sostenibilidad ambiental y la seguridad.

1.2. Justificación

La investigación sobre el control de la Sigatoka negra en el cultivo de plátano Clon Dominico hartón, a través de la comparación de tratamientos como Phyton y Jaque Mate, responde a una necesidad imperativa en el ámbito de la agricultura sostenible y la fitopatología. La importancia del plátano en las economías y dietas de las regiones tropicales y subtropicales no puede subestimarse (Benavides, 2019 p. 13). La Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, representa una amenaza considerable para este cultivo, impactando negativamente tanto en la cantidad como en la calidad de la producción (Campo, et al., 2020 pág. 23).

Además, este estudio tiene el potencial de aportar significativamente al entendimiento científico sobre la interacción entre los patógenos de plantas y los diferentes tipos de fungicidas. La resistencia a los fungicidas, especialmente en el contexto de los agentes causantes de la Sigatoka negra, es un tema de creciente preocupación en la comunidad científica (Benavides, 2019 pág. 45). Al investigar la eficacia de un fungicida químico en comparación con un tratamiento orgánico, esta investigación podría ofrecer características valiosas sobre cómo las prácticas de manejo de enfermedades pueden ser adaptadas para mitigar la resistencia a los fungicidas y preservar su efectividad a largo plazo.

El manejo actual de esta enfermedad se basa en gran medida en el uso de fungicidas químicos, como Phyton, que han demostrado eficacia, pero presentan riesgos ambientales y de salud. Este contexto realza la importancia de explorar alternativas más seguras y sostenibles. Los biofungicidas, representados por productos como Jaque Mate, ofrecen un enfoque más amigable con el medio ambiente, aunque su eficacia debe ser validada rigurosamente en condiciones reales de campo.

Este estudio propone evaluar comparativamente Phyton y Jaque Mate, proporcionando datos esenciales para un manejo más efectivo y sostenible de la Sigatoka negra. Los resultados no solo influirán en las prácticas agrícolas a nivel local, sino que también podrían tener un impacto significativo a nivel global. Al abordar un problema agronómico crítico y responder a preocupaciones ambientales y de salud, esta investigación allana el camino hacia prácticas agrícolas más responsables y seguras, contribuyendo a un futuro más sostenible en la agricultura. Por último, los hallazgos de este estudio tienen la capacidad de influir en las políticas agrícolas y las decisiones de los agricultores a nivel local e internacional.

Al proporcionar una comparación directa entre un fungicida químico y un tratamiento orgánico, los resultados podrían guiar a los responsables de la formulación de políticas y a los agricultores en la elección de métodos de control de enfermedades que no solo son efectivos, sino también sostenibles y seguros para el medio ambiente y la salud humana. Esto es especialmente relevante en un momento en que la agricultura sostenible y las prácticas de cultivo responsables están cobrando cada vez más importancia en la agenda global (Bornacelly, 2019 pág. 12). La integración de estos hallazgos en las prácticas agrícolas podría ser un paso significativo hacia un futuro agrícola más sostenible y resiliente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de plátano Clon Dominico hartón, mediante el control químico, para conocer que manejo es el óptimo para la zona de Sucumbíos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la eficacia de los tratamientos en función del índice de infección de la Sigatoka negra en las plantas de plátano Clon Dominico.
- Identificar los niveles de incidencia de la Sigatoka negra.
- Determinar el grado medio de la enfermedad en las plantas de plátano evaluadas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*)

2.1.1. *Historia y Origen*

La Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, representa una de las enfermedades más devastadoras para el cultivo del plátano a nivel mundial. Su origen se remonta a las primeras décadas del siglo XX, cuando fue identificada por primera vez en las Islas Fiyi. Desde entonces, la enfermedad se ha diseminado rápidamente a través de las regiones tropicales y subtropicales, afectando significativamente la producción de plátano en países de América Latina, África y Asia (Campo, et al., 2020 pág. 12).

La rápida expansión global de la Sigatoka negra se atribuye tanto a las prácticas de comercio y transporte de material vegetal infectado como a las condiciones ambientales favorables que encuentran sus esporas en climas húmedos y cálidos. Este patógeno, caracterizado por su alta variabilidad genética, ha demostrado una notable capacidad para adaptarse a diferentes ambientes y variedades de plátanos, complicando aún más su manejo y control (Machado, 2021 pág. 13).

La historia de la Sigatoka negra no es solo una narrativa sobre un patógeno invasor, sino también un reflejo de los desafíos que enfrentan los sistemas agrícolas en el contexto del comercio globalizado y el cambio climático. La diseminación de esta enfermedad subraya la necesidad de enfoques integrados y sostenibles en el manejo de enfermedades de plantas, que no solo aborden las preocupaciones inmediatas de control, sino que también consideren las implicaciones a largo plazo para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental (Campo, et al., 2020 pág. 66).

2.1.2. *Biología del Patógeno*

Mycosphaerella fijiensis, el agente causal de la Sigatoka negra es un hongo patógeno cuya biología y ciclo de vida son cruciales para entender su impacto en los cultivos de plátano. Este hongo, como un fitopatógeno obligado, se caracteriza por su ciclo de vida complejo y su adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, lo que lo convierte en un desafío significativo para los agricultores (Bornacelly, 2019 pág. 58).

El ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* comienza con la germinación de esporas, las cuales son diseminadas principalmente por el viento y la lluvia. Una vez que las esporas encuentran un ambiente húmedo y cálido, germinan en las hojas del plátano, penetrando los tejidos a través de los estomas o heridas. Esta fase inicial es crucial, ya que las condiciones ambientales en este punto pueden influir significativamente en la eficacia de la infección (Sánchez, 2012 pág. 45).

Tras la penetración, el hongo se desarrolla en el tejido foliar, formando estructuras miceliales que absorben nutrientes de la planta. Durante esta etapa, se observan los primeros síntomas de la enfermedad, como lesiones necróticas en las hojas, que eventualmente llevan a la defoliación y reducción del área fotosintética de la planta. Este impacto en la fotosíntesis puede tener efectos devastadores en el rendimiento y la calidad del fruto (Rodríguez, 2022 pág. 32).

La fase reproductiva del ciclo de vida ocurre cuando el hongo produce nuevas esporas en las lesiones foliares. Estas esporas son liberadas al ambiente y están listas para iniciar un nuevo ciclo de infección, perpetuando así la presencia y propagación de la enfermedad (Sánchez, 2012 pág. 32).

El entendimiento detallado de este ciclo de vida es fundamental para el desarrollo de estrategias de manejo efectivas. Dicha comprensión permite a los agricultores e investigadores identificar puntos críticos para la intervención, como la aplicación de fungicidas o la implementación de prácticas culturales que reduzcan la viabilidad o dispersión de las esporas (Sánchez, 2012 pág. 34). De esta manera, el conocimiento profundo de la biología de *Mycosphaerella fijiensis* se convierte en una herramienta indispensable en la lucha contra la Sigatoka negra.

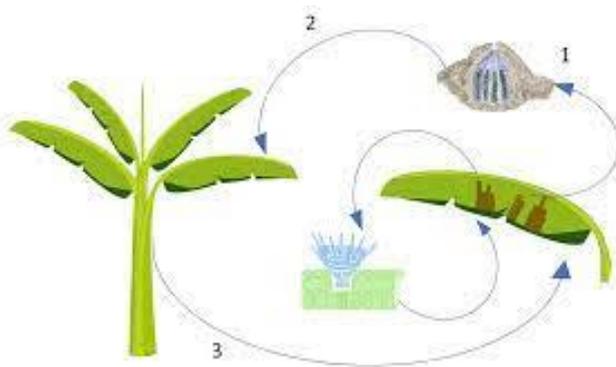


Ilustración 2-1: Gestión integrada de Sigatoka Negra.

Realizado por: Agrisolver (2023)

2.1.3. Impacto en la Agricultura

La Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, ejerce un impacto significativo en la agricultura, particularmente en los cultivos de plátano, afectando tanto el rendimiento como la

calidad del producto. Este hongo, al atacar las hojas del plátano, compromete la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis de manera eficiente, lo que resulta en una reducción sustancial del rendimiento de los cultivos (Campo, et al., 2020 pág. 64).

Las hojas afectadas por la Sigatoka negra presentan lesiones necróticas, lo que lleva a una disminución en el área foliar activa y, por ende, a una reducción en la capacidad fotosintética de la planta. Esta disminución en la fotosíntesis afecta directamente el desarrollo de los frutos, dando como resultado plátanos de menor tamaño y calidad. Además, la enfermedad acelera la maduración de los frutos, limitando así el período durante el cual pueden ser cosechados y comercializados, y aumentando las pérdidas postcosecha (Seydou, et al., 2023 pág. 110).

Desde una perspectiva económica, el control de la Sigatoka negra representa una parte significativa de los costos de producción en las plantaciones de plátano. Los agricultores se ven obligados a invertir en fungicidas y en prácticas de manejo intensivo para combatir esta enfermedad, lo que incrementa los costos de producción y reduce los márgenes de beneficio (Campo, et al., 2020 pág. 64).

El impacto de la Sigatoka negra trasciende las fronteras de la parcela agrícola, afectando la cadena de suministro y el mercado global de plátanos. Las medidas de control y los desafíos en la gestión de esta enfermedad tienen implicaciones para la seguridad alimentaria, especialmente en países donde el plátano es un alimento básico. En regiones como América Latina, África y algunas partes de Asia, donde el plátano es un componente esencial de la dieta, los brotes de Sigatoka negra pueden tener consecuencias directas en la nutrición y el sustento de las comunidades (Machado, 2021 pág. 27).

2.2. Cultivo del Plátano Clon Dominic Hartón

2.2.1. Descripción del Cultivo

El plátano Clon Dominic hartón, una variedad ampliamente cultivada en diversas regiones tropicales, se distingue por sus características agronómicas únicas y su significativo valor económico. Este clon, conocido por su resistencia a ciertas condiciones ambientales adversas, se ha establecido como una variedad preferida por muchos agricultores debido a su adaptabilidad y rendimiento constante (Castellanos, et al., 2021 pág. 179).

Desde el punto de vista agronómico, el Clon Dominic hartón se caracteriza por su robustez y capacidad para producir frutos de alta calidad bajo una variedad de condiciones climáticas. Sus frutos son apreciados por su sabor y textura, lo que los hace populares tanto en mercados locales como internacionales. Además, esta variedad muestra una tolerancia relativamente buena a

algunas de las enfermedades más comunes que afectan a los plátanos, aunque sigue siendo susceptible a la Sigatoka negra (Valle, 2021 pág. 15).

En términos de valor económico, el Clon Dominic hartón desempeña un papel crucial en la economía agrícola de los países donde se cultiva. En muchas regiones, especialmente en América Latina y partes de África, el plátano no solo es un alimento básico en la dieta local, sino que también es un producto importante para el comercio tanto interno como externo. Las plantaciones de Clon Dominic hartón contribuyen significativamente a la economía de estas áreas, proporcionando empleo e ingresos para numerosas comunidades rurales (Kaur, et al., 2020 pág. 2100).

El cultivo de este clon es un pilar de la economía agrícola en muchas áreas rurales, donde los agricultores dependen de él para su subsistencia. La exportación de plátanos, incluido el Clon Dominic hartón, también representa una fuente importante de ingresos de divisas para muchos países en desarrollo, destacando su importancia en el comercio internacional de productos agrícolas (Mendoza, et al., 2019 pág. 24).



Ilustración 2-2: Cultivo de plátano Dominic Hartón

Realizado por: Álvarez (2018)

2.2.2. Importancia en Ecuador y en la Provincia de Sucumbíos

En Ecuador, y en particular en la provincia de Sucumbíos, el cultivo del plátano, incluyendo la variedad Clon Dominic hartón, desempeña un papel fundamental tanto en la economía local como en la dieta de la población. Esta relevancia se manifiesta de múltiples maneras, reflejando la importancia intrínseca de este cultivo en la región.

Desde una perspectiva económica, el plátano es uno de los cultivos más importantes en Ecuador, y Sucumbíos se destaca como una de las áreas clave para su producción. La agricultura en esta provincia se centra en gran medida en el cultivo del plátano, que es una fuente primordial de ingresos para muchos agricultores locales. La comercialización de plátanos, tanto en mercados nacionales como internacionales, contribuye significativamente a la economía de la región,

generando empleo y fomentando el desarrollo de infraestructuras relacionadas con la agricultura (Morales, et al., 2020 pág. 88).

En términos de seguridad alimentaria y nutrición, el plátano es un componente esencial de la dieta en Sucumbíos y en Ecuador en general. Este cultivo es apreciado por su alto valor nutricional, siendo una fuente importante de vitaminas, minerales y energía. En muchas comunidades, el plátano no solo es un alimento básico, sino también una parte integral de la cultura alimentaria local, consumido en diversas formas y preparaciones (FAO, 2020 pág. 6).

Además, en Sucumbíos, el cultivo de plátano tiene un rol social y cultural significativo. Las plantaciones de plátano son a menudo el centro de las actividades comunitarias, y las prácticas agrícolas asociadas con su cultivo son parte integral de la vida cotidiana y la identidad cultural de sus habitantes (Sánchez, 2021 pág. 21). Este aspecto subraya la importancia del plátano más allá de su valor económico y nutricional, destacando su papel en el tejido social de la provincia.

Sin embargo, desafíos como la Sigatoka negra amenazan tanto el rendimiento del cultivo como su calidad, poniendo en riesgo estos aspectos fundamentales de la economía, la nutrición y la cultura en Sucumbíos y Ecuador. Por lo tanto, es esencial encontrar métodos efectivos y sostenibles para manejar esta enfermedad y asegurar la continuidad de los beneficios que el cultivo del plátano Clon Dominico hartón aporta a la provincia y al país (Campo, et al., 2020 pág. 62).

2.3. Manejo de Enfermedades en el Cultivo de Plátano

2.3.1. Prácticas Culturales

Las prácticas culturales en la agricultura juegan un papel vital en la gestión y prevención de enfermedades en los cultivos, incluido el plátano Clon Dominico hartón. Estas prácticas, que abarcan una amplia gama de actividades agrícolas, son fundamentales para mantener la salud y la productividad de las plantaciones de plátano. Al implementar estrategias efectivas de manejo cultural, los agricultores pueden influir significativamente en la incidencia y severidad de las enfermedades, como la Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* (Bonilla, et al., 2020 pág. 208).

Una práctica cultural esencial en el cultivo del plátano es la selección adecuada del sitio de plantación. Esto incluye la elección de áreas con buen drenaje y exposición adecuada a la luz solar, factores que pueden reducir la humedad del follaje y, por tanto, disminuir la susceptibilidad a enfermedades fúngicas. Además, la rotación de cultivos y el barbecho son técnicas importantes que ayudan a romper los ciclos de enfermedades y a reducir la acumulación de patógenos en el suelo (Orozco, et al., 2018 pág. 190).

Otra práctica importante es el manejo adecuado del riego. Un riego excesivo o mal gestionado puede crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fúngicas, mientras que un riego eficiente y controlado puede ayudar a prevenir tales problemas. Asimismo, la fertilización equilibrada y el uso de abonos orgánicos mejoran la salud general de las plantas, haciéndolas menos susceptibles a las enfermedades y mejorando su capacidad para resistir a los patógenos (FAO, 2020 pág. 23).

El deshoje y la eliminación de los restos de plantas enfermas son prácticas culturales críticas para el manejo de la Sigatoka negra en plantaciones de plátano. Estas acciones ayudan a reducir la carga de inóculo del patógeno en el campo y a disminuir la propagación de la enfermedad. Asimismo, la poda y el deshoje permiten una mejor circulación del aire y una menor humedad en el follaje, creando un microclima menos favorable para el desarrollo de enfermedades fúngicas (Bonilla, et al., 2020 pág. 220).

El control de malezas también juega un papel importante, ya que las malezas pueden albergar patógenos o crear un microclima húmedo que favorezca el desarrollo de enfermedades. Un manejo efectivo de las malezas, a través de métodos mecánicos o culturales, puede reducir estos riesgos (Orozco, et al., 2018 pág. 190).

En conjunto, estas prácticas culturales no solo contribuyen al manejo efectivo de las enfermedades en los cultivos de plátano, sino que también forman parte de un enfoque integrado de manejo de plagas y enfermedades que promueve la sostenibilidad y la salud a largo plazo de los sistemas agrícolas. La implementación de estas prácticas, adaptadas a las condiciones locales y específicas de cada cultivo, es fundamental para el éxito en la prevención y el manejo de enfermedades como la Sigatoka negra (Orozco, et al., 2018 pág. 191).

2.3.2. *Impacto Ambiental y Sostenibilidad*

El impacto ambiental y la sostenibilidad de los métodos de control de enfermedades en la agricultura, especialmente en el cultivo del plátano Clon Dominico hartón, son aspectos cruciales que requieren una consideración cuidadosa. Las prácticas de manejo de enfermedades, aunque esenciales para mantener la salud de los cultivos, pueden tener efectos significativos en el medio ambiente y la viabilidad a largo plazo de las prácticas agrícolas.

El uso de fungicidas químicos, por ejemplo, aunque efectivo en el control de enfermedades como la Sigatoka negra, plantea preocupaciones ambientales considerables. Estos productos químicos

pueden tener efectos nocivos en la biodiversidad local, contaminar el suelo y las fuentes de agua, y afectar la salud de los trabajadores agrícolas y las comunidades circundantes (Benavides, 2019 p. 34). Además, el uso prolongado y repetido de fungicidas puede llevar a la resistencia de los patógenos, reduciendo la efectividad de estos productos y obligando a los agricultores a buscar alternativas más potentes o más tóxicas (Campo, et al., 2020 pág. 23).

En contraste, los métodos de control orgánico y las prácticas culturales ofrecen alternativas más sostenibles. Estos métodos, que incluyen el uso de biofungicidas, el manejo integrado de plagas y enfermedades, y prácticas agrícolas como el deshoje y la rotación de cultivos, tienen un impacto ambiental generalmente menor. Promueven la sostenibilidad a largo plazo al reducir la dependencia de los insumos químicos y al fomentar un enfoque más holístico y equilibrado en la gestión de los cultivos (Toro, 2017 pág. 24).

Sin embargo, la adopción de prácticas sostenibles no está exenta de desafíos. Los métodos orgánicos y culturales pueden requerir más mano de obra, conocimientos específicos y un compromiso a largo plazo para ser efectivos. Además, en algunas circunstancias, pueden no ser tan inmediatamente efectivos como los tratamientos químicos, lo que plantea desafíos para los agricultores que enfrentan presiones económicas a corto plazo (Campo, et al., 2020 pág. 18).

Por lo tanto, la elección de métodos de control de enfermedades en la agricultura, especialmente en el cultivo del plátano, debe equilibrar la necesidad de proteger el cultivo y mantener la producción con la responsabilidad de preservar el medio ambiente y asegurar la sostenibilidad a largo plazo. Este equilibrio requiere una planificación cuidadosa y una consideración de las condiciones locales, las capacidades de los agricultores y los impactos ecológicos y socioeconómicos de las prácticas de manejo (Castellanos, et al., 2021 pág. 15).

2.4. Métodos de Control de la Sigatoka Negra

2.4.1. Control Cultural

El control cultural en el manejo de la Sigatoka negra, causada por el patógeno *Mycosphaerella fijiensis* en cultivos de plátano, incluye una serie de prácticas agrícolas destinadas a crear un entorno menos favorable para el desarrollo y la propagación de esta enfermedad. Estas prácticas, al ser parte de un enfoque integrado de manejo de plagas, son fundamentales tanto para la prevención como para la mitigación de la enfermedad, y su eficacia ha sido documentada en diversos estudios (Orozco, et al., 2018 pág. 192).

Una práctica cultural clave es la gestión adecuada de la densidad de siembra y el espaciamiento entre las plantas. Mantener una distancia óptima entre las plantas asegura una buena circulación del aire y reduce la humedad relativa alrededor del follaje, lo que es crucial para disminuir la incidencia de la Sigatoka negra. Un menor nivel de humedad en el microclima de la planta inhibe el crecimiento del patógeno y disminuye la severidad de la enfermedad (Machado, 2021 pág. 26).

La eliminación y destrucción de hojas infectadas y otros residuos vegetales es otra práctica cultural efectiva. Esta acción reduce la cantidad de inóculo en el campo y previene la propagación de la enfermedad a plantas sanas. El deshoje regular y la limpieza de los residuos ayudan a controlar el microclima dentro de las plantaciones y limitan las oportunidades para que el hongo se reproduzca y disemine (Orozco, et al., 2018 pág. 196).

El control de malezas es igualmente importante. Las malezas pueden albergar patógenos y crear un microclima más húmedo y propicio para la propagación de enfermedades. Un manejo efectivo de las malezas, ya sea mediante prácticas mecánicas o manuales, contribuye a un entorno menos favorable para la Sigatoka negra (Bonilla, et al., 2020 pág. 201).

La rotación de cultivos y el barbecho también son prácticas culturales valiosas. Al alternar el plátano con cultivos no susceptibles, se puede romper el ciclo de vida del patógeno y reducir la carga de inóculo en el suelo. Estas prácticas ayudan a mantener la salud del suelo y a prevenir la acumulación de patógenos (Orozco, et al., 2018 pág. 23).

La eficacia de estas prácticas culturales, sin embargo, puede variar dependiendo de factores como las condiciones climáticas, la topografía del terreno, y la variedad específica de plátano cultivada. Por lo tanto, es crucial que estas prácticas se adapten a las condiciones locales y se integren en un enfoque de manejo más amplio que pueda incluir, si es necesario, el uso de fungicidas y otras medidas de control (Bonilla, et al., 2020 pág. 204).



Ilustración 2-3: Control cultural de sigatoka

Realizado por: El Universo (2018)

2.4.2. Control Químico

El control químico de la Sigatoka negra en el cultivo de plátano, incluido el Clon Dominico hartón, implica el uso de fungicidas que desempeñan un papel crucial en la gestión eficaz de esta enfermedad. Aunque estos productos químicos son efectivos en el control del patógeno *Mycosphaerella fijiensis*, su uso también conlleva consideraciones importantes respecto a los impactos ambientales y de salud.

Dentro de los tipos de fungicidas utilizados, los más comunes incluyen productos sistémicos y protectantes. Los fungicidas sistémicos, como los triazoles y estrobilurinas, son absorbidos por la planta y proporcionan una protección interna contra el hongo, inhibiendo procesos clave en la biología del patógeno, como la síntesis de ergosterol en las membranas celulares del hongo. Por otro lado, los fungicidas protectantes, como el clorotalonil y el mancozeb, actúan creando una barrera en la superficie de la planta que previene la infección del hongo (Bolaños, 2016 pág. 23).

La eficacia de estos fungicidas en el control de la Sigatoka negra es bien reconocida; sin embargo, su uso continuo y extensivo conlleva el riesgo de desarrollo de resistencia en el patógeno. Además, la dependencia de los fungicidas químicos puede no ser sostenible a largo plazo debido a las preocupaciones ambientales y de salud (Mendoza, et al., 2019 pág. 23). Los fungicidas pueden tener efectos adversos en la biodiversidad, contaminando suelos y fuentes de agua y afectando a organismos no objetivo. Además, la exposición de los trabajadores agrícolas a estos químicos puede plantear riesgos para la salud, incluyendo problemas respiratorios y dermatológicos (Velez, 2021 pág. 16).

Por estas razones, la gestión del uso de fungicidas requiere un enfoque equilibrado y consciente. Esto implica la implementación de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), que

combinan el uso de fungicidas con prácticas culturales y biológicas para reducir la dependencia de los productos químicos. Además, es esencial la rotación de fungicidas con diferentes modos de acción para minimizar el riesgo de desarrollo de resistencia en el patógeno (Bolaños, 2016 pág. 23).



Ilustración 2-4: Control químico de sigatoka

Realizado por: El Universo (2018)

2.4.2.1. *Phyton*

El uso de fungicidas y bactericidas en el control químico de enfermedades en plantaciones de plátano, como en el caso de la Sigatoka negra, es una práctica común. Un ejemplo destacado es el *Phyton*, un fungicida-bactericida basado en sulfato de cobre pentahidratado. Este producto se distingue por su acción dual, actuando tanto internamente en la planta como directamente sobre la pared celular de hongos y bacterias. Esta acción es esencial para combatir patógenos que afectan raíces, follaje, flores y frutos en una variedad de cultivos, incluyendo las hortalizas (Orozco, et al., 2018 pág. 192).

Phyton se aplica comúnmente mediante pulverización foliar y, en situaciones de infección avanzada, puede utilizarse también en el cuello de la planta. Para optimizar su efectividad, se recomienda ajustar el agua de aplicación a un pH de entre 4 y 4.5. Una de las ventajas clave de *Phyton* es su carácter sistémico; el producto es absorbido por la planta en pocas horas, ofreciendo tanto una acción preventiva como curativa. Además, su formulación no es fitotóxica en ningún estadio del cultivo y no promueve la resistencia en hongos ni bacterias, lo cual es crucial para mantener la eficacia a largo plazo en los programas de manejo de enfermedades (FAO, 2020 pág. 6).

En el contexto del cultivo de plátano, la dosis recomendada de Phytón es de 0.6 litros por hectárea. Esta estrategia, integrada en un programa de manejo de enfermedades más amplio, es una parte importante en el control de patógenos. Sin embargo, es esencial considerar que el uso de cualquier agroquímico debe manejarse con cuidado para minimizar los impactos ambientales y garantizar la seguridad de los trabajadores y consumidores. La integración de Phytón en un enfoque de manejo integrado de plagas puede ayudar a equilibrar la eficacia en el control de enfermedades con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental (Serfi, 2023 pág. 1).



Ilustración 2-5: Phytón
Realizado por: Serfi (2023)

2.4.3. Control Orgánico

El control orgánico de enfermedades como la Sigatoka negra en cultivos de plátano, incluyendo el Clon Dominico hartón, representa una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente frente a los métodos de control químico. Estas prácticas orgánicas, centradas en el uso de productos naturales y técnicas de manejo ambientalmente amigables, ofrecen numerosas ventajas en términos de sostenibilidad y seguridad.

Entre las alternativas orgánicas para el control de la Sigatoka negra, se encuentran los biofungicidas, que son productos basados en microorganismos (como bacterias y hongos) o extractos naturales. Estos agentes biológicos actúan inhibiendo el crecimiento del patógeno o

fortaleciendo las defensas de la planta. Ejemplos comunes incluyen el *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spágs., que han demostrado ser efectivos contra una variedad de patógenos de plantas, incluido *Mycosphaerella fijiensis* (Arbeláez, 2018 pág. 34).

La eficacia de los biofungicidas y otras prácticas orgánicas puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, el tipo de cultivo y la cepa del patógeno. Sin embargo, cuando se aplican correctamente y en combinación con otras prácticas de manejo integrado, pueden reducir significativamente la incidencia y severidad de enfermedades como la Sigatoka negra (Bolaños, 2016 pág. 19).

Desde una perspectiva de sostenibilidad y seguridad, el control orgánico ofrece ventajas claras. Estos métodos reducen la dependencia de los fungicidas químicos, disminuyendo los riesgos de contaminación ambiental y de residuos tóxicos en los alimentos. Además, son más seguros para los trabajadores agrícolas y las comunidades cercanas, ya que no implican la manipulación o exposición a productos químicos potencialmente dañinos (Bolaños, 2016 pág. 18).

Otra ventaja importante del control orgánico es su contribución a la biodiversidad y la salud del suelo. Al utilizar productos naturales y fomentar prácticas agrícolas más equilibradas, se promueve un ecosistema más saludable y resiliente, lo que puede mejorar la productividad a largo plazo y la sostenibilidad de los cultivos (Campo, et al., 2020 pág. 23).

2.4.3.1. JAQUE MATE

Jaque Mate es un fungicida orgánico y preventivo, eficaz contra una amplia variedad de hongos fitopatógenos. Este producto actúa por contacto, desplegando su efecto a través de una acción translaminar moderada, gracias a su alta presión de vapor. Su formulación cuidadosa asegura que no tenga impactos negativos sobre la fauna y flora benéficas, lo que lo convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente (Excel Ag, 2023 pág. 2).

Este fungicida proporciona una protección preventiva eficiente contra un amplio espectro de hongos, lo que lo hace versátil para su uso en distintos métodos de aplicación, incluyendo el drench (aplicación directa al suelo), aspersiones foliares y sistemas de riego convencionales. Jaque Mate es especialmente recomendable para integrarse en programas de control integrado de plagas, siendo una herramienta valiosa para la gestión sostenible de enfermedades en los cultivos (Velez, 2021 pág. 34).

Para maximizar su efectividad, Jaque Mate debe aplicarse al principio de la aparición de los síntomas de la enfermedad o al inicio del ciclo de cultivo, asegurando una cobertura completa del área foliar. Es importante evitar su uso excesivo; no se debe aplicar más de dos veces consecutivas

sin alternancia. Para una gestión óptima de resistencia, se recomienda rotar Jaque Mate con un fungicida químico alternativo en aplicaciones secuenciales. Las aplicaciones deben realizarse preferentemente temprano en la mañana o en la tarde, para optimizar la absorción y eficacia del producto (Excel Ag, 2023 pág. 2).



Ilustración 2-6: Jaque Mate
Realizado por: ExcelAg (2023)

2.5. Variables de evaluación

2.5.1. Severidad

En el ámbito de la fitopatología, la severidad de una enfermedad se refiere al grado o intensidad de los síntomas expresados en una planta o en una población de plantas afectadas por un patógeno (Bolaños, 2016 p. 23). Esta definición abarca no solo la visibilidad y el alcance de los síntomas patológicos, sino también su impacto en la fisiología y el rendimiento de la planta. La severidad es frecuentemente cuantificada como una proporción o un porcentaje que refleja la extensión de los tejidos de la planta afectados en relación con la planta en su totalidad. Por ejemplo, en enfermedades foliares, la severidad puede medirse como el porcentaje del área foliar que muestra signos de infección (Mendoza, et al., 2019 pág. 23).

Es crucial diferenciar la severidad de la incidencia de una enfermedad. Mientras que la severidad se enfoca en el grado de afectación en plantas individuales o tejidos específicos, la incidencia se refiere a la proporción de plantas afectadas dentro de una población o área dada. Una enfermedad

puede tener una alta incidencia, pero baja severidad, lo que indica muchos casos de la enfermedad, pero con síntomas leves en cada planta (Mendoza, et al., 2019 pág. 23).

Comprender y diferenciar estos términos es esencial para el manejo efectivo de enfermedades en cultivos. La severidad de la enfermedad está directamente relacionada con la pérdida de rendimiento y calidad, y su evaluación precisa es fundamental para determinar la necesidad y el tipo de intervenciones de manejo. Una comprensión clara de la severidad, en contraste con la incidencia y otros parámetros de enfermedad, es crucial para el desarrollo e implementación de estrategias de manejo de enfermedades eficaces y dirigidas.

2.5.2. Incidencia de la Enfermedad

En el campo de la fitopatología, la incidencia de una enfermedad se define como la proporción o el porcentaje de plantas que presentan síntomas de una enfermedad específica dentro de una población o área determinada (Bolaños, 2016 p. 56). Esta medida es crucial para entender la extensión y la propagación de enfermedades en cultivos agrícolas, como la Sigatoka negra en plátanos. La incidencia proporciona información valiosa sobre la prevalencia y el potencial impacto de una enfermedad en un cultivo específico.

La distinción entre incidencia y prevalencia es fundamental en el estudio de las enfermedades de las plantas. Mientras que la incidencia se refiere al número de nuevos casos de una enfermedad que aparecen en una población durante un período de tiempo determinado, la prevalencia indica el número total de casos, tanto nuevos como existentes, en un momento dado o durante un período específico (Campo, et al., 2020 p. 56). En otras palabras, la incidencia se enfoca en la aparición de nuevos casos, ofreciendo una perspectiva dinámica sobre cómo se desarrolla y se propaga una enfermedad, mientras que la prevalencia ofrece una instantánea de todos los casos de la enfermedad en un momento dado, proporcionando una visión general de su estado actual en una población de cultivos.

Comprender la incidencia de una enfermedad es vital para el manejo efectivo de las enfermedades de las plantas. Esta medida ayuda a los agricultores y fitopatólogos a evaluar el riesgo de enfermedades, a planificar estrategias de control y a tomar decisiones informadas sobre la aplicación de tratamientos. Por ejemplo, un aumento en la incidencia de una enfermedad puede indicar la necesidad de intensificar las medidas de control o de ajustar las prácticas de manejo (Bornacelly, 2019 pág. 45).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización del área de estudio

3.1.1.1. Ubicación

El trabajo experimental para este estudio sobre el control de la Sigatoka negra en cultivos de plátano Clon Dominico hartón se desarrollará en la finca del Sr. Mauricio Vicuña, situada en la parroquia 7 de Julio, cantón Shushufindi, en la provincia de Sucumbíos. Esta localización ha sido escogida meticulosamente debido a su representatividad de las condiciones agrícolas prevalentes en la región, que es conocida por su extensa producción de plátano. La finca del Sr. Vicuña ha sido testigo de incidencias previas de Sigatoka negra, lo que la convierte en un sitio ideal para investigar de manera efectiva la eficacia de los tratamientos Jaque Mate y Phytan. Además, la ubicación en la provincia de Sucumbíos, una zona con un clima y unas características edáficas que favorecen el cultivo de plátano, asegura que los resultados del estudio sean relevantes y aplicables a las condiciones reales enfrentadas por los agricultores locales.

3.1.1.2. Límites

Siete de Julio, reconocida por su tierra fértil y rica en petróleo, se destaca por su impresionante belleza natural y la cordialidad y diligencia de sus habitantes. Ubicada estratégicamente en el kilómetro 7 de la vía hacia el cantón Shushufindi, esta localidad se encuentra rodeada por importantes límites geográficos. Al norte, limita con la Parroquia el Eno, mientras que, al sur y al oeste, comparte fronteras con la Provincia de Orellana. Hacia el este, se extiende hasta el Cantón Shushufindi. Esta ubicación no solo resalta la importancia estratégica de Siete de Julio en la región, sino que también subraya su papel en el tejido socioeconómico y cultural de la zona, marcada por una rica confluencia de actividades agrícolas y energéticas.

3.1.1.3. Ubicación geográfica

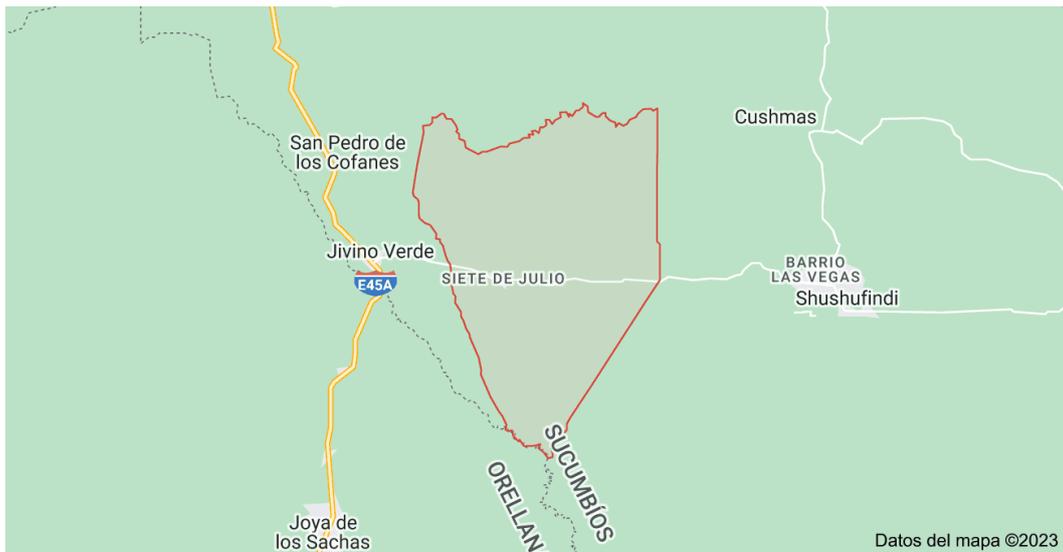


Ilustración 3-1: Mapa de la ubicación geográfica de la parroquia 7 de Julio

Realizado por: Lascano, A. 2024.

3.1.2. Lugar experimental

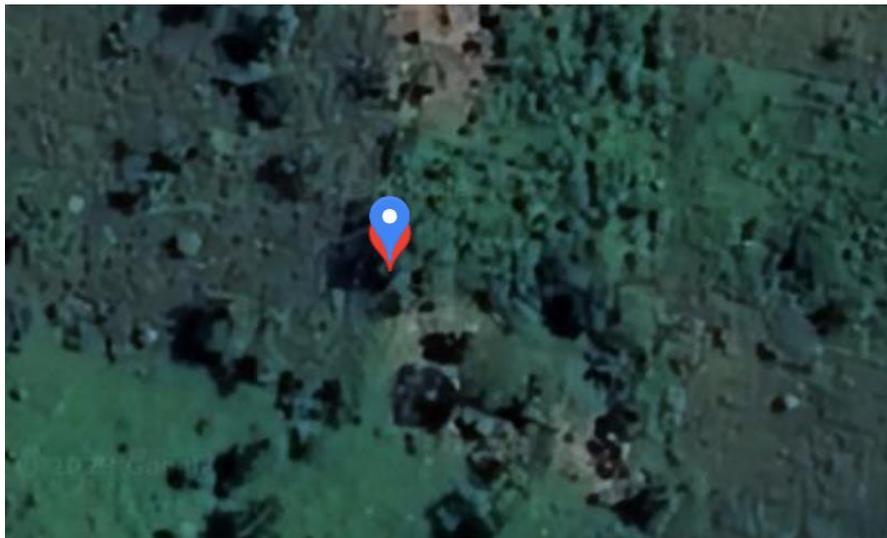


Ilustración 3-2: Ubicación geográfica de la parcela.

Fuente: Google earth

3.1.2.1. Características climáticas

Tabla 3-1: Características del clima de la zona

Temperaturas:	Tropical Lluvioso: 22°C.
	Tropical Mega Térmico muy Húmedo: 25°C.
Precipitación media anual:	1145 mm.

Realizado por: Lascano, A. 2024.

Fuente: https://gadprsietedejulio.gob.ec/?page_id=5

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación para este estudio sobre el control de la Sigatoka negra en el cultivo de plátano Clon Dominico hartón se orienta hacia un paradigma cuantitativo y experimental. Esta metodología permite una evaluación objetiva y precisa de la efectividad de dos tratamientos distintos: Jaque Mate, un biofungicida orgánico, y Phyton, un fungicida químico.

Este enfoque cuantitativo es esencial para cuantificar variables clave, como la incidencia y severidad de la enfermedad, y posibilita un análisis estadístico riguroso de los datos recogidos (Zúñiga, et al., 2023 p. 12). Al seguir este enfoque metodológico, el estudio pretende comparar efectivamente dos métodos de control y contribuir a la base de conocimientos con información valiosa que pueda guiar prácticas agrícolas más efectivas y sostenibles en la producción de plátanos.

3.2.2. Nivel de Investigación

3.2.2.1. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva se realiza para detallar y comprender a fondo una realidad específica. Este enfoque utiliza el método de análisis para identificar y describir las características principales de un objeto de estudio o una situación particular. Al aplicar criterios de clasificación, esta investigación ayuda a organizar y categorizar los elementos relevantes del tema investigado (Limo, et al., 2023 p. 123).

La fase de investigación descriptiva en este estudio es fundamental para establecer una comprensión detallada y completa de las circunstancias actuales y las características del problema investigado. Este enfoque implica la recopilación y análisis de datos específicos sobre las condiciones de las plantaciones de plátano, la prevalencia y características de la Sigatoka negra, así como los métodos actuales de manejo y control utilizados.

La investigación descriptiva permite identificar y documentar patrones, tendencias y correlaciones relacionadas con la incidencia de la enfermedad y la respuesta de las plantas a los tratamientos de Jaque Mate y Phyton. Este enfoque es esencial para proporcionar una base sólida sobre la cual se pueden construir análisis más detallados y para establecer un marco de referencia para la interpretación de los resultados experimentales.

3.2.2.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

En el trabajo de campo se ha utilizado un diseño de investigación transversal. Este tipo de diseño recoge datos de forma simultánea, con el objetivo de describir las variables en un momento específico y examinar sus efectos e interconexiones (Zúñiga, et al., 2023 pág. 12).

3.2.3. *Tipo de estudio*

El trabajo de integración curricular corresponde al siguiente tipo de estudio:

Campo: Para este estudio, se ha optado por una metodología de investigación de campo, basada en información técnica relevante. Esta modalidad implica que el investigador recopila datos directamente de fuentes primarias en un entorno real. Una de las principales fortalezas de los estudios de campo radica en la capacidad del investigador de adquirir datos directamente del entorno natural, evitando así la influencia de elementos artificiales que podrían alterar los resultados (Limo, et al., 2023 pág. 23).

En este estudio sobre el control de la Sigatoka negra en cultivos de plátano, se adoptó un enfoque de investigación de campo, lo cual permitió la recolección directa y fidedigna de datos en el entorno natural de las plantaciones. Esta metodología proporciona una visión auténtica y no alterada de la interacción entre los tratamientos aplicados, como Jaque Mate y Phyton, y su impacto real sobre la enfermedad, asegurando así que los resultados sean verdaderamente representativos de las condiciones reales de cultivo.

3.2.4. *Población y planificación, selección y tamaño de la muestra*

3.2.4.1. *Población*

En el estudio destinado a evaluar tratamientos para la Sigatoka negra en plátano Clon Dominico hartón, la población objeto de análisis comprende todas las plantas de plátano situadas en la finca del Sr. Mauricio Vicuña en la parroquia 7 de Julio, cantón Shushufindi. Esta población fue seleccionada por su relevancia y representatividad, proporcionando un marco adecuado para observar los efectos de los tratamientos Jaque Mate y Phyton y entender cómo estos influyen en un ambiente agrícola real y específico.

3.2.4.2. Muestra

Para este estudio, la muestra seleccionada incluye un conjunto específico de plantas de plátano dentro de la finca del Sr. Mauricio Vicuña, representativas de la diversidad y condiciones generales de la plantación. Esta muestra se eligió cuidadosamente para asegurar que los resultados del tratamiento con Jaque Mate y Phyton sean generalizables a toda la población de plátanos en la finca. Al seleccionar una muestra que refleje de manera efectiva las variaciones naturales en las plantaciones de plátano, el estudio busca proporcionar conclusiones válidas y aplicables sobre la eficacia de los tratamientos en el manejo de la Sigatoka negra.

3.2.5. Recolección de datos

3.2.5.1. Recolección de datos en campo

En la fase de recolección de datos en campo de nuestro estudio sobre el control de la Sigatoka negra, se implementaron métodos sistemáticos y precisos para recopilar información relevante. Esto incluyó la observación directa y el registro detallado de la respuesta de las plantas de plátano a los tratamientos con Jaque Mate y Phyton, enfocándose en variables como la incidencia y severidad de la enfermedad. La recopilación de datos se realizó en intervalos regulares a lo largo del ciclo de cultivo, asegurando así una comprensión completa del efecto de los tratamientos a lo largo del tiempo. Este enfoque meticuloso garantiza la obtención de datos fiables y significativos para el análisis posterior.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Para la evaluación de los tratamientos con Jaque Mate y Phyton, se utilizará técnicas cuantitativas, como el análisis estadístico, para medir la incidencia y severidad de la enfermedad en las plantas de plátano. Los instrumentos incluyeron herramientas de medición estándar en fitopatología, como escalas de severidad de enfermedades, y dispositivos para registrar variables ambientales. Además, para asegurar la consistencia y fiabilidad de los datos, se elaboraron y utilizaron protocolos detallados para la aplicación de tratamientos y la recolección de muestras. Estos métodos y herramientas permitieron un análisis riguroso y una interpretación objetiva de los resultados, facilitando así conclusiones válidas y aplicables sobre la eficacia de los tratamientos investigados.

Tabla 3-2: Equipos y Materiales.

Categoría	Material/Equipo/Insumo	Descripción/Propósito
Materiales Biológicos	Plantas de plátano Clon Dominicó hartón	Cultivo sujeto al estudio.
Fungicidas	Jaque Mate	Biofungicida orgánico para el tratamiento de las plantas.
	Phyton	Fungicida químico para comparar su efectividad con Jaque Mate.
Equipos de Aplicación	Pulverizadores	Para aplicar los tratamientos de Jaque Mate y Phyton en las plantas.
	Bombas	Equipos para facilitar la aplicación de los tratamientos en las parcelas.
	Tanques	Contenedores para preparar y almacenar soluciones de tratamiento.
Instrumentos de Medición	Cinta métrica	Medir el crecimiento y otras dimensiones físicas de las plantas.
	Balanza	Pesar los insumos y preparar las soluciones de tratamiento.
Herramientas de Manejo de Cultivo	Machete	Herramienta para el manejo y mantenimiento de las plantas y el área de cultivo.
Registros y Análisis	Libreta/Dispositivo digital	Registrar observaciones y datos durante el estudio.
	Computadora	Para el procesamiento y análisis de datos recopilados.
Protección Personal	Equipos de protección personal (EPP)	Incluye guantes, gafas de seguridad y mascarillas para la aplicación segura de fungicidas.
Insumos Adicionales	Agua	Utilizada para la preparación de soluciones de tratamiento y el riego.
	Medidor de pH	Ajustar y controlar el pH de las soluciones de tratamiento.

Realizado por: Lascano, A. 2024.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

3.4.1. Factores de estudio

Variable independiente: Cultivo de Plátano Clon Dominico- Hartón

Variable dependiente: Comportamiento de sigatoka negra ante la aplicación de los tratamientos en el cultivo de plátano.

3.4.2. Diseño experimental

La investigación se realizará bajo el diseño bloques completamente al azar, un análisis de varianza ANOVA mediante la tabulación, en Excel 2016, el análisis estadístico en el programa Statistical Package For Social Science (SPSS) versión 21.0, en la prueba de Tukey en el 95% de probabilidad para comparación de los datos.

Tabla 3-3: Descripción de los tratamientos de estudios

Tratamientos	Descripción
T1	Control cultural (deshojes de las plantas)
T2	Control Químico (Python)
T3	Control Orgánico (Jaque Mate)

Realizado por: Lascano, A. 2024.

3.4.3. Delineamientos Experimentales.

Tabla 3-4: Descripción del diseño experimental

Diseño Experimental	Dimensiones
Tipo de diseño	Bloques al Azar
Numero de tratamientos	3
Numero de repeticiones	3
Numero Unidades Experimentales	9
Distancia entre planta	2m
Distancia entre hilera	3m
Distancia entre repeticiones	3m
Largo del bloque	400m

Ancho del bloque	400m
Área total del experimento	400m ²

Realizado por: Lascano, A. 2024.

3.4.4. Manejo del Experimento

3.4.4.1. Control de malezas y Plagas

La maleza se controlará a través de un control mecánico con una frecuencia de 20 días. Para el control de la enfermedad Sigatoka negra se aplicará control químico (Python), control orgánico (Jaque Mate) y control cultural.

3.4.5. Variables evaluar

3.4.5.1. Determinación del índice de infección.

Se evaluará 10 plantas alzar por cada repetición, donde se identificará el % de infección con los siguientes puntos:

- 0 - Plantas sanas, no se observa ningún síntoma sobre las hojas.
- 1-1% de infección sobre las hojas.
- 2 -10% de infección sobre las hojas.
- 3 - 25% de infección sobre las hojas.
- 4 - infección igual o mayor al 50%.

Se calculará el índice de Infección o desarrollo (Severidad) de la enfermedad por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infección} = \frac{P1 (n1) + P2 (n2) + P3 (n3) + P4 (n4)}{ixN} \times 100$$

Donde:

P = Grado de la escala.

i = Grado mayor de la escala (4).

n = número de hojas con determinado grado de infestación.

N = Número total de hojas de la planta muestreada.

3.4.5.2. Incidencia de la enfermedad

Se evaluará 10 plantas alzar por cada repetición. Se calculará la Distribución (Incidencia) de la Enfermedad por la siguiente fórmula.

$$\%D = \frac{a}{b} \times 100$$

Donde:

a.- Número de plantas u órganos enfermos.

b.- Número de plantas u órganos totales.

3.4.5.3. *Grado medio de la enfermedad*

Se evaluaría 10 plantas alzar por cada repetición. Se calculará el Grado medio de la enfermedad por la siguiente fórmula:

$$Gm = \frac{a}{\Sigma (a \times b)}$$

Donde:

Gm =Grado medio de afectación

a = número de hojas enfermas

$\Sigma (a \times b)$ = sumatoria de hojas enfermas por el grado de afectación.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los hallazgos de este estudio se dividirán en dos secciones que abordan los objetivos específicos establecidos previamente. La primera sección se enfoca en evaluar la eficacia de los tratamientos en función del índice de infección de Sigatoka negra en las plantas de plátano Clon Dominico. La segunda sección tiene como objetivo identificar los niveles de incidencia de la Sigatoka negra y la tercera sección se basó en la determinación del grado medio de la enfermedad de las plantas evaluadas. En la tabla 4-1 se detallan las medias de todas las variables del experimento. Es importante tener en cuenta que las medias de los tratamientos que comparten la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey; sin embargo, aquellas medias con letras diferentes indican diferencias significativas.

Tabla 4-1: Resumen de las variables analizadas.

Día de evaluación	Tratamientos	Índice de infección (%)	Incidencia (%)	Grado medio de la enfermedad
7	T1 (Control cultural)	26,96 ± 2,34 B	42,31 ± 2,75 B	2,57 ± 0,17 B
	T2 (Control químico)	16,54 ± 2,34 A	34,07 ± 2,75 A	2,00 ± 0,17 A
	T3 (Control orgánico)	23,14 ± 2,34 B	42,27 ± 2,75 B	2,20 ± 0,17 AB
14	T1 (Control cultural)	29,46 ± 2,18 B	45,74 ± 2,34 B	2,57 ± 0,14 B
	T2 (Control químico)	18,36 ± 2,18 A	33,75 ± 2,34 A	2,13 ± 0,14 A
	T3 (Control orgánico)	22,77 ± 2,18 A	43,33 ± 2,34 B	2,07 ± 0,14 A
21	T1 (Control cultural)	25,13 ± 2,03 B	41,70 ± 2,11 B	2,37 ± 0,25 A
	T2 (Control químico)	25,69 ± 2,03A	34,00 ± 2,11 A	2,17 ± 0,25 A
	T3 (Control orgánico)	18,48 ± 2,03 B	41,89 ± 2,11 B	2,43 ± 0,25 A
28	T1 (Control cultural)	24,10 ± 1,98 B	41,30 ± 2,30 B	2,30 ± 0,11 A
	T2 (Control químico)	14,05 ± 1,98 A	26,56 ± 2,30 A	2,13 ± 0,11 A
	T3 (Control orgánico)	24,55 ± 1,98 B	40,48 ± 2,30 B	2,40 ± 0,11 A
35	T1 (Control cultural)	20,61 ± 1,88 B	36,63 ± 2,33 B	2,40 ± 0,15 B
	T2 (Control químico)	7,12 ± 1,88 A	26,26 ± 2,33 A	1,50 ± 0,15 A
	T3 (Control orgánico)	22,36 ± 1,88 B	40,59 ± 2,33 B	2,30 ± 0,15 B
42	T1 (Control cultural)	18,09 ± 1,58 B	33,07 ± 2,28 B	2,37 ± 0,15 B
	T2 (Control químico)	5,69 ± 1,58 A	18,96 ± 2,28 A	1,30 ± 0,15 A
	T3 (Control orgánico)	19,97 ± 1,58 B	36,37 ± 2,28 B	2,30 ± 0,15 B
49	T1 (Control cultural)	16,87 ± 1,38 B	30,56 ± 2,12 B	2,37 ± 1,30 B
	T2 (Control químico)	5,35 ± 1,38 A	18,21 ± 2,12 A	1,23 ± 0,15 A
	T3 (Control orgánico)	18,43 ± 1,38 B	33,93 ± 2,12 B	2,30 ± 0,15 B

Realizado por: Lascano, Rafael, 2024.

4.1. Determinación del mejor tratamiento de acuerdo con el índice de infección.

El índice de infección de la sigatoka negra en el cultivo de plátano hartón se determinó considerando los valores reportados para la variable pH (Tabla 4-1) que permitieron identificar el efecto de los tratamientos.

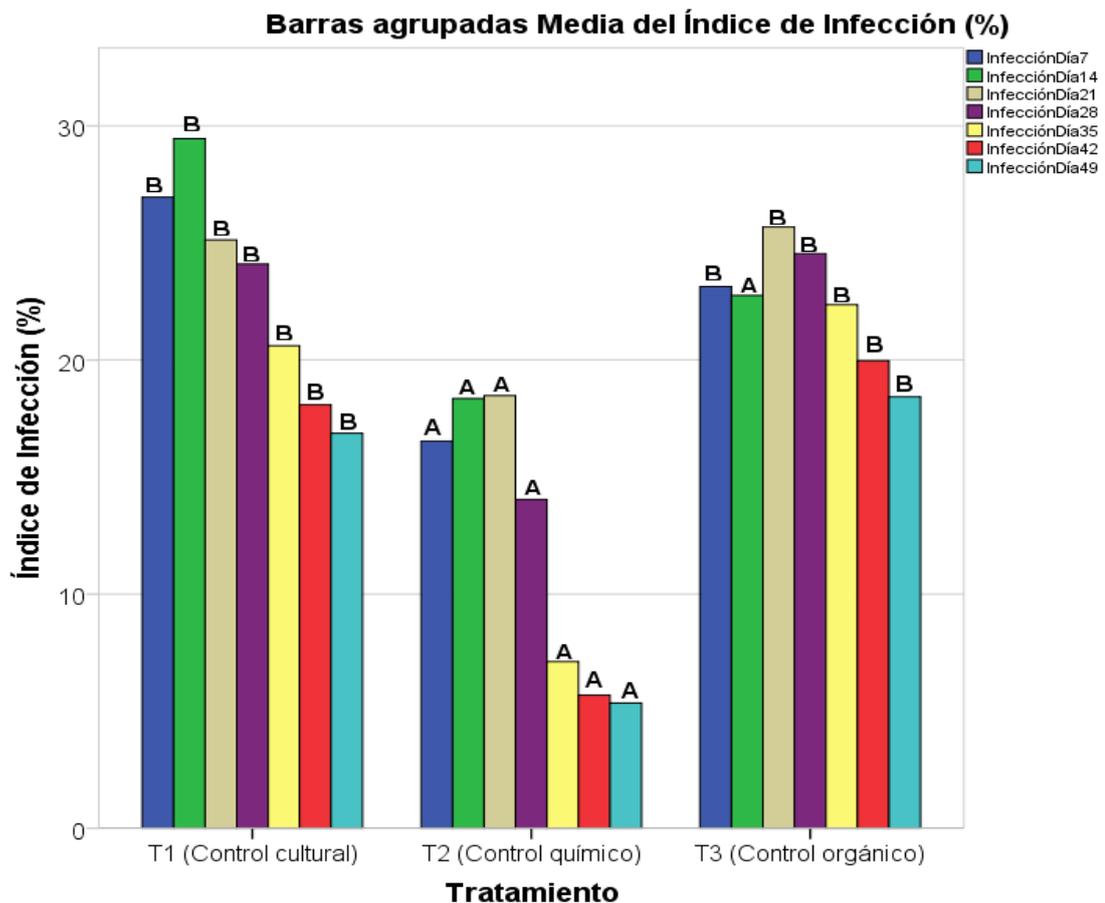


Ilustración 4-1: Medida del índice de Infección (%).

Realizado por: Lascano, Rafael, 2024.

En la Ilustración 4-1 se evidencia un aumento del índice de infección entre los días 7 y 14 en el tratamiento T1 (Control cultural), mientras que en el tratamiento T2 (Control químico) se prolonga hasta el día 21. Por otro lado, en el tratamiento T3 (Control orgánico) se observa una leve disminución en el día 14, seguida de un ligero aumento el día 21. Sin embargo, tanto en T2 como en T3, se registra una disminución gradual de la infección desde el día 28 hasta el día 49. Por el contrario, en T1 se detecta una reducción de la infección a partir del día 21.

El análisis de varianza revela que el índice de infección de la sigatoka negra muestra diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo de todo el estudio. Al concluir la investigación, se

observa que el menor índice de infección se logró con el tratamiento T2 (Control químico), con un valor de 5,35%, mientras que los valores más altos se observaron en los tratamientos T3 (Control orgánico) y T1 (Control cultural), con valores de 18,43% y 16,87%, respectivamente, los cuales son estadísticamente similares. Conforme a los resultados obtenidos, resulta esencial fundamentar el control preventivo de la sigatoka negra en el plátano hartón mediante el uso de fungicidas químicos. Según Kimunye et al. (2021 p. 1652) al no implementarse un control adecuado, los daños foliares pueden ser significativos, causando pérdidas de rendimiento que superan el 50%.

Terrero et al. (2020 p. 83) evidenciaron que el índice de infección en plantas de banano fue del 15,62% con el control cultural, mientras que con el control químico fue del 8,39%. Estos valores fueron obtenidos en época lluviosa y no difieren mayoritariamente con respecto a los obtenidos en este estudio.

De acuerdo con Santos et al. (2018 pág. 15) el mecanismo de acción del cobre en la destrucción de esporas se centra en la atracción y acumulación de iones de cobre (Cu^{++}) durante la germinación de las esporas. Estos iones, cargados positivamente, son atraídos hacia las esporas debido a interacciones electrostáticas. A medida que los iones se acumulan, interfieren con la integridad de las paredes celulares al desencadenar reacciones de oxidación que dañan los componentes celulares, lo que conduce a la pérdida de la homeostasis y, en última instancia, a la muerte celular.

Según Andrade et al. (2022 pág. 2) los aceites esenciales muestran un potencial prometedor para combatir enfermedades fúngicas en plantas, gracias a los metabolitos secundarios presentes en su composición. Jaque mate es un fungicida orgánico elaborado a partir de aceite de canela y clavo de olor (Excel Ag, 2023 pág. 2). Gutiérrez et al. (2018 pág. 149), observaron en su investigación de laboratorio que el aceite de canela (*C. zeylanicum*) inhibió completamente el crecimiento micelial de *M. fijiensis* con una concentración de 500 ppm, atribuyendo este efecto a la presencia de eugenol y aldehído cinámico. Además, Armas et al. (2011 pág. 125) han verificado que el clavo de olor contiene eugenol, acetileugenol y trazas de ésteres, alcoholes y cetonas.

4.2. Determinación de la Incidencia de la enfermedad.

La incidencia de la sigatoka negra se estableció teniendo en cuenta los valores registrados para esta variable (ver Tabla 4-1).

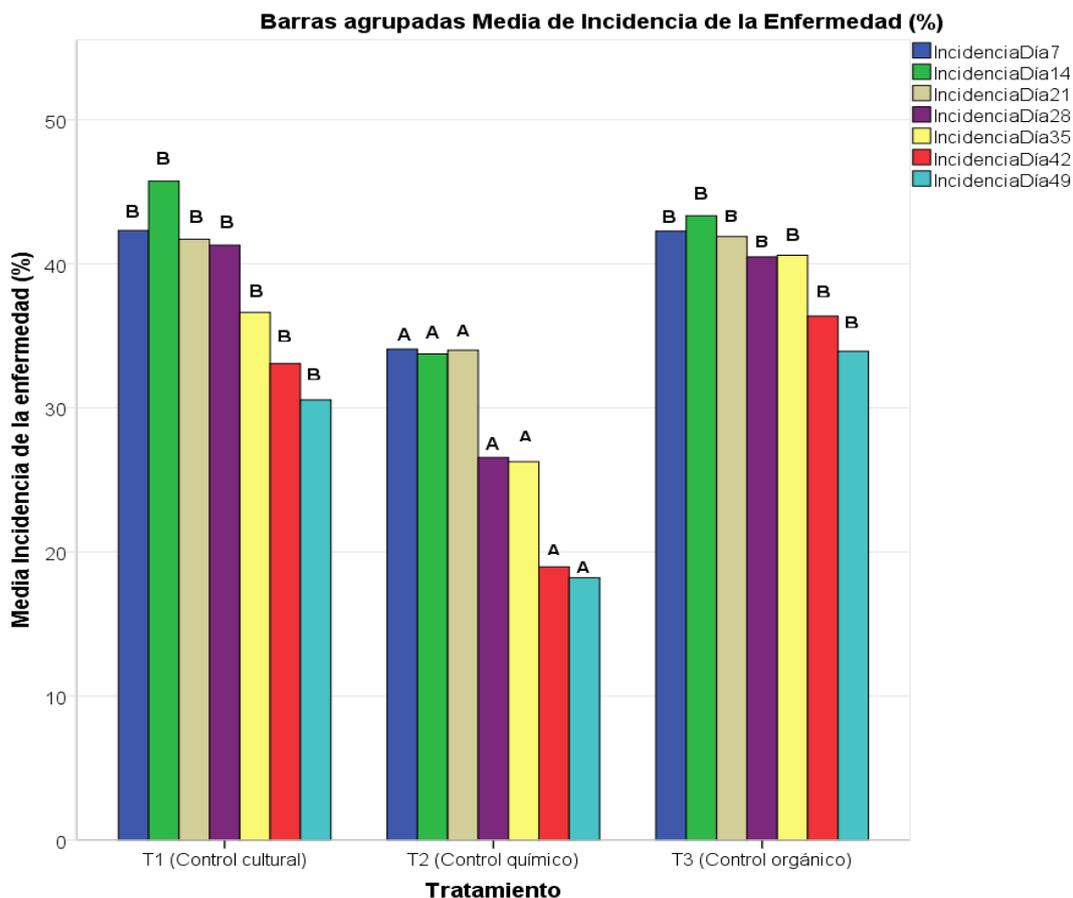


Ilustración 4-2: Medida de la Incidencia de la enfermedad (%).

Realizado por: Lascano, Rafael, 2024.

En la Figura 4-2, en general se muestra que, el tratamiento T2 (Control químico) tiene los valores más bajos a lo largo de los 49 días de evaluación. Se observa que las diferencias en la incidencia de la enfermedad entre los tratamientos son más notorias en algunos días de evaluación que en otros. Por ejemplo, alrededor del día 35, hay una clara diferencia en la incidencia entre los tratamientos, siendo el T2 considerablemente más bajo que los otros tratamientos. Similarmente, hacia el día 49, el tratamiento T2 exhibe la incidencia más baja en comparación con los otros tratamientos, lo cual sugiere una efectividad superior en el control de la enfermedad. Por otro lado, los tratamientos T1 (Control cultural) y T3 (Control orgánico) tienden a mostrar una incidencia de la enfermedad más alta en la mayoría de los días de evaluación. La mayor incidencia de la enfermedad al finalizar el ensayo la obtuvo T3 (Control orgánico) con 17,16% y T1 (Control cultural) con 15,49%. Mientras que, T2 (Control químico) presentó la menor incidencia con 4,89%.

Según Arauz (2020 p. 33) en su estudio llevado a cabo en plátano curaré enano, reveló una incidencia cercana al 68% para el tratamiento químico, mientras que los tratamientos con agentes

biológicos (*Trichoderma spág.* y *Bacillus subtilis*) obtuvieron entre el 68% y el 71% de incidencia. Valores son más altos que los registrados en este estudio, donde se observaron tasas de incidencia del 4,89% para T2 (control químico) y del 17,16% para el control orgánico.

De acuerdo con Aceves et al. (2023 pág. 42) el agente causal *Mycosphaerella fijiensis* se desarrolla eficientemente en rangos de temperatura de 25 a 28°C y con niveles de humedad relativa del 92%; situación que es de especial relevancia debido a las condiciones climáticas del sector. Además, tiene la particularidad de reproducirse de forma sexual y asexual; todas estas características, han generado la necesidad de realizar aplicaciones de fungicidas en función de la climatología de los diversos sectores en donde se cultiva esta musácea (Oliveira, et al., 2022 pág. 2).

4.3. Determinación del grado medio de la enfermedad.

El grado medio de la enfermedad, fue determinado a partir de los valores registrados durante el período de evaluación (ver Tabla 4-1).

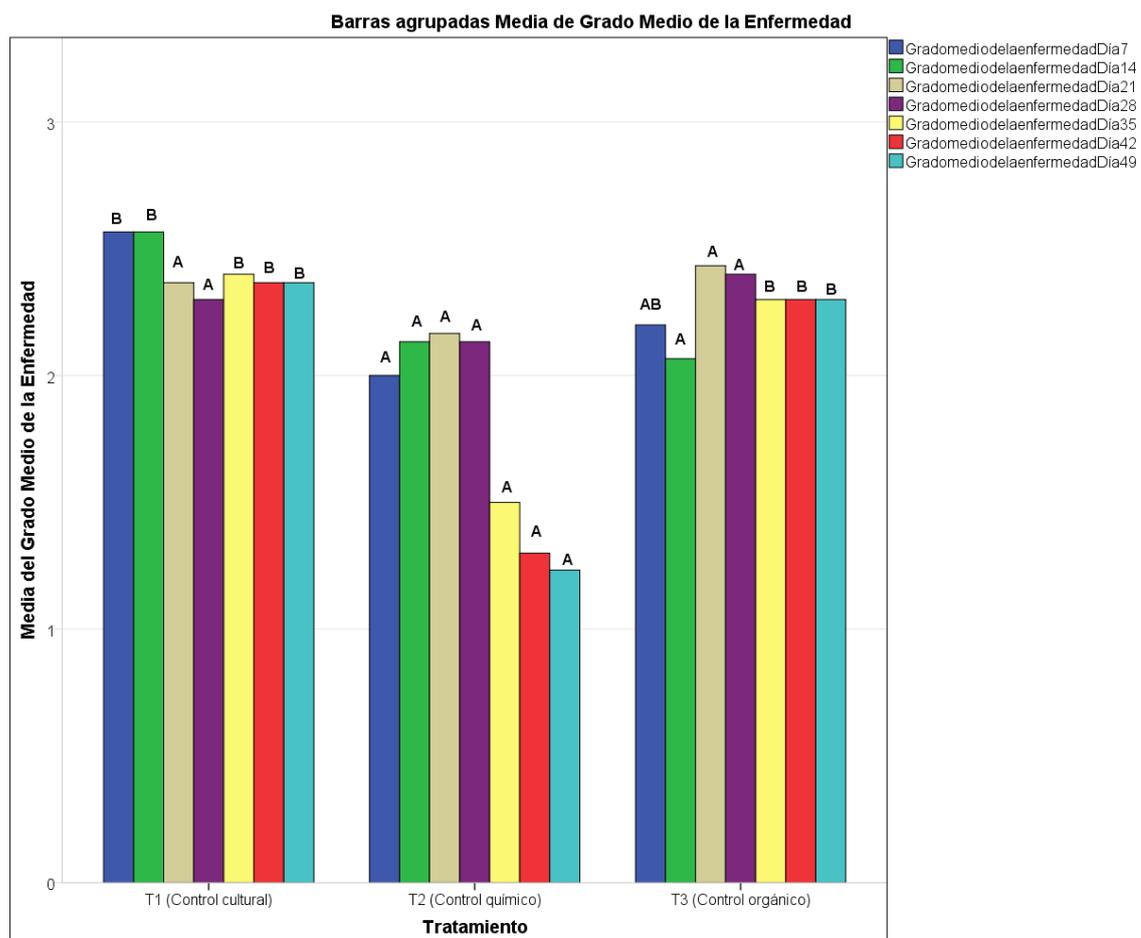


Ilustración 4-3: Medida del Grado medio de la enfermedad.

Realizado por: Lascano, Rafael, 2024.

La Figura 4-3 indica que, en general, el tratamiento T2 (Control químico) registra los valores más bajos a lo largo de los 49 días de evaluación. Aunque las discrepancias en el grado medio de la enfermedad entre los tratamientos no son tan evidentes como en otros aspectos, se observa una tendencia hacia valores inferiores con el tratamiento T2 en comparación con los tratamientos T1 (Control cultural) y T3 (Control orgánico). Además, se confirmó la presencia de diferencias significativas entre los tres tratamientos según la prueba de Tukey. Al concluir el estudio, se determinó que los tratamientos T1 y T3 alcanzaron el mayor grado medio de la enfermedad, con 2,37 y 2,30 puntos en la escala, respectivamente, mientras que el menor grado medio fue registrado por el tratamiento T2, con 1,23.

Según Bonilla (2009 pág. 40) tanto el control químico (Timorex Gold) como el control cultural (Deshoje + Fertilización) mostraron una disminución del grado medio de la enfermedad desde el día 21 hasta el día 28. Sin embargo, ambos métodos lograron un promedio cercano a 1,20 en la escala de la enfermedad a los 49 días, un comportamiento que solo se observó de manera similar en el tratamiento T1 (Control cultural). No obstante, el valor alcanzado a los 49 días es comparable al encontrado en este estudio para el control químico (T2), pero difiere en el caso del control cultural (T1), donde se registraron 2,37 puntos.

4.4. Recomendaciones agronómicas

Tras llevar a cabo una investigación exhaustiva con el fin de determinar el tratamiento más eficaz para el control de la Sigatoka negra en los terrenos del Sr. Mauricio Vicuña, situados en la parroquia 7 de Julio del cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, se presentan las siguientes recomendaciones.

1. Eliminar residuos de las plantas infectadas para evitar la propagación del hongo.
2. Mantener un control efectivo de las malezas, ya que estas pueden servir como reservorios del patógeno y favorecer su proliferación.
3. Aplicar fertilizantes de manera equilibrada para promover la salud y resistencia de las plantas, lo que puede ayudarlas a combatir la enfermedad.
4. Realizar podas adecuadas para eliminar hojas infectadas y mejorar la circulación del aire alrededor de las plantas, lo que reduce la humedad y la propagación del hongo.
5. Utilizar fungicidas recomendados de manera preventiva y según las indicaciones específicas para controlar la Sigatoka negra. Es importante rotar los productos para evitar la resistencia del hongo a los mismos.

6. Realiza un monitoreo regular de las plantaciones para detectar signos tempranos de la enfermedad y aplicar las medidas de control de manera oportuna.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó que el tratamiento T2 (Control químico) mostró el menor índice de infección estadísticamente significativo de la enfermedad al finalizar los 49 días de investigación con 5,35%. Esto sugiere que el control químico a base de sulfato de cobre pentahidratado fue el más efectivo para reducir la incidencia de la sigatoka negra en el cultivo de plátano hartón en la parroquia 7 de Julio, cantón Shushufindi.

En relación con el porcentaje de incidencia, en la primera semana de estudio se observaron tasas de 42.31% en el tratamiento T1 (Control cultural), 34.07% en T2 (Control químico) y 42.27% en T3 (Control orgánico). Sin embargo, al concluir los 49 días de observación, se evidenció una notable reducción en estas cifras, alcanzando valores de 30.56%, 18.21% y 33.93% para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Este descenso significativo indica una efectividad diferencial en los distintos enfoques de control evaluados, destacando la eficacia del control químico como el más efectivo en la reducción de la incidencia de la enfermedad.

En cuanto al grado medio de la enfermedad, a los 7 días se registró un valor de 2.57 puntos en el tratamiento T1, mientras que para T2 y T3 se observaron valores de 2 y 2.20 puntos respectivamente. Sin embargo, al finalizar el período de evaluación, se observaron cambios significativos: los tratamientos T1 y T2 disminuyeron a 2.37 y 1.23 puntos respectivamente. En contraste, en el caso del tratamiento T3, se registró un ligero aumento a 2.30 puntos, lo que sugiere una respuesta diferente en la eficacia de los tratamientos evaluados, destacando la efectividad del control químico (T2) como el más exitoso en la reducción del grado medio de la enfermedad.

5.2. Recomendaciones

Dada la mayor eficacia observada en el tratamiento T2 (Control químico) para reducir la incidencia de la sigatoka negra, se recomienda priorizar el uso de fungicidas químicos probados y eficientes en el control de la enfermedad. Esto puede ayudar a minimizar el impacto de la sigatoka negra en los cultivos de plátano hartón y reducir las pérdidas de rendimiento.

Debido a que las condiciones atmosféricas tienen un impacto sustancial en el crecimiento y la expansión de la sigatoka negra, se sugiere realizar una vigilancia continua de las condiciones climáticas regionales. Esta práctica facilitará la adaptación de las tácticas de control, como la administración de fungicidas, conforme a las características particulares del medio ambiente de cultivo.

Es fundamental adoptar un enfoque integral en el manejo de la sigatoka negra y otras enfermedades de los cultivos. Este enfoque implica la combinación de métodos de control químicos, culturales, biológicos y genéticos con el fin de disminuir la presión de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEVES NAVARRO, Lorenzo Armando**, et al. “Climatic variables that favor the Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) [anamorph: *Pseudocercospora fijiensis* (Morelet) Deighton] infestation in a banana-growing zone”. *Agro Productividad* [en línea], 2023, (México), vol. 16(12), págs. 123-134. [Consulta: 14 febrero 2024]. ISSN 2448-654X. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/2500/2206>
2. **AGRISOLVER**. *Gestión integrada de Sigatoka Negra (*Pseudocercospora fijiensis*)*. [blog]. Ecuador, 2023. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.agrisolver.com/blog/gestion-integrada-de-sigatoka-negra-pseudocercospora-fijiensis>
3. **ANDRADE HOYOS, Petra**, et al. “Potencial de los aceites esenciales en el control de *Phytophthora cinnamomi* Rands y *Fusarium* sp. in vitro en *Cinnamomum verum*”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2022, (México), vol. 40(1), págs. 12-34. [Consulta: 13 de febrero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1004>
4. **ARAÚZ SOZA, Moisés Eli**. Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) del plátano (*Musa paradisiaca* L.) cv. Curaré Enano en Tonalá, Chinandega 2019. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Universidad Nacional Agraria. s.l, 2020. págs. 20-23. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4267/1/tnh20a663.pdf>
5. **ARBELÁEZ, Natalia**. Evaluación del potencial controlador de extractos metabólicos bacterianos frente a la enfermedad Sigatoka Negra en banano causada por *Pseudocercospora fijiensis* (*Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad Nacional de Colombia. 2018. págs. 34-63. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64163>
6. **ARMAS CABALLERO, Carlos**, **MÁRQUEZ VILLACORTA, Luis** y **PRETELL VÁSQUEZ, Carla**. “Efecto del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y su combinación sobre la acción antifúngica en *Aspergillus flavus* en agar chicha de maíz (*Zea mays* L.), variedad morado”. *Pueblo*

Continente [en línea]. 2011, (Ecuador), vol. 22(1), págs. 1-14. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/459/424#>

7. **BENAVIDES**, Luis. Cuantificación temprana de *Pseudocercospora fijiensis* por medio de qPCR en modelos predictivos de Sigatoka negra en plantas de banano (*Musa AAA*). [en línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Tecnológico de Costa Rica, Local San Carlos. 2019. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10838>
8. **BOLAÑOS**, Alex. Evaluación de dos fungicidas protectores y seis fungicidas sistémicos para el combate de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*) en una plantación de plátano currare (*Musa AAB*) en la Zona de San Carlos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Tecnológico de Costa Rica. 2016. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5909>
9. **BONILLA**, Amanda, **MASABANDA**, Juan y **REYES**, Mario. “Manejo Fitosanitario de las Principales plagas del Plátano del clon Dominico–Hartón”. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [en línea]. 2020, (Ecuador), vol. 22(1). págs. 204-222. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5768/576869060012/html/>.
10. **CAMPO**, Rodrigo, **VELEZ**, Leiton y **BARRERA**, José. “La sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en los cultivos de plátano y banano: una revisión”. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín* [en línea]. 2020. (Colombia), vol. 44(1), págs. 204-222. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a11v64n01.pdf>
11. **CASTELLANOS**, Jorge y **AGUIRRE**, Lucas. “Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia”. *Acta Agronómica* [en línea]. 2021. (Colombia), vol. 60(2), págs. 176-182. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000200009
12. **EL UNIVERSO**. *Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en América Latina y el Caribe*. [blog]. Ecuador, 2018. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/i3400s/i3400s.pdf>

13. **EXCEL AG. JAQUE MATE.** *Fungicida protectante con certificaciones orgánicas para reducir carga química.* [blog]. Ecuador, 2023. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://excelag.com/solution/jaque-mate-es/?lang=es>
14. **JAQUE MATE;** *Fungicida protectante con certificaciones orgánicas para reducir carga química.* [blog]. Ecuador, 2023. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://excelag.com/solution/jaque-mate-es/?lang=es> y <https://agrofarm.com.ec/product/jaque-mate/>
15. **FAO.** Capítulo 1: *Panorama General de la producción y el comercio mundial.* [blog]. Ecuador, 2020. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/y5102s/y5102s04.htm>
16. **GUTIÉRREZ,** Eduardo. “Efecto de aceites naturales contra *Mycosphaerella fijiensis* en condiciones in vitro y detección de fitoquímicos activos”. *Revista Mexicana de Fitopatología* [en línea]. 2018. (México), vol. 36 (1), págs. 141-150. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000100141
17. **KAUR,** Lovepreet, et al. “Banana starch: Properties, description, and modified variations-A review”. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea]. 2020. (India), vol. 70(1), págs. 2096-2102. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813020346869>
18. **KIMUNYE,** Janet; **WERE,** Evans; **SWENNEN,** Rony; **VILJOEN,** Altus y **MAHUKU,** George. “Sources of resistance to *Pseudocercospora fijiensis*, the cause of black Sigatoka in banana”. *Plant Pathology* [en línea]. 2021.(Uganda), vol. 70(1), págs.. 1651-1664. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34588709/>
19. **LIMO,** F. y **MORA,** R. *Investigación cualitativa.* [blog]. Ecuador, 2023. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=busqueda_menu&id_autor=84050
20. **MACHADO,** Leandro. Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*): perspectivas no manejo da cultura da banana (*Musa spp.*) sob a ótica agroecológica, o estado da arte. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2021. págs.

1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en:
<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/5530?mode=full>

21. **MENDOZA**, Cristian y **VERA**, José. “Aprovechamiento de pinzote de banano (*Musa Paradisiaca*) para la obtención de papel: Artículo de revisión bibliográfica”. *Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FIN* [en línea]. 2019, (Ecuador), vol. 2(1), págs. 19-29. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en:
<https://publicacionescd.ulead.edu.ec/index.php/finibus/article/view/147>
22. **MORALES**, Elsa, et al. “Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos”. *Revista Business* [en línea]. 2020, (Ecuador), vol. 4(1), págs. 85-95. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en:
<https://journalbusinesses.com/index.php/revista/article/view/78>
23. **OLIVEIRA**, Tamiris; **SILVA**, Tatiane; **MOREIRA**, Silvino; y **CHRISTIANO**, Felix. “Evidence of Resistance to QoI Fungicides in Contemporary Populations of *Mycosphaerella fijiensis*, *M. musicola* and *M. thailandica* from Banana Plantations in Southeastern Brazil”. *Agronomy* [en línea]. 2022, (Brasil), vol. 12(12). [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/agronomy12122952>
24. **OROZCO**, Mario, et al. “Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos”. *Tropical Plant Pathology* [en línea]. 2018, (Brasil), vol. 33(3). págs. 189-196. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en:
<https://www.scielo.br/j/tpp/a/sfk79TX5GLKJHfYH6ymrVTB/?format=pdf&lang=es>
25. **RODRÍGUEZ**. Estudio de la producción per-cápita de los residuos sólidos generados en cantón Zamora para la implementación de puntos de recolección de residuos segregados en el periodo 2021-2022. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. 2022. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en:
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8577>
26. **SÁNCHEZ**, Jorge. *Ralstonia Solanacearum* en el cultivo de plátano en el Ecuador. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Universidad Técnica de Babahoyo. 2021. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. págs. 1-14. Disponible en:
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10306>

27. **SÁNCHEZ**, Yasmín. Cuantificación por PCR en tiempo real de la biomasa de *Mycosphaerella fijiensis* en plantaciones de banano de Teapa, Tabasco. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 2012. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1882/1/PCB_M_Tesis_2012_Yasmin_Sanchez_Rodriguez.pdf
28. **SANTOS PONCE**, Luis Miguel y **ZAMBRANO ZAMBRANO**, Julissa Samantha. Efecto in vitro de fungicidas y biochar sobre *Sclerotium rolfsii*. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 2018. págs. 1-14. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1537/1/TTA21D.pdf>
29. **SERFI**. *Phyton* 27. [blog]. Ecuador, 2023. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://serfi.pe/producto/python-27/>
30. **SEYDOU**, Tuo, **DADE**, Amari y **FERNAND**, Kassi. “Alternative Strategy to the Chemical Control of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, Causative Agent of Banana Trees Black Sigatoka by the Use of Biopesticides”. *American Journal* [en línea]. 2023, (Costa de Marfil), vol. 10(3), págs. 106-117. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361368623_Alternative_Strategy_to_the_Chemical_Control_of_Mycosphaerella_fijiensis_Morelet_Causative_Agent_of_Banana_Trees_Black_Sigatoka_by_the_Use_of_Biopesticides/link/62ac6aa8e1193368baa4b56e/download?tp=yJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
31. **TERRERO YÉPEZ**, Pedro Isaías, et al. “Inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su relación con el rendimiento de plantas de Banano (*Musa AAA*) Cv. Williams”. *Revista ESPAM Ciencia* [en línea]. 2020, (Ecuador), vol. 11(2), págs. 80-87. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: https://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/230
32. **TERRERO**, Pedro, et al. “Inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su relación con el rendimiento de plantas de Banano (*Musa AAA*) Cv. Williams”. *Revista ESPAM Ciencia* [en línea]. 2020, (Ecuador), vol. 11(2), págs. 80-87. [Consulta: 14 febrero

2024].

Disponible

en:

https://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/230

33. **TORO**, Marco. La aplicación de técnicas alternativas limpias en el control de trips (*Frankliniella tuberosi*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* var. Super chola), en la Granja Victoria. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Técnica de Ambato. 2017. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25613>
34. **VALLE**, Roberto. Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de plátano (*Musa × paradisiaca* L.): Revisión de Literatura. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Grado). Universidad Zamorano. 2021. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/6def17f7-18a7-4fda-99b0-6f1c637d72fd>
35. **VELEZ**, Omar. Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano, métodos de control y manejo: Revisión de literatura. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Doctoral). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. 2021. págs. 1-14. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/caa6d1dc-7f3e-48c8-b85e-2e534deba196/content>
36. **ZÚÑIGA**, Paola., **CEDEÑO**, Ricardo. y **PALACIOS**, Israel. “Metodología de la investigación científica: guía práctica”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [en línea]. 2023.(Ecuador),vol. 7(4), págs. 9723-9762. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658>.

Cristian Tenelando S.



ANEXOS

ANEXO L: Tratamiento 2 bloque 3 planta 1.1



ANEXO M: Tratamiento 2 bloque 3 planta 1.4



ANEXO N: Tratamiento 2 bloque 3 planta 1.6



ANEXO O: Tratamiento 1 bloque 2 planta 6



ANEXO P: Tratamiento 1 bloque 2 planta 2



ANEXO Q: Tratamiento 1 bloque uno



ANEXO R: Tratamiento 1



ANEXO S: Tratamiento 3



ANEXO T: Parcela



ANEXO U: Deshoje en el tratamiento 1



ANEXO V: Eliminación de las partes infectadas por el hongo





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 08/ 08 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Alexis Rafael Lascano Lucero
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
 Ing. Rodrigo Ernesto Salazar López. Msc Director del Trabajo de Integración Curricular  Ing. Daniel David Espinoza Castillo. Msc Asesor del Trabajo de Integración Curricular