



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**COMPORTAMIENTO DE MUSÁCEAS A LA INFECCIÓN
NATURAL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*)
DURANTE SU PRIMER CICLO DE PRODUCCIÓN**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de
Ingeniero/a Agrónomo/a

AUTORES:

Edison Estuardo Zamora Bacilio
Ronald Fabián Sánchez Coello

TUTOR:

Kleber Augusto Espinosa Cunuhay

LA MANÁ – ECUADOR
AGOSTO – 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Zamora Bacilio Edison Estuardo, con cédula de ciudadanía No. 0504057464, Sánchez Coello Ronald Fabián, con cédula de ciudadanía No. 1206970731, declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: COMPORTAMIENTO DE MUSÁCEAS A LA INFECCIÓN NATURAL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella Fijiensis*) DURANTE SU PRIMER CICLO DE PRODUCCIÓN**, siendo el Ing. Klever Augusto Espinosa Cunuhay MSc. Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, agosto 06 del 2024



Edison Estuardo Zamora Bacilio

C.C: 0504057464



Ronald Fabián Sánchez Coello

C.C: 1206970731

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la calidad de tutor del proyecto de Investigación sobre el título:

COMPORTAMIENTO DE MUSÁCEAS A LA INFECCIÓN NATURAL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella Fijiensis*) DURANTE SU PRIMER CICLO DE PRODUCCIÓN, de Zamora Bacilio Edison Estuardo y Sánchez Coello Ronald Fabián de la carrera de Agronomía, considero que dicho informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 06 de agosto del 2024.



Kleyver Augusto Espinosa Cunuhay

C.C: 0502612740

TUTOR

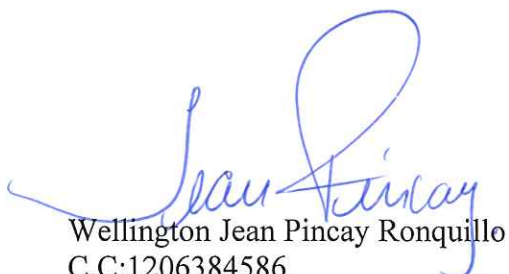
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

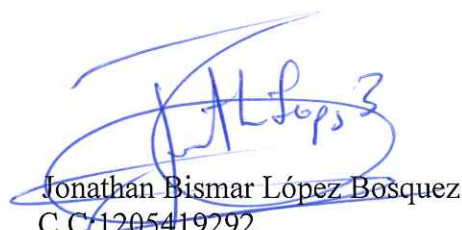
En calidad de tribunal de lectores, aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná; por cuanto, los postulantes: Zamora Bacilio Edison Estuardo y Sánchez Coello Ronald Fabián, con el título del proyecto de investigación: **COMPORTAMIENTO DE MUSÁCEAS A LA INFECCIÓN NATURAL DE SIGATOKA NEGRA** (*Mycosphaerella Fijiensis*) **DURANTE SU PRIMER CICLO DE PRODUCCIÓN**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acta de sustentación del trabajo de titulación.

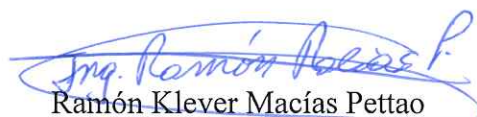
Por lo expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 15 de agosto del 2024.

Para constancia firmar:


Wellington Jean Pincay Ronquillo
C.C:1206384586
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Jonathan Bismar López Bosquez
C.C:1205419292
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ramón Klever Macías Pettao
C.C:0910743285
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, por habernos proporcionado los conocimientos esenciales para nuestra formación profesional.

Agradecemos a todos los docentes que nos han compartido sus enseñanzas y conocimientos a lo largo de nuestra formación académica y especialmente a nuestro tutor de tesis, por su invaluable guía y asesoramiento en la realización de este trabajo investigativo.

***Edison
Ronald***

DEDICATORIA

Quiero iniciar dedicando este trabajo a Dios, quien me acompaña en cada paso que doy, por sus innumerables bendiciones, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y por haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante todo mi período de estudio.

Edison

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al ofrecerme los medios necesarios para continuar mi formación como profesional.

A mis padres, quienes permanentemente me apoyaron con su espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos y al que brindarme con su ejemplo a ser perseverantes y darme la fuerza que me impulso a conseguirlo.

Esta tesis es un tributo a la colaboración, paciencia por tu amor incondicional y comprensión que me has brindado a lo largo de este viaje académico, Gracias por ser un pilar de fortaleza y un ejemplo para nuestros hijos.

Ronald

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: COMPORTAMIENTO DE MUSÁCEAS A LA INFECCIÓN NATURAL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella Fijiensis*) DURANTE SU PRIMER CICLO DE PRODUCCIÓN.

Autores:
Zamora Bacilio Edison Estuardo
Sánchez Coello Ronald Fabián

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” de la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, la presente investigación se centra en el comportamiento de cultivares de musáceas a la infección natural de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), durante su primer ciclo de producción en una colección de musáceas, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 10 plantas por variedad en estudio, conformando un total de 80 unidades experimentales. Se evaluaron variables morfológicas: Número de hojas funcionales a la floración, número de hojas funcionales a la cosecha, Área foliar funcional a la floración (m²), Área foliar funcional a la cosecha (m²), índice de infección de Sigatoka Negra, hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad, hoja más joven en presentar quema de la enfermedad, perímetro del pseudotallo (cm), diámetro del fruto, peso del racimo (kg), Número de manos por racimo. Los resultados revelan que la variedad Orito tiene un grado superior de resistencia a la infección de sigatoka negra, ya que presentó un menor grado de daño foliar en la hoja 3, 4, 5, según la escala de stover y en la variedad de Barraganete presenta una susceptibilidad ya que presentó un mayor grado de daño foliar en la hoja 3, 4, 5 dados a las condiciones climática propia de la zona de la parroquia Guasaganda.

Palabras claves: sigatoka negra, resistencia, variedades, susceptibilidad

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
EXTENSION LA MANÁ

**TITLE: BEHAVIOR OF BANANA CULTIVARS TO NATURAL INFECTION OF
BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*) DURING THEIR FIRST
PRODUCTION CYCLE**

Authors:
Zamora Bacilio Edison Estuardo
Sánchez Coello Ronald Fabián

ABSTRACT

The study was carried out at the "Sacha Wiwa" Experimental Center of the Guasaganda parish, La Maná canton, Cotopaxi province. The present investigation focuses on the behavior of musaceae cultivars to the natural infection of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*), during its first production cycle in a collection of musaceae, a randomized complete block design was used with 8 treatments and 10 plants per variety under study, making up a total of 80 experimental units. Morphological variables were evaluated: Number of functional leaves at flowering, number of functional leaves at harvest, Functional leaf area at flowering (m²), Functional leaf area at harvest (m²), Black Sigatoka infection index, youngest leaf to present disease streaks, youngest leaf to present disease burning, pseudostem perimeter (cm), fruit diameter, bunch weight (kg), Number of hands per bunch. The results reveal that the Orito variety has a higher degree of resistance to black Sigatoka infection, since it presented a lower degree of foliar damage on leaf 3, 4, 5, according to the Stotr scale and in the Barraganete variety it presents a susceptibility since it presented a higher degree of foliar damage on leaf 3, 4, 5 given the climatic conditions typical of the area of the Guasaganda parish.

Keywords: black sigatoka, resistance, varieties, susceptibility.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
<i>DEDICATORIA</i>	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	6
6.1. Objetivo General	6
6.2. Objetivos específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Importancia de la musáceas en el mundo	8
8.2. Importancia de las musáceas en Ecuador	9
8.3. Importancia de las musáceas a nivel local	10
8.4. Origen y Distribución de las musáceas	10

8.4.1.	Taxonomía del banano.....	11
8.4.2.	Taxonomía del plátano.....	11
8.5.	Cultivares de musáceas.....	12
8.5.1.	Banano	12
8.5.2.	Plátano	14
8.6.	Enfermedades	16
8.6.1.	Sigatoka negra.....	16
8.6.2.	Clasificación Taxonómica de Sigatoka.....	17
8.6.3.	Biología del patógeno	17
8.6.4.	Reproducción asexual conidio	18
8.6.5.	Reproducción sexual ascosporas	19
8.6.6.	Métodos de evaluación para identificar el grado de incidencia del hongo.....	19
8.6.7.	Síntomas de la Enfermedad	19
8.7.	Factores que influyen en el desarrollo de la sigatoka negra.....	20
8.8.	Manejo de la sigatoka negra	21
8.8.1.	Control cultural	21
8.8.2.	Control Químico	21
8.8.3.	Control Genético.....	22
8.9.	Impacto Económico de la sigatoka en la Industria Bananera.....	22
8.10.	Antecedentes	23
9.	HIPÓTESIS.....	25
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
10.1.	Ubicación de la Zona de Estudio	25
10.2.	Material vegetativo en estudio	25
10.3.	Materiales y Equipo	25
10.4.	Tipo de investigación.....	26
10.4.1.	Investigación Observacional	26

10.4.2.	Investigación Comparativa.....	26
10.4.3.	Investigación Descriptiva.....	26
10.5.	Diseño Experimental.....	26
10.6.	Análisis de varianza	27
10.6.1.	Esquema del experimento	27
10.7.	Variables a evaluadas de Sigatoka Negra	28
10.7.1.	Número de hojas funcionales a la floración.....	28
10.7.2.	Número de hojas funcionales a la cosecha.....	28
10.7.3.	Área foliar funcional a la floración (m ²).....	29
10.7.4.	Área foliar funcional a la cosecha (m ²).....	29
10.7.5.	Índice y promedio ponderado de infección de Sigatoka Negra.....	29
10.7.6.	Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad.....	30
10.7.7.	Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.....	30
10.7.8.	Perímetro del pseudotallo (cm).....	31
10.7.9.	Diámetro del fruto.....	31
10.7.10.	Peso del racimo (kg).....	31
10.7.11.	Número de manos por racimo.....	31
11.	RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	32
11.1.	Número de hojas funcionales a la floración.....	32
11.2.	Número de hojas funcionales a la cosecha	33
11.3.	Área foliar funcional a la floración (m ²).....	34
11.4.	Área foliar funcional a la cosecha (m ²).....	35
11.5.	Índice y promedio ponderado de infección de Sigatoka Negra	36
11.5.1.	Índice de infección	36
11.6.	Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad	39
11.6.1.	Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad.....	40
11.7.	Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.....	41

11.7.1. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.	42
11.8. Perímetro del Pseudotallo (cm).....	43
11.9. Diámetro del fruto.....	44
11.10. Peso del racimo (kg).	45
11.11. Número de manos por racimo.....	46
12. IMPACTOS.....	47
12.1. Ambiental.....	47
12.2. Social	47
12.3. Económico	47
13. CONCLUSIONES	48
14. RECOMENDACIONES	48
15. BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica del banano.	11
Tabla 3. Clasificación taxonómica del plátano.....	11
Tabla 4. Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra.....	17
Tabla 5. Materiales y equipos.....	25
Tabla 6. Esquema de análisis de varianza	27
Tabla 7. Tratamientos	27
Tabla 8. Número de hojas funcionales a la floración en banano y plátano	32
Tabla 9. Número de hojas funcionales a la cosecha en banano y plátano	33
Tabla 10. Área foliar a la floración en banano y plátano.....	34
Tabla 11. Área foliar a la cosecha en banano y plátano.	35
Tabla 12. Índice y promedio ponderado de infección de sigatoka negra en banano y plátano.....	36
Tabla 13. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad en banano y plátano.....	40
Tabla 14. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad en banano y plátano	42
Tabla 15. Perímetro del pseudotallo (cm) en banano y plátano	43
Tabla 16. Diámetro del fruto (cm) en banano y plátano.....	44
Tabla 17. Peso del racimo (kg) en banano y plátano.....	45
Tabla 18. Número de manos en banano y plátano.....	46

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto	Comportamiento de ocho cultivares de musáceas a la infección natural de sigatoka negra durante su primer ciclo de producción.
Fecha de inicio:	Abril del 2024
Fecha de finalización:	Agosto del 2024
Lugar de ejecución:	Centro experimental “Sacha Wiwa” localizada en la Parroquia Guasaganda, Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi.
Facultad que auspicia:	Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos naturales.
Carrera que auspicia:	Agronomía
Proyecto de Investigación:	Fomento productivo
Equipo de trabajo:	Ronald Fabián Sánchez Coello Edison Estuardo Zamora Bacilio
Tutor del proyecto:	Kleber Augusto Espinoza Cunuhay
Área de conocimiento:	Agricultura, silvicultura y pesca
Línea de investigación:	Producción Agrícola sostenible

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Sigatoka negra, provocada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es una de las mayores preocupaciones para los agricultores de banano y plátano debido a los graves daños que puede ocasionar y su notable capacidad de propagación a través de amplias zonas. En situaciones donde el control es inadecuado, esta enfermedad puede causar la maduración prematura de los frutos, ya sea en el campo (produciendo fruta cremosa) o durante su transporte a los mercados de destino, representando así uno de los riesgos más significativos para las plantaciones comerciales afectadas (Costa, 2018).

La Sigatoka negra, una enfermedad foliar que afecta a bananos y plátanos, es causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (anamorfo *Pseudocercospora fijiensis*). Reconocida como la enfermedad foliar más destructiva y de mayor impacto económico en estos cultivos, puede resultar en una reducción del rendimiento de hasta un 50% y en la maduración prematura de los frutos. Además, el manejo de esta enfermedad incrementa los costos de producción, aumentando el precio final del producto en un 25% en los mercados de Alemania y Estados Unidos (Ayora, 2020).

Es por eso por lo que la presente investigación tiene como propósito diagnosticar la resistencia de la infección natural sigatoka negra en cultivares de musáceas y evaluar la severidad de los síntomas de la enfermedad.

Este presente proyecto de investigación se llevará a cabo en el centro de investigaciones “Sacha Wiwa” de la parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, con un clima templado, teniendo como objetivo evaluar el comportamiento de los cultivares de banano y plátano a la infección natural de sigatoka negra, por lo cual se estableció un diseño evaluando variables como: Número de hojas funcionales a la floración, número de hojas funcionales a la cosecha, Área foliar funcional a la floración (m^2), Área foliar funcional a la cosecha (m^2), índice de infección de Sigatoka Negra, hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad, hoja más joven en presentar quema de la enfermedad, perímetro del pseudotallo (cm), diámetro del fruto, cosecha del racimo 11 o 12 semanas y peso del racimo (kg), Número de manos por racimo.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto de investigación realizado en Centro Experimental Sasha Wiwa, ubicado en el cantón Guasaganda, Provincia de Cotopaxi, se evaluará el comportamiento a la infección natural de sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*) en diferentes musáceas), El estudio se centrará en el comportamiento de diversas variedades de musáceas frente a la infección natural de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) durante su primer ciclo de producción. Este estudio tiene como objetivo evaluar la resistencia y susceptibilidad de diferentes cultivares de musáceas, analizando el impacto de esta enfermedad en términos de productividad y salud de las plantas. Los datos obtenidos proporcionarán información valiosa para la selección de cultivares más resistentes y la implementación de estrategias de manejo más efectiva.

El plátano y el banano son cultivos de gran importancia para la exportación, además de ser una de las principales fuentes de empleo y divisas en Ecuador. Estos frutos son muy apreciados en otros continentes debido a su sabor y alta calidad. Sin embargo, varios factores afectan la producción de banano, entre ellos la sigatoka negra, una enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* que ataca severamente el tejido foliar de las plantas. Esto resulta en pérdidas significativas y un aumento en los costos de producción debido a las medidas necesarias para combatirla dicho hongo (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2019).

El análisis del comportamiento de diversos cultivares de musáceas frente a la infección natural de la Sigatoka Negra es esencial para desarrollar estrategias de manejo y control efectivas contra esta enfermedad. Conocer la respuesta de estos cultivares a la infección durante su primer ciclo de producción puede proporcionar información valiosa sobre su susceptibilidad o resistencia natural, lo que permite seleccionar aquellos más resistentes según (Espinoza, 2021). Identificar cultivares que demuestren resistencia o tolerancia a la Sigatoka Negra puede ayudar a disminuir la dependencia de los productores en el uso de fungicidas, reduciendo así los costos de producción y minimizando el impacto ambiental asociado a su aplicación.

En este estudio, se pretende evaluar y comparar cómo ocho cultivares de musáceas se comportan frente a la infección natural de Sigatoka Negra durante su primer ciclo de producción. Los resultados obtenidos serán fundamentales para seleccionar los cultivares más

resistentes a esta enfermedad, lo que beneficiará la sostenibilidad y competitividad de la producción de plátano y banano a nivel local y global (Pinto, 2019).

Dado el impacto significativo de la Sigatoka Negra en la producción de musáceas, es crucial investigar el comportamiento de diferentes cultivares frente a esta enfermedad. Este estudio busca identificar cultivares de banano y plátano que muestren una mayor resistencia a la Sigatoka Negra, proporcionando información valiosa para los productores y contribuyendo a la sostenibilidad y competitividad de la producción de musáceas en Ecuador. Además, esta investigación permitirá observar la infección y resistencia a la Sigatoka Negra en las especies de mayor consumo e importancia para los países en desarrollo dedicados a la actividad agrícola. La identificación de cultivares con mayor resistencia o tolerancia a la enfermedad podría contribuir al desarrollo de estrategias de manejo más efectivas y sostenibles.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son los productores de musáceas, el Centro experimental “Sacha Wiwa” localizada en la Parroquia Guasaganda, Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi, la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Mana.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería agronómica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión “La Maná” serán beneficiarios indirectos de esta investigación, ya que podrán conocer la respuesta del Comportamiento de las musáceas a la infección natural de sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*).

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La Sigatoka Negra se manifiesta inicialmente con pequeñas manchas negras en las hojas, que progresan a lesiones necróticas, disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta y, en consecuencia, reduciendo su vigor y productividad. En etapas avanzadas, la enfermedad puede provocar la defoliación completa de las plantas, afectando directamente el desarrollo de los racimos y disminuyendo el peso y la calidad de los frutos. A nivel mundial, se estima que la Sigatoka Negra causa pérdidas de cientos de millones de dólares cada año. Por ejemplo, en América Latina y el Caribe, las pérdidas anuales debido a esta enfermedad pueden superar los \$400 millones. (Yagual, 2009).

Estudios recientes han documentado niveles alarmantes de incidencia y severidad de la Sigatoka Negra en diversas regiones productoras de banano. En Ecuador, por ejemplo, se han reportado incidencias superiores al 80% en plantaciones no tratadas, lo que ha llevado a pérdidas económicas significativas para los productores. La alta humedad y las temperaturas cálidas de las regiones tropicales favorecen la proliferación del hongo, dificultando su control mediante métodos convencionales. El impacto económico de la Sigatoka Negra es considerable, ya que los productores deben invertir grandes sumas de dinero en fungicidas y prácticas de manejo para controlar la enfermedad. Se estima que los costos de manejo pueden representar hasta el 30% de los costos totales de producción en algunas regiones (Churchill, 2011). Además, la reducción en la calidad de los frutos afecta negativamente su comercialización, tanto en mercados locales como internacionales.

En la actualidad de sigatoka en Ecuador es cada vez más agresiva y año tras año se incrementan las aplicaciones anuales, por el mal uso de fungicidas para el control de Sigatoka negra, haciendo un control preventivo de la enfermedad; aplicando los fungicidas sistémicos antes de que comiencen las lluvias, se logra que funcionen con todo su potencial biológico; situación que no ocurre cuando se espera primero que aparezcan síntomas severos con lesiones en las hojas y recién allí se decide a aplicarlos. El costo de los ciclos de aplicación fluctúa entre \$430-\$800 en Los Ríos, de \$400-\$600 en Guayas y de \$500-\$600 en El Oro. Esta inversión está destinada en banano para la exportación, en América y medio Oriente mientras que en plátano y orito no hay exigencia de un control en los programas fitosanitarios en sigatoka ya que esta enfermedad está presente pero no afecta a la producción (Iniap, 2019).

Unos de los problemas asociados del control de la Sigatoka Negra a través del uso intensivo de fungicidas plantea problemas adicionales, como el desarrollo de resistencia del patógeno a los productos químicos y el impacto ambiental negativo asociado con el uso excesivo de agroquímicos (Marin, 2003) Estos factores resaltan la necesidad de explorar alternativas más sostenibles y eficaces para el manejo de la enfermedad.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de cultivares de musáceas a la infección natural de sigatoka negra durante su primer ciclo de producción.

6.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar las variables relacionados con la infección de Sigatoka Negra utilizando la escala de Stover
- ✓ Comparar el comportamiento de los cultivares de las musáceas a la infección natural de sigatoka negra
- ✓ Evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad en los cultivares de musáceas durante su primer ciclo productivo.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.

Objetivo	Actividades	Resultados	Medios de verificación
Analizar las variables relacionadas con la infección de Sigatoka Negra utilizando la escala de Stover.	Conteo y registro de variables del número de hoja a la floración y a la cosecha, observación y registró de infección en la hoja más joven y en las hojas más viejas de cada cultivar.	*Número de hojas funcionales y Área foliar a la floración. *Número de hojas funcionales y Área foliar a la cosecha. * Índice y promedio ponderado de infección de sigatoka negra a la floración y cosecha *Hojas más joven en presentar estría de la enfermedad *Hoja más Joven en presentar quema de la enfermedad	Registro de datos en centímetros y registro en la escala del stover Libreta de registros Archivo de Excel. Fotografías de las trampas y picudos atrapados
Comparar el comportamiento de los cultivares de las musáceas a la infección natural de sigatoka negra.	Medición de , diámetro de tallo, y otras variables morfológicas con a la ayuda de una cinta métrica .	*Diámetro de tallo (cm) *Diámetro de fruto (cm)	Registros de datos de las variables estudiadas Excel Fotografías
Evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad en los cultivares de musáceas durante su primer ciclo productivo.	Evaluación periódica de la incidencia y severidad de Sigatoka Negra.	*Cosecha del racimo y peso de las musáceas (kg) *Número de manos por racimo	Libreta de campo, análisis de datos *Fotografía Archivo en Excel

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Importancia de la musáceas en el mundo

El cultivo de banano y plátano es esencial en todas las regiones tropicales, teniendo un papel fundamental en las economías de Numerosos países en desarrollo. A nivel mundial, el banano se sitúa como el cuarto cultivo alimentario más valioso en términos de producción bruta, precedido solo por el arroz, el trigo y el maíz. Este fruto no solo es un alimento básico, sino también un producto de exportación clave. Como alimento esencial, los bananos, que incluyen plátanos y otros tipos de bananos para cocinar, son vitales para la seguridad alimentaria de millones de personas en muchas partes del mundo en desarrollo. Además, su comercialización en mercados locales genera ingresos y empleo en las zonas rurales. En su faceta de producto de exportación, el banano es crucial para las economías de Numerosos países con bajos ingresos y déficit alimentario, entre los cuales se encuentran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún y Filipinas. En total, 130 países contribuyen a la producción mundial de musáceas, siendo América Latina y el Caribe los mayores productores. El 75% de la producción de banano se concentra en diez países, con India, Ecuador, Brasil y China aportando el 50% de este total (Pantoja, 2020).

La mayoría de la producción global de plátano se destina al consumo interno de los países productores, siendo solo una pequeña fracción comercializada en los mercados internacionales. Los plátanos y otras variedades para cocción se cultivan principalmente en el trópico húmedo, con una mayor concentración en África, América Latina y el Caribe. Estos cultivos son una fuente crucial de carbohidratos y juegan un papel importante en la seguridad alimentaria de millones de personas. Los hábitos de consumo de plátanos varían significativamente entre países, según las costumbres alimenticias locales. Los sistemas de producción suelen ser tradicionales y a menudo se combinan con otros cultivos agrícolas, como el café, coco, ñame, entre otros (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, 2007).

Las musáceas tiene gran importancia económica tanto en producción y comercio internacional que se representan uno de los cultivos más producidos y comercializados globalmente. En 2020, la producción mundial de banano alcanzó aproximadamente 116 millones de toneladas, siendo una de las frutas más importantes en términos de volumen de producción y exportación El comercio de banano genera ingresos significativos para muchos países tropicales y subtropicales, contribuyendo al PIB y proporcionando empleo a millones de personas en países

en desarrollo. Por ejemplo, Ecuador, el mayor exportador de banano del mundo, exportó alrededor de 6.8 millones de toneladas en 2020, generando ingresos por encima de los 3,500 millones de dólares (Paredes, 2021).

Las Musáceas en seguridad alimentaria y nutrición son una fuente clave de nutrición para millones de personas, especialmente en regiones de África, América Latina y Asia. Son ricos en carbohidratos, fibra, vitaminas (como la vitamina C y B6) y minerales (como el potasio y el magnesio). En muchas comunidades rurales, el plátano y el banano no solo son alimentos básicos, sino también una fuente de ingresos y seguridad alimentaria, ayudando a reducir la pobreza y la malnutrición (Calle, 2021).

8.2. Importancia de las musáceas en Ecuador

Ecuador se destaca como el principal exportador de banano a nivel mundial y ocupa el tercer lugar en producción de esta fruta. El país cuenta con ventajas comparativas significativas para la producción de banano, principalmente debido a sus condiciones climáticas favorables que permiten un cultivo de alta calidad. Según las estadísticas de producción de frutas, el banano ocupa el segundo lugar en importancia económica en Ecuador. Esta fruta tiene una gran demanda y consumo en mercados como Argentina y Estados Unidos. La exportación de banano representa el 2% del PIB total del país y aproximadamente el 35% del PIB agrícola (Manriquez, 2018).

El banano es uno de los principales productos de exportación de Ecuador y un importante generador de empleo y divisas. Por esta razón, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ha decidido fortalecer este sector productivo. Según (Castillo, 2021), los productores de banano se concentran principalmente en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos, las cuales albergan al 41%, 34% y 16% de los productores, respectivamente. La provincia de El Oro es la que tiene la mayor proporción de pequeños productores de banano, aproximadamente el 42%, mientras que los grandes productores se encuentran mayormente en las provincias de Guayas y Los Ríos.

El banano pertenece al reino Plantae, al orden Zingiberales, a la familia Musaceae y al género Musa. Las especies *M. acuminata* y *M. balbisiana*, de la serie Eumusa, se cruzaron para originar el híbrido Musa AAA. Este grupo incluye tres clones: Gros Michel, Cavendish y Green Red (Fernandez, 2012).

El cultivo de plátano es un pilar importante para la socioeconomía y la seguridad alimentaria del país. Desde el punto de vista socioeconómico, el plátano proporciona empleo estable y temporal, además de ser una fuente constante de alimentos ricos en energía para la mayoría de la población rural. La principal zona de producción de plátano es el llamado "triángulo platanero", que abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos, con 52,612, 14,249 y 13,376 hectáreas, respectivamente. Las principales variedades cultivadas en estas zonas son el "Dominico", destinado principalmente para el consumo local, y el "Barraganete", que se exporta en su mayoría. Se estima que anualmente se exportan alrededor de 90,000 toneladas métricas de este último cultivar (Cedeño, 2019).

8.3. Importancia de las musáceas a nivel local

La producción de pequeños productores de banano en la ciudad de La Maná, en la provincia de Cotopaxi, es muy importante, ya que el banano es valorado tanto en los mercados nacionales como internacionales. Gracias a su sabor agradable y sus propiedades nutricionales, la aceptación del banano ha aumentado, lo que ha incrementado su oferta. Actualmente, muchas familias dependen de los ingresos generados por este sector agrícola, especialmente en el ámbito de la exportación, ya que existen Numerosas empresas intermediarias que se benefician, especialmente durante las épocas de mayor demanda del producto. Sin embargo, presenta una crisis económica que afecta al sector agropecuario y al país, lo que ha provocado que los precios del banano sean bajos (Pallo *et al.* 2024).

En la Maná, donde se estima que existen alrededor de 8,000 hectáreas de baby banano, cuya superficie ha aumentado gracias al mejor rendimiento y conocimiento del mercado en los últimos años. Se reconoce que este cultivo surgió gracias a pequeños productores con recursos económicos, mano de obra y tecnología limitados para el establecimiento y venta del producto, y con sistemas de comercialización restringidos (Ortega, 2020).

8.4. Origen y Distribución de las musáceas

Se cree que las musáceas tienen su origen en el sureste asiático. Se piensa que el genoma Balbisiana se originó en la costa este de la India, mientras que el genoma Acuminata se originó en la costa este de lo que ahora es Malasia, Tailandia y Myanmar. La distribución en América comenzó en la República Dominicana, extendiéndose luego a Panamá y, posteriormente, a Colombia, Ecuador y otros países de Sudamérica (Saenz, 2010).

8.4.1. Taxonomía del banano

El banano pertenece al género *Musa*, que forma parte de la familia Musaceae. La especie más comúnmente cultivada es *Musa acuminata*, aunque también existen otras especies y híbridos utilizados para la producción de banano. En términos de taxonomía, el banano se clasifica de la siguiente manera, como se muestra en la tabla 2 donde se encuentra la clasificación taxonómica del banano.

Tabla 2. Clasificación taxonómica del banano.

División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Zingiberidae
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	<i>Musa acuminata</i> (Díaz, 2015).

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

8.4.2. Taxonomía del plátano

El plátano también pertenece al género *Musa* y a la familia Musaceae, al igual que el banano. La especie comúnmente cultivada de plátano es *Musa paradisiaca*. La taxonomía del plátano es similar a la del banano y se clasifica de la siguiente manera como se muestra en la tabla 3 donde se encuentra la clasificación taxonómica del plátano (Medina 2009).

Tabla 3. Clasificación taxonómica del plátano

División:	Magnoliophyta (Plantas con flores)
Clase:	Liliopsida (Monocotiledóneas)
Subclase:	Zingiberidae
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	<i>Musa paradisiaca</i> (Díaz, 2015).

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

Fuente: (Moreno, 2022)

8.5. Cultivares de musáceas

8.5.1. Banano

8.5.1.1. Valery

Es una variante de Robusta que muestra una mayor resistencia a la Sigatoka, aunque su fruto es menos firme y tiene una textura ligeramente cerosa. El plátano Cavendish Valery posee un pseudotallo verde con manchas oscuras, alcanzando una altura promedio de 2,10 metros y un diámetro basal de 20 cm. El racimo, en su madurez comercial, contiene alrededor de 170 dedos, cada uno con un peso promedio de 180 gramos. Cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica, es de color verde amarillento, más corto que el de la variedad "seda" y con un ápice romo. En un corte transversal, se pueden observar dos filas de óvulos en cada uno de los tres lóbulos (Boletines Exportamos S.A, 2018).

Al igual que otros cultivares del subgrupo Cavendish, 'Valery' es susceptible a la Sigatoka Negra. La enfermedad se manifiesta inicialmente como pequeñas manchas en las hojas que progresan a lesiones necróticas más grandes, reduciendo la capacidad fotosintética de la planta y afectando el crecimiento y la producción de frutos. Estudios han demostrado que la Sigatoka Negra puede reducir el rendimiento de las plantas infectadas hasta en un 50%, dependiendo de la severidad de la infección y las condiciones de manejo del cultivo, la susceptibilidad de 'Valery' a la Sigatoka Negra tiene implicaciones económicas significativas, ya que la enfermedad puede aumentar los costos de producción debido al gasto en fungicidas y la necesidad de prácticas de manejo más intensivas. (Puelles, 2020).

8.5.1.2. Morado

Este plátano es un triploide (AAB) cuyos frutos se asemejan a los de Barraganete, pero la configuración de su racimo recuerda al del Dominico. Genéticamente, es bastante inestable, ya que en la segunda o tercera generación muchos de estos plátanos se transforman en Dominico o Barraganete. Presenta una doble hilera de frutos hasta la quinta mano, después de lo cual solo se observa una hilera de frutos. Se distingue por ser un fruto grande y robusto, con una cáscara gruesa. Su cultivo se realiza en climas cálidos, desde el nivel del mar hasta los 1.000 metros de altitud. El racimo consta de cinco gajas y entre 25 y 30 frutos de gran tamaño. Desde la siembra hasta la cosecha, la planta tarda entre 11 y 14 meses, dependiendo de la altitud. El cultivo de plátano ha sido tradicionalmente un sector económico fundamental para la economía campesina, producido principalmente por pequeños agricultores, y posee una gran importancia

socioeconómica tanto en términos de seguridad alimentaria como de generación de empleo (Zambrano, 2019).

Esta variedad en relación con sigatoka negra es moderadamente susceptible. Requiere manejo cuidadoso y aplicaciones regulares de fungicidas para controlar la enfermedad.

8.5.1.3. Orito

Esta fruta es pequeña y tiene extremos redondeados, adquiriendo un color amarillo limón cuando madura. Es un diploide (AA) que, aunque no es muy robusto, puede alcanzar más de 4 metros de altura. Su pulpa es amarilla, suave, pastosa, muy dulce y con un aroma intenso. La planta de orito resiste bien la acción del viento gracias a su eficiente sistema radicular. Los racimos son pequeños, pero contienen un gran número de dedos cortos, gruesos y rectos, y presentan un mayor contenido vitamínico en comparación con otros cultivares Bustamante (2019).

Un racimo puede tener entre 6 y 11 manos, con un total de 107 a 286 dedos. El peso de un racimo varía entre 26 y 41 libras. La fruta es pequeña y tiene extremos redondeados, y al madurar toma un color amarillo limón. La pulpa es ligeramente amarilla, suave, pastosa, dulce y muy aromática cuando madura. El ciclo desde la siembra hasta la cosecha varía entre 8.4 y 9.7 meses (El Productor, 2018).

El banano orito en relación con sigatoka negra es generalmente, los bananos pequeños como el orito tienen menor susceptibilidad a la sigatoka negra comparado con otros cultivares más grandes (Navarro, 2021).

8.5.1.4. Williams

Es un triploide (AAA) que destaca por su alta producción y la calidad de su fruto. Este cultivar es una planta semi-enana con un pseudotallo vigoroso y un amplio sistema radicular, lo que le proporciona mayor resistencia al volcamiento por el viento. Tiene una notable adaptabilidad a condiciones extremas de clima, suelo y agua. Sin embargo, su mayor desventaja es su alta susceptibilidad a los nematodos y a la Sigatoka negra.

El pseudotallo es grueso y alcanza una altura de 3.0 metros, con hojas de longitud media y pecíolos ligeramente largos. La relación larga/ancho de la lámina de la hoja varía entre 2.50 y

2.70. El peso del racimo es similar al de Gran Naine. El ciclo de cultivo dura entre 8 y 18 meses, aunque en los trópicos puede ser de solo 7 meses (Baridon, 2017).

8.5.1.5. Gros Michel

Este plátano es un triploide (AAA) que se caracteriza por ser una variedad grande y robusta. Su pseudotallo puede alcanzar una longitud de 6 a 8 metros, con una coloración verde claro que presenta tonos rosados en algunas áreas. El peciolo en la base tiene manchas de color marrón oscuro. Los limbos son de un verde definido, midiendo 4 metros de largo por 1 metro de ancho. Los racimos cuelgan verticalmente, son alargados y tienen una forma cilíndrica con un promedio de 10 a 14 manos.

Los frutos de la fila interna se presentan erectos debido a que su curvatura se encuentra en el pedúnculo y en la parte basal del fruto. El ápice tiene forma de cuello de botella, y el pedúnculo es corto y robusto. La maduración es regular y homogénea, ofreciendo un sabor delicioso y una textura delicada, lo que le ha ganado los nombres de "GUINEO DE SEDA" o "PLÁTANO DE SEDA". Sin embargo, es muy susceptible a la enfermedad conocida como "MAL DE PANAMÁ" (*Fusarium oxysporum cubense*).

El banano Michel se distingue por ser más grande que otras variedades de plátanos, con una forma alargada y más robusta en comparación con las variedades más comunes en el mercado actual (El Productor, 2018).

8.5.2. Plátano

8.5.2.1. Hartón

Este plátano es un triploide (AAB) cuyos frutos se asemejan a los de Barraganete, pero la configuración de su racimo recuerda al del Dominico. Genéticamente, es bastante inestable, ya que en la segunda o tercera generación muchos de estos plátanos se transforman en Dominico o Barraganete. Presenta una doble hilera de frutos hasta la quinta mano, después de lo cual solo se observa una hilera de frutos. Se distingue por ser un fruto grande y robusto, con una cáscara gruesa. Su cultivo se realiza en climas cálidos, desde el nivel del mar hasta los 1.000 metros de altitud. El racimo consta de cinco gajas y entre 25 y 30 frutos de gran tamaño. Desde la siembra hasta la cosecha, la planta tarda entre 11 y 14 meses, dependiendo de la altitud. El cultivo de plátano ha sido tradicionalmente un sector económico fundamental para la economía

campesina, producido principalmente por pequeños agricultores, y posee una gran importancia socioeconómica tanto en términos de seguridad alimentaria como de generación de empleo (Zambrano, 2019).

Esta variedad en relación con sigatoka negra es moderadamente susceptible. Requiere manejo cuidadoso y aplicaciones regulares de fungicidas para controlar la enfermedad.

8.5.2.2. Filipino

Este banano es un triploide (AAA) que reemplazó al Gros Michel debido a su resistencia al mal de Panamá, aunque es muy susceptible a volcarse por el viento debido a su gran altura. Los frutos son grandes y tienden a ser más curvos que otros del grupo Cavendish. Los frutos de la hilera interna de la primera mano son rectos, con un ápice redondeado y pedicelos cortos, y presentan un color amarillo verdoso al madurar. La maduración es lenta y su pulpa es dulce (Medina, 2009).

Piel: La piel del banano filipino es gruesa y resistente, lo que la hace adecuada para soportar el proceso de cocción y manipulación en diversas preparaciones culinarias. Su tonalidad puede variar desde verde hasta amarillo, dependiendo del grado de madurez del fruto.

Pulpa: La pulpa del banano filipino es firme y de textura densa, con un contenido de almidón más alto en comparación con otras variedades de plátanos. Esto le da una consistencia más sólida, incluso después de ser cocida o procesada.

Sabor: Los bananos filipinos tienen un sabor dulce y suave, aunque menos dulce que algunas otras variedades de plátanos. Esta característica los hace aptos tanto para preparaciones dulces como saladas en la cocina filipina.

Versatilidad culinaria: Debido a su firmeza y consistencia, los bananos filipinos son ideales para cocinar y se utilizan en una amplia variedad de platos filipinos. Se pueden freír, cocer, asar o utilizar en platos dulces como postres, bebidas y aperitivos.

Valor nutricional: Al igual que otras variedades de plátanos, los bananos filipinos son una buena fuente de carbohidratos, fibra, potasio y varias vitaminas y minerales esenciales para la salud (Productores de Banano Filipino, 2018).

8.5.2.3. Barraganete

Este plátano es un triploide (AAB) y, en general, su pseudotallo es más alto que el del Dominico. Su color es verde claro, sin las tonalidades rojizas en los bordes de las vainas foliares. El racimo tiene menos manos y frutos en comparación con el Dominico, con solo la primera mano presentando una doble hilera de frutos. Produce menos hijos que el clon Dominico.

Es la variedad más popular en el mercado industrial y de exportación, constituyendo la base productiva de las plantaciones comerciales destinadas a la exportación. Es una variedad muy robusta y tolerante a los ataques de plagas y enfermedades, y tiene una gran adaptabilidad a diversos tipos de suelos, desde suelos francos hasta suelos pesados. No se destaca por su productividad, ya que sus racimos suelen ser pobres, con frecuencia no superando los treinta dedos, y presenta un alto índice de descarte debido al calibre, peso y longitud de los mismos (Cobos, 2014). En Relación con sigatoka negra es susceptible a la Sigatoka Negra, lo que requiere prácticas de manejo integrado de plagas para minimizar el impacto.

8.6. Enfermedades

8.6.1. Sigatoka negra

La Sigatoka Negra es considerada la enfermedad foliar más devastadora y económicamente perjudicial para los cultivos de banano y plátano, pudiendo ocasionar pérdidas de hasta un 50% en el rendimiento. Sin medidas de control, puede reducir el peso del racimo hasta en un 50% y provocar la pérdida total de la producción debido al deterioro en la calidad (Jacome, 2017).

El nombre de la enfermedad proviene del Valle de Sigatoka en las Islas Fiji, donde fue identificada por primera vez en 1912. En las siguientes cuatro décadas, la enfermedad se propagó a todos los países productores de banano. La Sigatoka Negra es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* y afecta principalmente a la capacidad de fotosíntesis de las hojas, debilitando las plantas y disminuyendo la calidad y cantidad de los racimos de frutas.

La enfermedad se transmite principalmente a través de esporas transportadas por el viento y el agua, y encuentra condiciones ideales para su desarrollo en climas cálidos y húmedos, siendo más común en regiones tropicales y subtropicales. Los síntomas incluyen manchas necróticas en las hojas que se expanden y se unen, formando una apariencia de "quemadura" en las hojas,

lo que afecta la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis y puede disminuir el rendimiento si no se controla adecuadamente.

El manejo de la Sigatoka Negra implica el uso de fungicidas, prácticas culturales como la eliminación de hojas enfermas, el uso de variedades resistentes y el control ambiental para reducir la humedad y la temperatura, dificultando así el desarrollo del hongo. Un enfoque integrado es fundamental para reducir el impacto de la enfermedad y proteger las plantaciones de banano y plátano.

8.6.2. Clasificación Taxonómica de Sigatoka

El patógeno *M. fijiensis* tiene la siguiente clasificación.

En la tabla 4 se encuentra la clasificación taxonómica de la sigatoka negra.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra

Reino: Fungo
Clase: Loculoascomycetes
Filo: Ascomycota
Orden: Dothideales
Familia: Mycphaerellaceae
Género: Mycosphaerella
Especie: <i>Mycosphaerella fijiensis</i>

Fuente: (croplifela.org, 2019)

8.6.3. Biología del patógeno

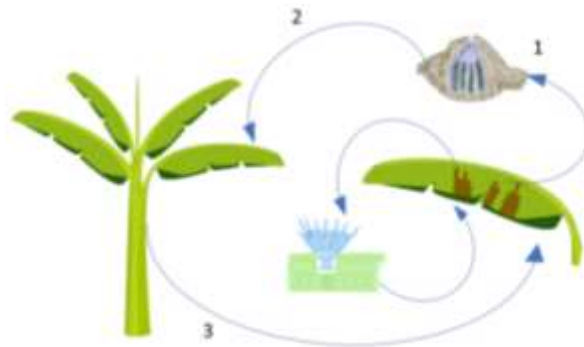
Mycosphaerella fijiensis es un hongo ascomiceto que se reproduce tanto de forma asexual como sexual. En la reproducción asexual, se forman esporas llamadas conidios, que son estructuras infectivas. Estas esporas se generan en conidióforos a partir de las hifas del hongo. Por otro lado, en la reproducción sexual se forman estructuras como espermagonios, peritecios y ascosporas. Los espermagonios producen gametos masculinos, llamados espermatias, que fertilizan los cuerpos fructíferos del hongo (pseudotecios), que a su vez producen ascosporas, las estructuras infectivas de la fase sexual (Molina & Nuñez, 2017).

El ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* involucra varias etapas que ocurren principalmente en las hojas de las plantas de banano y plátano. Comienza con la infección, donde las esporas

del hongo aterrizan en la hoja y germinan bajo condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Luego, los conidios germinan y forman estructuras de penetración que les permiten ingresar a los tejidos de la hoja. Una vez dentro, el hongo se desarrolla y forma lesiones visibles en la superficie de la hoja. Estas lesiones producen conidios secundarios, que se liberan al ambiente y son transportados por el viento y el agua, diseminando la enfermedad a otras hojas o plantas cercanas.

El ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* está adaptado para sobrevivir y propagarse en ambientes tropicales y subtropicales, donde las condiciones son favorables para su desarrollo. El control de la Sigatoka Negra generalmente implica el uso de fungicidas, prácticas culturales y agronómicas, y la selección de variedades resistentes para reducir la incidencia y gravedad de la enfermedad (Cerdas, 2018).

Imagen 1. Biología del patógeno



Fuente: (croplifela.org, 2019)

8.6.4. Reproducción asexual conidio

La reproducción asexual de *Mycosphaerella fijiensis* se lleva a cabo principalmente a través de la producción de conidios, que son esporas asexuales. Estos conidios se forman en estructuras llamadas conidióforos y son liberados en grandes cantidades. Los conidios son dispersados por el viento, la lluvia y las salpicaduras de agua, lo que facilita la infección de nuevas hojas y plantas. Una vez que los conidios aterrizan en una hoja susceptible, germinan y penetran el tejido foliar, iniciando una nueva infección. La reproducción asexual permite un ciclo de vida rápido, lo que resulta en la rápida propagación de la enfermedad en condiciones favorables (Jaramillo, 2020).

8.6.5. Reproducción sexual ascosporas

La reproducción sexual de *Mycosphaerella fijiensis* implica la producción de ascosporas. Estas se forman en estructuras especializadas llamadas ascos, que se encuentran dentro de cuerpos fructíferos conocidos como pseudotecios. Durante la reproducción sexual, ocurre la meiosis, lo que resulta en una mayor variabilidad genética entre las ascosporas. Esto puede llevar a la aparición de nuevas variantes del hongo, algunas de las cuales pueden tener diferentes niveles de virulencia o resistencia a fungicidas. Al igual que los conidios, las ascosporas son liberadas y dispersadas por el viento y la lluvia. Cuando aterrizan en un huésped susceptible, germinan e inician el proceso de infección (Montoya, 2022).

8.6.6. Métodos de evaluación para identificar el grado de incidencia del hongo

8.6.6.1. Método de Preaviso Biológico

Este método se centra en el componente biológico, específicamente en el estado de evolución o la velocidad de desarrollo de la enfermedad. Consiste en detectar de manera temprana los síntomas en tres de las hojas más jóvenes de la planta. Al utilizar fungicidas sistémicos y curativos que son efectivos en las primeras etapas de la enfermedad, se puede frenar su desarrollo posterior. Para aplicar este método, es crucial reconocer con precisión los síntomas de la enfermedad y realizar evaluaciones periódicas semanalmente (Burgos, 2019).

8.6.6.2. Método de Stover

Este método se basa en determinar el índice de severidad de la enfermedad en una plantación, observando la hoja más joven que muestra síntomas. Se realizan evaluaciones semanales de la quemazón foliar en cada planta seleccionada (Burgos, 2019).

8.6.7. Síntomas de la Enfermedad

Los síntomas de la Sigatoka Negra se manifiestan en varios estadios, que van desde pequeñas decoloraciones hasta la formación de manchas más grandes y visibles. Aquí se describe los estadios de la enfermedad:

- Estadio 1: Pequeña decoloración de alrededor de 1 mm de longitud, de color amarillento, visible solo en el envés de la hoja.

- Estadio 2: Se observa una pequeña raya de color café en el envés de la hoja, mientras que en el haz se ve como una raya que cambia progresivamente de color café a negro.
- Estadio 3: Las estrías aumentan de tamaño y se observa la formación de conidióforos, que son responsables de la producción de conidios, la fase asexual del hongo.
- Estadio 4: Aparición de manchas ovaladas de color café en el envés de la hoja y negro en el haz.
- Estadio 5: La mancha elíptica se vuelve totalmente negra y se extiende en el haz de la hoja. Esta mancha presenta un halo amarillo a su alrededor y su centro comienza a deprimirse.
- Estadio 6: Si la enfermedad progresa hasta este estadio, el centro de la mancha se seca y se vuelve blanco-grisáceo. En este punto, se pueden observar claramente los peritecios o necrosis en la hoja.

Estos estadios representan la evolución de la enfermedad en las hojas de las plantas de plátano y banano, y son importantes para identificar y controlar la Sigatoka Negra en los cultivos (Rodas, 2021).

8.7. Factores que influyen en el desarrollo de la sigatoka negra

El desarrollo de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en musáceas está influenciado por una variedad de factores que pueden agruparse en categorías como condiciones ambientales, prácticas de manejo agronómico, y características de la planta huésped.

La Sigatoka Negra se desarrolla de manera óptima en temperaturas cálidas, típicamente entre 24°C y 28°C. Temperaturas por debajo de 20°C y por encima de 30°C pueden reducir la tasa de infección y el desarrollo del hongo. La alta humedad es esencial para la germinación de las esporas y la infección inicial. Una humedad relativa superior al 90% favorece la enfermedad, especialmente cuando hay periodos prolongados de humedad en el follaje. Lluvias frecuentes y abundantes proporcionan las condiciones ideales para la dispersión de las esporas y la infección de nuevas hojas. Las hojas mojadas por largos periodos aumentan la susceptibilidad a la infección. La radiación solar directa puede reducir la viabilidad de las esporas en la superficie de las hojas. Sin embargo, en áreas con alta nubosidad, la protección solar es menor, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad (Ramirez, 2017).

La lluvia juega un papel crucial en la liberación del inóculo. La precipitación crea condiciones de humedad favorables para el desarrollo de la infección, lo que permite identificar períodos de baja y alta incidencia. Debido a su ubicación y la forma en que están insertados en el conidióforo, los conidios se liberan fácilmente con el viento, pudiendo viajar largas distancias a través del aire (Ramirez, 2017).

8.8. Manejo de la sigatoka negra

El control de la sigatoka negra ha dependido tradicionalmente del uso de productos químicos y prácticas culturales. Aunque los productos químicos son efectivos para combatir la enfermedad, sus impactos ambientales y la resistencia que las poblaciones de patógenos pueden desarrollar ante ciertos fungicidas sistémicos ampliamente utilizados representan desafíos significativos. Para abordar estos desafíos, el manejo integrado de la enfermedad considera una variedad de enfoques de control, aprovechando el conocimiento sobre la planta de banano o plátano, incluyendo su susceptibilidad a la enfermedad, fenología, interacción con el patógeno, órganos afectados y edad de las plantas. Además, se tienen en cuenta aspectos del patógeno como la especie de hongo, tipo de reproducción, estructura genética, diseminación, fuente de inóculo, sobrevivencia, período de incubación y ciclo de la enfermedad, así como factores climáticos como la precipitación, temperatura, rocío, radiación solar, nubosidad y humedad relativa (Vera, 2008).

8.8.1. Control cultural

El manejo cultural de la Sigatoka negra es fundamental para disminuir su incidencia y gravedad. Consiste en reducir las fuentes de inóculo, las condiciones propicias para su desarrollo y fortalecer el vigor de las plantas, siendo la práctica más relevante la eliminación de hojas afectadas o partes de estas. Las hojas enfermas deben ser retiradas y eliminadas mediante entierro o quema. El material vegetal removido se puede colocar en el suelo y se puede considerar la aplicación de urea para acelerar su descomposición (Espinoza, 2021).

8.8.2. Control Químico

El manejo químico de la Sigatoka negra es una táctica importante para reducir su incidencia y severidad. No obstante, es esencial tener en cuenta que este enfoque debe complementarse con el control cultural para lograr un manejo efectivo de la enfermedad. El fungicida utilizado se divide en dos categorías principales, forman una barrera que evita la entrada del hongo en las

hojas, son absorbidos por las hojas y se distribuyen por toda la planta, protegiendo las hojas nuevas de la infección (Baquet, 2020).

8.8.3. Control Genético

Se están llevando a cabo investigaciones para desarrollar variedades de plátano y banano que sean resistentes a la Sigatoka negra mediante el control genético. Este enfoque implica la identificación de genes de resistencia presentes en variedades silvestres o relacionadas que sean inmunes a la enfermedad, para luego transferir esos genes a las variedades comerciales mediante técnicas de mejoramiento genético (Baquet, 2020). El desarrollo de variedades resistentes a la Sigatoka negra a través de la ingeniería genética podría ofrecer una solución sostenible y efectiva para combatir esta enfermedad, reduciendo la dependencia de los agricultores en el uso de fungicidas y otros productos químicos para su control (Baquet, 2020).

8.9. Impacto Económico de la sigatoka en la Industria Bananera

La enfermedad conocida como Sigatoka Negra puede ocasionar consecuencias desfavorables para nuestras cosechas. Las brácteas florales comienzan a sufrir pérdidas a partir de 28 días después de la infección, lo que no solo afecta su apariencia, sino también disminuye el diámetro, peso y longitud del racimo de manera significativa. Esta disminución en el tamaño y peso del racimo tiene como resultado una reducción en el número de manos, perjudicando así la productividad del cultivo. Es importante señalar que el impacto de la Sigatoka Negra en la cosecha se acentúa dependiendo de la época en la que se presente. A medida que la planta se acerca a la próxima cosecha natural, los daños causados por esta enfermedad se intensifican, afectando aún más la producción (Bravo, 2016).

En siembras comerciales donde no se aplican fungicidas para combatir la Sigatoka Negra, los primeros racimos florales comienzan a sufrir daños a los 50 días de que aparece el racimo, y es importante resaltar que estos daños se incrementan rápidamente a medida que la temporada de cosecha se acerca. Es fundamental tomar medidas preventivas para proteger nuestros cultivos de la Sigatoka Negra. El uso de fungicidas específicos, así como la implementación de prácticas de manejo adecuadas, como la eliminación de hojas infectadas y el monitoreo constante de las plantaciones, pueden ayudar a controlar y minimizar el impacto de esta enfermedad en nuestros rendimientos. De esta manera, podremos mantener una producción saludable y sostenible, asegurando así el éxito de nuestra cosecha en este desafiante clima húmedo (Pereira, 2018)..

En zonas de cultivo bananero con gran influencia ecológica del clima húmedo-tropical, se encuentran con frecuencia los hongos anastomosados pertenecientes al género *Mycosphaerella*. Entre ellos, destaca *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el cual es el agente causal de la enfermedad conocida como Sigatoka Negra. También tenemos a *Mycosphaerella musicola* Leach, responsable de la Sigatoka Amarilla. Estos hongos, a pesar de contar con variedades resistentes en Honduras, pueden causar problemas esporádicos en las plantaciones bananeras. *Mycosphaerella* spp. son hongos ascomicetos que se distribuyen por todo el mundo y afectan a los cultivos de musáceas, como el banano y el plátano. Estos hongos tienen mayor incidencia en zonas donde el clima es húmedo y ecuatorial, pero también pueden adaptarse a regiones de clima templado y cálido (25-). Las sigatokas, causadas por estos hongos, son consideradas como las plagas más importantes y con mayor impacto económico en la industria bananera. Esto se debe a la gran cantidad de área foliar afectada y las alteraciones que provocan en las plantas. La presencia de la Sigatoka Negra y la Sigatoka Amarilla ha generado un incremento significativo en los costos de producción, llegando a superar el 50% en promedio. Ante esta situación, la industria se ha visto obligada a adoptar nuevas estrategias de producción, como el uso de organismos modificados genéticamente (OMG/transgénicos). Estos cultivos son cultivados en ambientes controlados y no controlados con el fin de minimizar los efectos negativos de estas enfermedades en los bananos (Velasquez, 2017).

8.10. Antecedentes

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Granja Experimental Palora, se evaluó el comportamiento de varios cultivares de musáceas frente a la infección natural de Sigatoka Negra. El estudio se llevó a cabo utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar. Los resultados mostraron diferencias significativas en la resistencia de los cultivares evaluados, destacando el cultivar 'FHIA-01' por su mayor resistencia a la enfermedad, con una incidencia de Sigatoka Negra del 25%, comparado con el 85% en el cultivar 'Cavendish' (Gutierrez, 2017). Otro estudio relevante fue conducido en la Estación Experimental Pichilingue, donde se evaluaron ocho cultivares de plátano y banano en condiciones de campo abierto. La investigación utilizó un diseño de parcelas divididas y se observó que los cultivares 'FHIA-21' y 'Pisang Awak' mostraron una mejor respuesta frente a la infección natural de Sigatoka Negra, con incidencias de 30% y 35% respectivamente, mientras que el cultivar 'Williams' presentó una incidencia del 90% (Martinez, 2018).

Además, un estudio realizado en la Universidad Técnica de Manabí evaluó la eficacia de diferentes métodos de control biológico y químico en la reducción de la incidencia de Sigatoka Negra en musáceas. Se encontraron diferencias significativas en la incidencia de la enfermedad dependiendo del método de control utilizado. Los tratamientos biológicos utilizando *Trichoderma* spp. mostraron una reducción en la incidencia de hasta un 40%, mientras que los tratamientos químicos con fungicidas convencionales lograron una reducción del 70% (Lara, 2020). Finalmente, una investigación realizada en la Universidad de Guayaquil analizó el impacto económico de la Sigatoka Negra en la producción de banano. Se concluyó que la enfermedad puede reducir los rendimientos en un 50% y aumentar los costos de producción en un 30%, debido a la necesidad de aplicaciones frecuentes de fungicidas y medidas de control cultural. Esto subraya la importancia de desarrollar y utilizar cultivares resistentes para mejorar la sostenibilidad económica del cultivo (Vargas, 2019).

Se estudiaron en zonas productoras de El Carmen (provincia de Manabí) principal zona platanera, y La Maná (provincia de Cotopaxi) en donde realizaron investigaciones sobre el efecto de la diversidad intraespecífica en el cultivo de musáceas como medida de control de sus problemas fitosanitarios. Los problemas fitosanitarios presentes en las plantaciones del género *Musa* en nuestro país, generan pérdidas entre el 50 % de la producción para el caso de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.) mientras que para el Picudo negro. intraespecífica en el cultivo de musáceas como medida de control de sus problemas fitosanitarios (Miranda, 2015). Caracterización morfológica y patógena de las poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo de plátano. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de biotipos de *M. fijiensis* asociados a cultivares de musa (AAB) en dos regiones del país (Castro, 2015)

Las investigaciones que permitieron obtener plantas resistentes a dicha enfermedad, por lo que se llevó a cabo la presente investigación a fin de determinar la reacción de plantas de banano sometidas a tratamientos mutagénicos, frente a sigatoka negra (*Mycosphaerella*). La producción de banano a nivel mundial se basa en un número muy limitado de clones no mejorados genéticamente que son seleccionados en la naturaleza y después domesticados. Considerando la influencia de la sigatoka negra en estudio de la susceptibilidad de banano. Williams a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) sometido a diferentes rayos gamma.

9. HIPÓTESIS

Ha: Todos los cultivares de musáceas son susceptibles a la infección de sigatoka negra.

Ho: Al menos unos de los cultivares de musáceas presenta resistencia a la infección de sigatoka.

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Ubicación de la Zona de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el Centro Experimental “Sacha Wiwa” localizada en la parroquia Guasaganda, Cantón la Maná, provincia de Cotopaxi, donde se evaluó el comportamiento de musáceas a la infección natural de sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis*) durante su primer ciclo de producción, cuyas coordenadas geográficas es: WGS 84 Latitud 0°48'00.0''S, Longitud 79°10'01.2''W, altitud 503 m.s.n.m.

10.2. Material vegetativo en estudio

Los materiales vegetativos en estudio fueron:

- Variedad Valery
- Variedad Morado
- Variedad Harton
- Variedad Filipino
- Variedad Barraganete
- Variedad Williams
- Variedad Gros Michel

10.3. Materiales y Equipo

Los materiales y equipos que se utilizó en la investigación se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
Libreta de Campo	Computadora
Espray de pintura	Impresora
Lupa	Tres resmas A4.
Podón	Lapicero
Equipo de protección personal	Pen drive
Botas	Cámara
Cinta Métrica	

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

10.4. Tipo de investigación.

Se utilizó diferentes métodos tales como de observación comparativo y descriptivo.

10.4.1. Investigación Observacional

La investigación se centró en observar y registrar la progresión de la infección natural de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en ocho cultivares de musáceas durante su primer ciclo de producción. Utilizando el método de Stover, se realizaron observaciones en campo cada 7 días. Se registraron variables como la incidencia y severidad de la infección, y las condiciones ambientales. Estos datos se organizaron en tablas para facilitar su análisis y comprensión.

10.4.2. Investigación Comparativa

La investigación comparativa se diseñó para evaluar y comparar el comportamiento de los ocho cultivares de musáceas frente a la infección natural de Sigatoka Negra. Se recopilaron datos detallados sobre la incidencia y severidad de la infección en cada cultivar. A través de análisis estadísticos, se compararon los niveles de infección entre los cultivares, identificando cuáles mostraron mayor resistencia o susceptibilidad a la enfermedad. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para la selección de cultivares más resistentes, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción de plátano y banano.

10.4.3. Investigación Descriptiva

En esta investigación descriptiva, se detallaron los parámetros empleados para la recolección de datos mediante observaciones sistemáticas en campo. Cada 7 días se registraron la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra en los ocho cultivares de musáceas, utilizando el método de Stover. Las tablas generadas incluyeron variables específicas como el porcentaje de hojas afectadas y la tasa de avance de la enfermedad, proporcionando una visión clara y detallada del progreso de la infección.

10.5. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 8x10 para evaluar el comportamiento de ocho cultivares de musáceas frente a la infección natural de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Se seleccionaron un total de 80 unidades experimentales, con 10 plantas por cada variedad. Los datos se recolectaron cada 7 días durante el primer ciclo de producción.

10.6. Análisis de varianza

El esquema de análisis de varianza del experimento se presenta en la tabla 3. Se comprobó los niveles de comportamiento de sigatoka según los criterios investigados, respectivamente. Además, se realizaron la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para ver el nivel de daño en los cultivares de musáceas. La información se procesará en el software para análisis estadísticos de aplicación general InfoStat.

Tabla 6. Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Variedades	$t - 1$	7
Error	$t(r-1)$	72
Total	$tr-1$	79

Elaborado por: *Sánchez y Zamora (2024)*

10.6.1. Esquema del experimento

En la tabla 4 se presenta el esquema del experimento basado en las variedades de musáceas evaluadas y las unidades experimentales utilizadas dentro de la investigación.

Tabla 7. Tratamientos

Tratamientos	Plantas por Cultivar	Unidades experimentales totales
T1 Valery	10	10
T2 Morado	10	10
T3 Hartón	10	10
T4 Orito	10	10
T5 Filipino	10	10
T6 Barraganete	10	10
T7 Williams	10	10
T8 Gros Michel	10	10
Total		80

Elaborado por: *Sánchez y Zamora (2024)*

10.7. Variables a evaluadas de Sigatoka Negra

10.7.1. Número de hojas funcionales a la floración.

Esta variable se registró utilizando la Escala de Stover modificada. Para este propósito, se consideran hojas funcionales aquellas que presentan hasta el grado 3 de la referida escala. Este método permite identificar y cuantificar las hojas que mantienen su funcionalidad fotosintética al momento de la floración, lo cual es crucial para el desarrollo y rendimiento de la planta. La evaluación se realizó en el campo, inspeccionando cada planta de los diferentes cultivares y anotando el número de hojas que cumplen con los criterios establecidos por la escala siguiente.

10.7.1.1. Escala de stover

Este método permite identificar y cuantificar las hojas que mantienen su funcionalidad fotosintética. El porcentaje de hojas funcionales por tanto será la suma de cada una de las hojas totales será dividido por el número de plantas evaluadas según la escala de stover.

SEMANA																						
planta	No DE HOJA															CUADRO DE MANCHA						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TH	YLS	0	1	2	3	4
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
CON SIGATOKA															TOTAL:							
															PROMEDIO							

Fuente: LAN- Aero fumigación (2020)

10.7.2. Número de hojas funcionales a la cosecha.

Similar al método utilizado para la floración, el número de hojas funcionales a la cosecha también se registró utilizando la Escala de Stover modificada. En este caso, se consideran hojas funcionales aquellas que presentan hasta el grado 3 de la referida escala. Este registro se llevó a cabo en el momento de la cosecha para evaluar la persistencia de la funcionalidad foliar a lo largo del ciclo de cultivo. El número de hojas funcionales es un indicador importante de la salud y vigor de la planta, influenciando directamente la productividad y calidad del fruto.

10.7.3. Área foliar funcional a la floración (m²)

El área foliar funcional a la floración se determinó mediante la metodología propuesta por Belalcázar para el plátano, que consiste en multiplicar el largo por el ancho de la tercera hoja por la constante 0.80 y por el número de hojas. En el caso del banano, se utilizó el método del nuevo factor propuesto por Kumar, que implica multiplicar el largo por el ancho de la tercera hoja por la constante 0.80, por el número de hojas y por el factor 34 0.662. La medición del área foliar se realizó con una cinta graduada en centímetros, midiendo el largo y ancho de la lámina foliar. Este método permite obtener una estimación precisa de la superficie foliar activa, esencial para la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.

$$A. F = (L \times A \times \text{Contante})$$

A.F = Area Foliar

L = Largo de hoja

A = Ancho de hoja

Contante = 0,80

10.7.4. Área foliar funcional a la cosecha (m²)

Para determinar el área foliar funcional a la cosecha, se aplicaron los mismos métodos descritos para la floración. En plátano, se siguió la metodología de Belalcázar, mientras que en banano se utilizó el método de Kumar. La medición precisa del área foliar en este punto del ciclo de cultivo es crucial para evaluar cómo la enfermedad ha afectado la capacidad fotosintética de la planta hasta el momento de la cosecha. Las mediciones se realizaron de manera consistente y sistemática, asegurando datos precisos y comparables.

10.7.5. Índice y promedio ponderado de infección de Sigatoka Negra.

Este parámetro se evaluó utilizando la Escala de Stover modificada por Gauhl, que permite determinar el promedio ponderado de infección (PPI) y el índice de infección para cada uno de los tratamientos en estudio. El registro de estos datos se realizó semanalmente, desde el inicio de la observación hasta el momento de la floración y la cosecha de las plantas. Este seguimiento continuo permitió establecer la curva del comportamiento de la enfermedad en cada tratamiento, proporcionando una visión detallada de la dinámica de la infección y su impacto a lo largo del ciclo de cultivo.

10.7.5.1. Escala de evaluó de stover

Uno de los métodos de evaluación empleados más comúnmente se basa en la escala de severidad desarrollada por Stover (1971), y posteriormente modificada por Gauhl (1989). Este sistema se emplea para estimar de forma visual el área foliar afectada, mostrando lesiones necróticas de los estadios 1 al 6 de la escala

PREAVISO BIOLÓGICO DE SIGATOKA NEGRA													
Variedad:													
Planta	S.A	S.B	HOJA III			HOJA IV			HOJA V				HN
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
TOTAL			±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
REF			40/60	80/100	120/140	20/40	60/80	100/120	10/20	40/60	80/10	120/140	
REH1													

Fuente: LAN- Aero fumigación (2020)

10.7.6. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad.

La hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad se identificó utilizando la Escala de Stover modificada por Gauhl. Esta evaluación se realizó después de obtener la incidencia de la enfermedad foliar de Sigatoka Negra, registrando la hoja más joven en cada planta que mostraba los primeros síntomas visibles de estrías causadas por la infección. Este dato es fundamental para entender la rapidez y la agresividad con la que la enfermedad se manifiesta en cada cultivar.

10.7.7. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.

Al igual que la variable anterior, la hoja más joven en presentar quema de la enfermedad se identificó utilizando la Escala de Stover modificada por Gauhl. Esta variable se registró después de observar la incidencia de la enfermedad foliar de Sigatoka Negra, anotando la hoja más joven en cada planta que mostraba signos de necrosis o quema debido a la infección. Este indicador es crucial para evaluar la severidad del impacto de la enfermedad en cada cultivar.

10.7.8. Perímetro del pseudotallo (cm).

El perímetro del pseudotallo se midió una vez que en las plantas había emergido la bellota. Se utilizó una cinta métrica para medir la circunferencia del pseudotallo a 50 cm de altura desde el suelo. Este dato, expresado en centímetros, proporciona una medida del vigor vegetativo de la planta, que puede estar influenciado por la severidad de la infección de Sigatoka Negra y otras condiciones ambientales.

10.7.9. Diámetro del fruto.

El diámetro del fruto se determinó midiendo el diámetro de tres frutos seleccionados al azar de la segunda mano de los racimos evaluados. Para obtener un promedio representativo, se utilizó un calibrador Vernier de hasta 63 grados, siendo un grado equivalente a 0.798 mm. Esta medida es importante para evaluar la calidad del fruto y su potencial de comercialización, influenciado por el estado de salud de la planta y la severidad de la infección.

10.7.10. Peso del racimo (kg).

Esta variable se registró al momento de la cosecha, que se realizó después de 11 o 12 semanas posteriores a la floración para el caso de banano, y a las 10 o 11 semanas para el caso de plátano. Se registró el peso neto del racimo, considerando solo los frutos que cumplen con las normas para la exportación (sin rastros de daños por insectos o quemazón de sol, con poca curvatura y sin dedos dobles). Esta medida es fundamental para evaluar el rendimiento final de cada cultivar y su potencial comercial.

10.7.11. Número de manos por racimo.

Esta variable se registró al momento de la cosecha, contando el número de manos en cada racimo. El número de manos es un indicador directo de la productividad del cultivo y se ve influenciado por la salud general de la planta y la severidad de la infección de Sigatoka Negra. Este conteo se realizó de manera sistemática y precisa para asegurar datos consistentes y fiables.

11. RESULTADO Y DISCUSIÓN

11.1. Número de hojas funcionales a la floración.

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativa entre los tratamiento en cuanto a los cultivares el número de hojas funcionales a la floración las variedades Morado en la hoja 10,70 y Orito en la hoja 10,40, tienen los promedios más altos mientras que los tratamientos Hartón en la hoja 8,50, Gros Michel en la hoja 8,50, Valery en la hoja 8,40 y Filipino en la hoja 8,40 tienen promedios intermedio y finalmente Williams en la hoja 7,70 y Barraganete en la hoja 7,30 presentan los promedios más bajos en cuanto a número de hojas funcionales a la floración. Neria (2020) nos dice que el número de hojas funcionales a la floración no fue influenciado ni por las densidades poblacionales ni por los sistemas de siembra en estudio, se presentan valores promedios correspondiente al número de hojas funcionales a la floración donde se puede notar que el comportamiento respecto a la densidad de siembra fue similar en todos los casos con 39 promedios de 10,77, 10,67, 10,65 y 10,60 teniendo una media general de 10,67 hojas funcionales.

Tabla 8. Número de hojas funcionales a la floración en banano y plátano

Número de hojas funcionales a la floración	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	8,40 b
T2 Morado	10,70 a
T3 Hartón	8,50 b
T4 Orito	10,40 a
T5 Filipino	8,40 b
T6 Barraganete	7,30 c
T7 Williams	7,70 bc
T8 Gros Michel	8,50 b
C V (%)	6,68

Elaborado por: Sanchez y Zamora (2024).

11.2. Número de hojas funcionales a la cosecha

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto las siguientes variables relacionada con el número de hojas al momento de la cosecha. Los resultados indicaron que las siguiente variedades de Orito en la hoja 5,80 y Morado en la hoja 5,70 tienen los promedios más altos lo que indica que presentan un mayor número de hojas funcionales a la cosecha y por otra parte los cultivares Valery en la hoja 3,90, Hartón en la hoja 3,80, Filipino en la hoja 3,80 y Gros Michel en la hoja 3,80 presentan promedios intermedios y finalmente, Williams en la hoja 2,90 y Barraganete en la hoja 2,80 tienen los promedios más bajos en el número de hojas funcionales a la cosecha.

Como menciona Benavides *et al.*, (2023) nos indica que observa diferencia estadística únicamente para el factor B (densidad poblacional). Por el contrario, el factor A (sistemas de siembra) y su interacción A X B, no resultó influenciado estadísticamente. Se presentan los valores promedios obtenidos por cada factor en estudio y su interacción en el cuadro 13, donde apreciamos al realizar la prueba de Tukey al 0,05 presento diferencias entre las medias del factor B (densidad poblacional), siendo la densidad 1(3.333 plantas/ha-1) quien obtuvo el mejor promedio de hojas funcionales con una media de 3,93.

Tabla 9. Número de hojas funcionales a la cosecha en banano y plátano

Número de hojas funcionales a la cosecha	
Tratamientos	Promedio
T1 Valery	3,90 b
T2 Morado	5,70 a
T3 Hartón	3,80 b
T4 Orito	5,80 a
T5 Filipino	3,80 b
T6 Barraganete	2.80 c
T7 Williams	2,90 c
T8 Gros Michel	3,80 b
C V (%)	10,82

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

11.3. Área foliar funcional a la floración (m²)

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al área foliar a la floración en diferentes cultivares de musáceas revela que Morado tiene el área foliar mayor, con 13,42 m² seguido de Orito también muestra un área foliar destacada con 10,63 m², mientras las que las variedades de Hartón (10,13 m²), Gros Michel (9,99 m²), Valery (9,76 m²) y Williams (9,58 m²) que tienen áreas foliares menores, pero aún competitivas. A diferencia de las variedades de Barraganete (8,34 m²) y Filipino (6,54 m²) presentan las áreas foliares más pequeñas, lo que podría impactar negativamente en la productividad.

Mientras que Neria (2020), nos dice que estadísticamente los valores obtenidos en esta variable expresada en metros cuadrados pudiéndose apreciar valores similares en todos los casos, con una media de 20,13 m².

Tabla 10. Área foliar a la floración en banano y plátano

Área foliar a la floración (m²)	
Tratamientos	Promedio
T1 Valery	9,76 bc
T2 Morado	13,42 a
T3 Hartón	10,13 b
T4 Orito	10,63 b
T5 Filipino	6,54 d
T6 Barraganete	8,34 c
T7 Williams	9,58 bc
T8 Gros Michel	9,99 b
C V (%)	11,50

Elaborado por: Sanchez y Zamora (2024).

11.4. Área foliar funcional a la cosecha (m²)

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativa entre los tratamiento en cuanto a la varianza del área foliar a la cosecha revela diferencias estadísticamente significativas entre las variedades de musáceas evaluadas, los resultados muestran que Morado (7,16 m²) presentó el área foliar más grande, destacándose como la variedad con el mayor desarrollo de hojas seguido de Orito (5,94 b m²) también demostró un área foliar notablemente superior en comparación con Valery (4,45 m²), Hartón (4,54 m²) Gros Michel (4,54 m²), Williams (3,56 m²) a diferencia que as variedad Barraganete presento el área foliar a la cosecha más bajo con 2,96 m². (Arevalos, 2022) Arevalos (2022), nos dice en su investigación que el análisis estadístico de esta variable, también presentó diferencia estadística en el factor B, densidad poblacional, observando que la densidad 1 (3.333 plantas/ha⁻¹) fue la que alcanzó el mayor promedio con 7,27 m² estadísticamente igual a la densidad 2 (2.500 plantas/ha⁻¹), con un promedio de 7,16 m² de área funcional a la cosecha. Estas dos densidades fueron diferentes estadísticamente a la densidad 3 (2.000 plantas/ha⁻¹) con 6 m², y la densidad 4 (1.333 plantas/ha⁻¹) que es el Testigo con 5,40 m² de área foliar funcional a la cosecha.

Tabla 11. Área foliar a la cosecha en banano y plátano.

Área foliar a la Cosecha (m²)	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	4,54 c
T2 Morado	7,16 a
T3 Hartón	4,54 c
T4 Orito	5,94 b
T5 Filipino	2,96 e
T6 Barraganete	3,20 e
T7 Williams	3,56 de
T8 Gros Michel	4,45 cd
C V (%)	13,58

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

11.5. Índice y promedio ponderado de infección de Sigatoka Negra

11.5.1. Índice de infección

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al índice de infección por Sigatoka Negra que muestra variaciones significativas en la variedades presentado a la variedad Orito quien tiene un grado superior de resistencia a la infección de sigatoka negra, ya que presento un menor grado de daño foliar en la hoja 3,4,5 seguido de la variedad Morado también que también muestra una resistencia notable en cuantos a las infección de sigatoka, en comparación, Valery, Gros Michel y Williams que tienen índices más altos de infección, indicando una mayor susceptibilidad y mayor grado de daño foliar en la hoja 3,4 y 5, mientras tanto (Bautista, 2017)Bautista (2017), observó, que el Williams a dosis alta (T3) con un 22.12% obtuvo menor porcentaje de infección, mientras que Valery a dosis baja (T1) presento un 22.30%, Orito a dosis media (T2) tuvo un 23.02% y gros michel (T4) presento un 23.70%, siendo el testigo absoluto (T5) el de mayor presencia de infección con un 36.72%.

Tabla 12. Índice y promedio ponderado de infección de sigatoka negra en banano y plátano

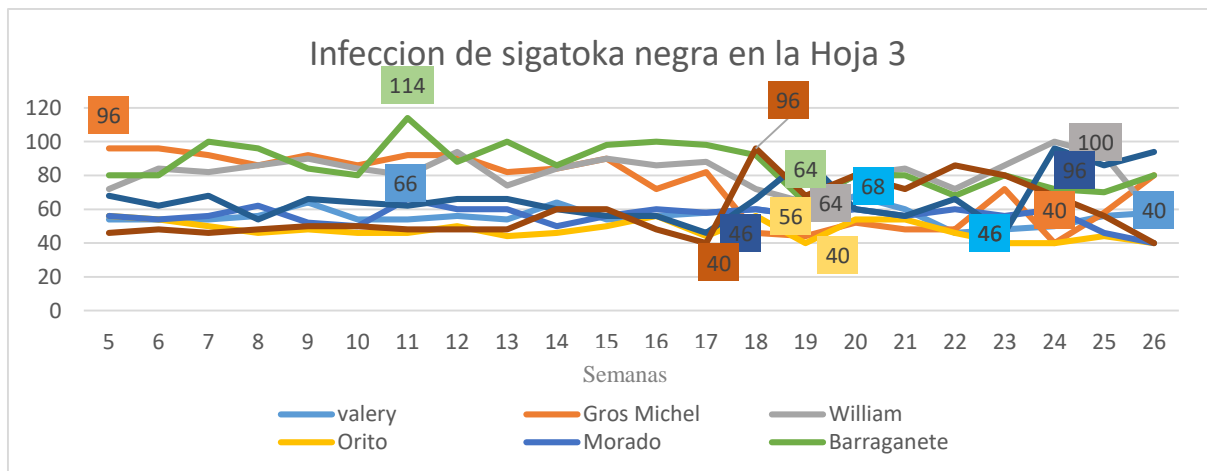
Índice y promedio ponderado de infección de Sigatoka Negra en			
Tratamientos	Pro. Hoja 3	Pro. Hoja 4	Pro. Hoja 5
T1 Valery	56,09 ab	72,27 bc	96,59 b
T2 Morado	56,09 ab	62,55 ab	65,00 a
T3 Hartón	66,09 bc	98,64 e	120,55 c
T4 Orito	47,73 a	55,45 a	58,36 a
T5 Filipino	58,45 ab	74,24 bc	102,91 b
T6 Barraganete	85,91 e	82,36 cd	121,64 c
T7 Williams	81,82 de	90,36 de	120,73 c
T8 Gros Michel	74,09 cd	74,73 bc	101,68 b
C V (%)	16,56	13,68	19,82

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

11.5.1.1. Hoja 3

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a lo que se puede apreciar que la variedad Barraganete tuvo la mayor afectación y se expresó que en la semana 11 tuvo una mayor infección con un rango de 114 a diferencia que la variedad de orito obtuvo una mayor resistencia con un rango más mínimo 56-40 de infección determinada por la escala de stover.

Figura 1. Infección de sigatoka negra en la hoja 3 en banano y plátano

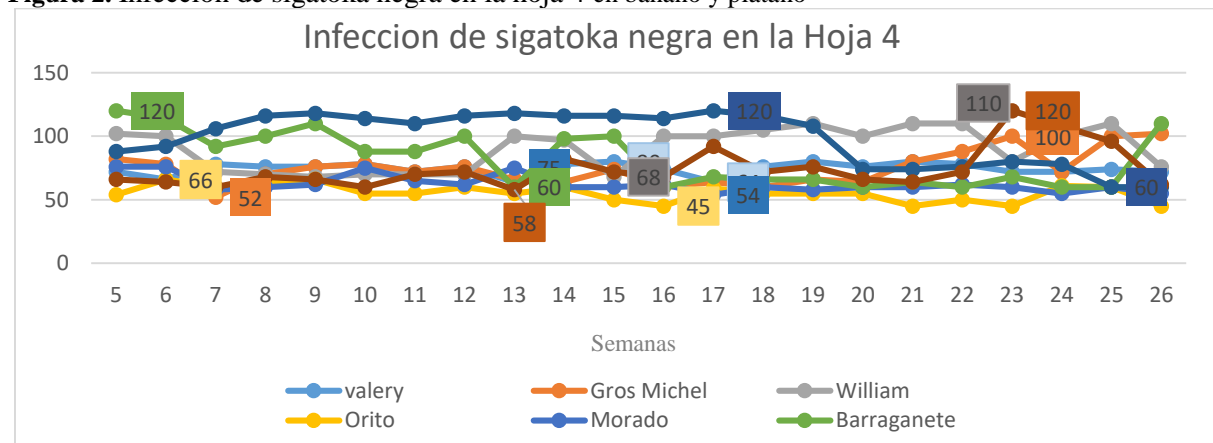


Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.5.1.2. Hoja 4

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto los que se puede apreciar que la variedad Barraganete tuvo la mayor afectación y se expresó que en la semana 6 tuvo una mayor infección con un rango de 120 a diferencia que la variedad de orito obtuvo una mayor resistencia con un rango mínimo 45 de infección determinada por la escala de stover.

Figura 2. Infección de sigatoka negra en la hoja 4 en banano y plátano

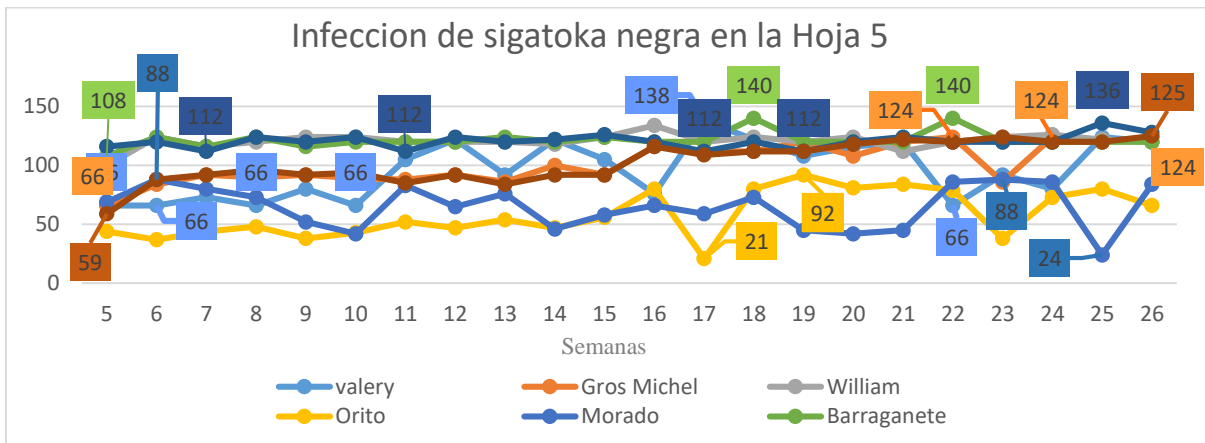


Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.5.1.3. Hoja 5

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a lo que se puede apreciar que la variedad Barraganete tuvo la mayor afectación y se expresó que en la semana 18 tuvo una mayor infección con un rango de 140 a diferencia que la variedad de orito obtuvo una mayor resistencia con un rango mínimo 25 de infección determinada por la escala de stover.

Figura 3. Infección de sigatoka negra en la hoja 5 en banano y plátano

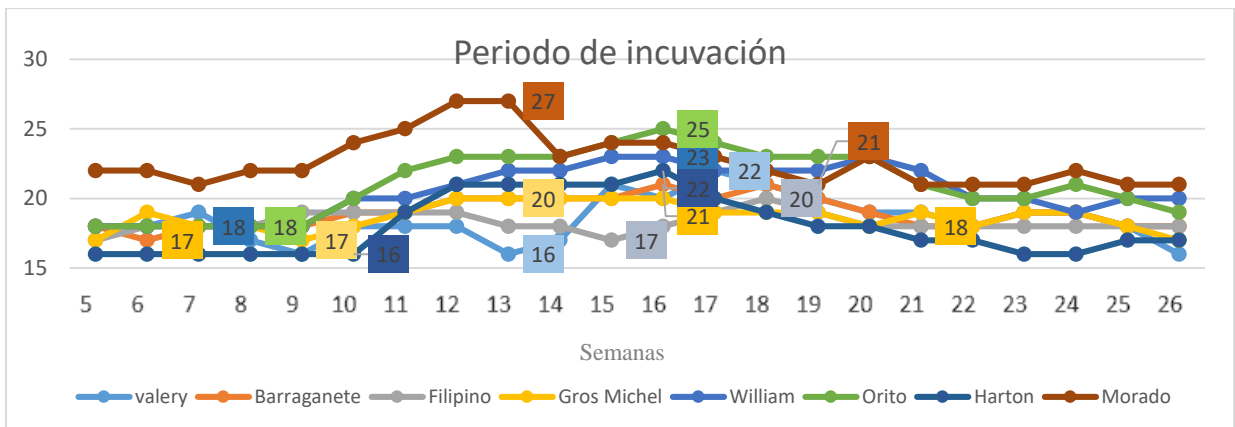


Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.5.1.4. Periodo de Incubación

En el siguiente análisis se puede apreciar que cultivares como Morado y Orito tienen una mayor resistencia a la Sigatoka Negra debido a su mayor período de incubación, mientras que Valery y Hartón son más susceptibles, con un período de incubación más corto. Al comparar estas tendencias a lo largo del tiempo, puedes identificar qué cultivares podrían ser más adecuados para zonas donde la Sigatoka Negra es prevalente.

Figura 4. Periodo de Incubación en banano y plátano

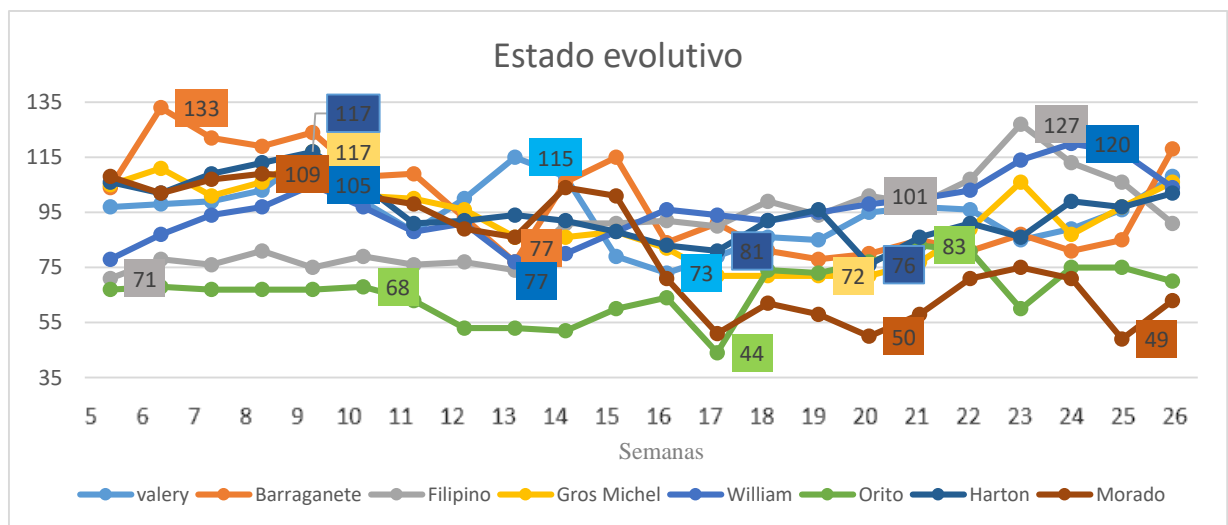


Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.5.1.5. Estado Evolutivo de Sigatoka Negra

En el siguiente análisis se puede apreciar que el cultivar Orito lo largo de las semanas, esta línea se mantiene consistentemente baja (alrededor de 60 o menos), lo que sugiere que este cultivar tiene una buena resistencia a la evolución de la Sigatoka Negra y la variedad Barraganete muestran picos más altos, especialmente en semanas intermedias, lo que indica que estos cultivares son más susceptibles a la enfermedad, con un estado evolutivo más avanzado.

Figura 5. Estado Evolutivo de Sigatoka Negra en banano y plátano



Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.6. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la varianza de hoja más joven en presentar estría, se determina que existe diferencia estadística significativa entre los cultivares de musáceas. El coeficiente de variación fue 7,98% lo que refleja una variabilidad moderada en los datos de resistencia a la enfermedad entre los cultivares. Este nivel de variabilidad indica que, aunque hay diferencias significativas en la rapidez con la que los cultivares muestran estrías en sus hojas jóvenes.

La variedad Morado presento estrías en una hoja promedio de 9,60 y Orito en la hoja 9,30 tienen los promedios más altos, indicando que sus hojas jóvenes tardan más en desarrollar estrías, lo que sugiere una mayor resistencia a la enfermedad en comparación con los demás cultivares. En el grupo intermedio, Hartón en la hoja 7,50, Gros Michel en la hoja 7,50 y Filipino en la hoja 7,40 muestran un promedio menor, lo que indica una menor resistencia, ya que sus hojas

jóvenes presentan estrías con mayor rapidez. Valery en la hoja 7,10, Williams en la hoja 6,70 y Barraganete en la hoja 6,30 tienen los promedios más bajos, este menor número de hojas indica que Barraganete tiene una resistencia inferior a Sigatoka Negra, lo que ha resultado en una reducción más significativa del área foliar y, por ende, en una capacidad fotosintética comprometida y un rendimiento general afectado negativamente

Según Intriago (2021) demostró que los promedios de las evaluaciones de hoja más joven con estría. La prueba t student determinó que las plantas mutantes no difieren estadísticamente del testigo. Las plantas mutantes 347, 394, 890, 1023, 1080, 1082 y 1015 presentaron síntomas de sigatoka negra en la quinta hoja al igual que el testigo siendo esta la más joven en presentar la enfermedad.

Tabla 13. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad en banano y plátano

Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	7,10 bc
T2 Morado	9,60 a
T3 Hartón	7,50 b
T4 Orito	9,30 a
T5 Filipino	7,40 b
T6 Barraganete	6,30 c
T7 Williams	6,70 bc
T8 Gros Michel	7,50 b
C V (%)	7,98

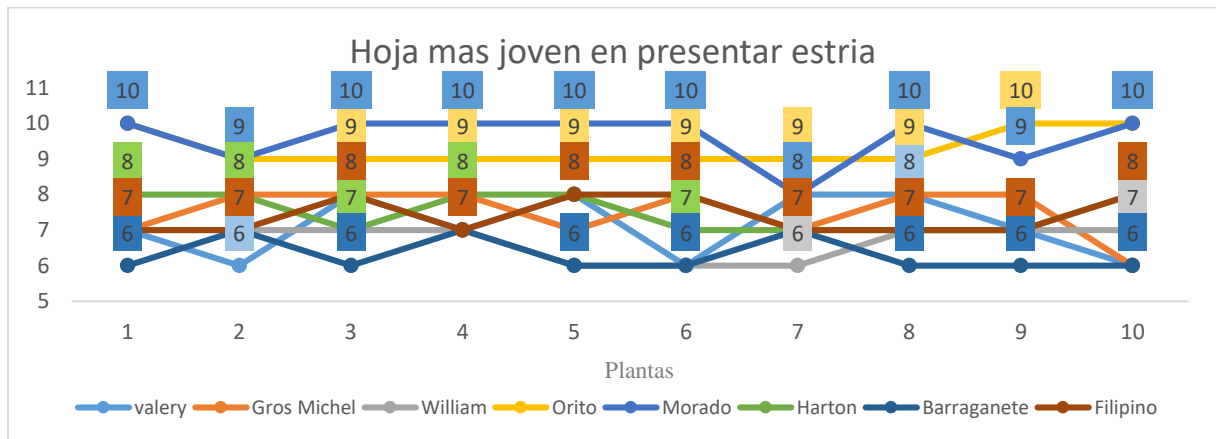
Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

11.6.1. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre las variedades de musácea en cuanto a la hoja más joven con estría, mostrando que la variedad Barraganete que obtuvo un menor número de hoja presentando estrías en la hoja número 6 lo que indica que la variedad Barraganete es más susceptible a la Sigatoka Negra y en las variedades de Hartón, Filipino y Valery presentaron estrías en la hoja número 8, el análisis destaca a las variedades Morado obtuvo un número mayor de hojas mostrando estría en la hoja número 10 lo que indica una mayor resistencia a la enfermedad.

Por otro, Intriago (2021) demostró que los promedios de las evaluaciones de hoja más joven con estría. La prueba t student determinó que las plantas mutantes no difieren estadísticamente del testigo. Las plantas mutantes 355, 385, 890, 103, 880, 2083 y 2015 presentaron síntomas de sigatoka negra en la quinta hoja al igual que el testigo siendo esta la más joven en presentar la estría.

Figura 6. Hoja más joven en presentar estrías de la enfermedad en banano y plátano



Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.7. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.

El análisis del promedio en que las hojas más jóvenes presentan quema de la enfermedad en distintos cultivares de musáceas revela diferencias significativas en la resistencia entre los cultivares evaluados. Morado en la hoja 10,70 y Orito en la hoja 10,40 tienen los promedios más altos, lo que indica que las hojas jóvenes de estos cultivares tardan más en presentar quema, sugiriendo una mayor resistencia a la enfermedad. En el grupo intermedio, Hartón en la hoja 8,50, Gros Michel en la hoja 8,50 y Filipino en la hoja 8,45 muestran promedios menores, lo que implica que sus hojas jóvenes presentan quema más rápidamente, aunque no hay diferencias significativas entre estos cultivares. Valery en la hoja 8,40, Williams en la hoja 7,70 y Barraganete en la hoja 7,30 tienen los promedios más bajos, indicando que las hojas jóvenes de estos cultivares son las primeras en mostrar quema en las hojas, con Barraganete siendo el más susceptible a la enfermedad presentando una más notable quema en sus hojas.

Por otro, Intriago (2021) demostró que los promedios de las evaluaciones de hoja más joven con quema. La prueba t student determinó que las plantas mutantes no difieren estadísticamente del testigo. Las plantas mutantes 355, 385, 890, 103, 880, 2083 y 2015 presentaron síntomas de sigatoka negra en la quinta hoja al igual que el testigo siendo esta la más joven en presentar la quema.

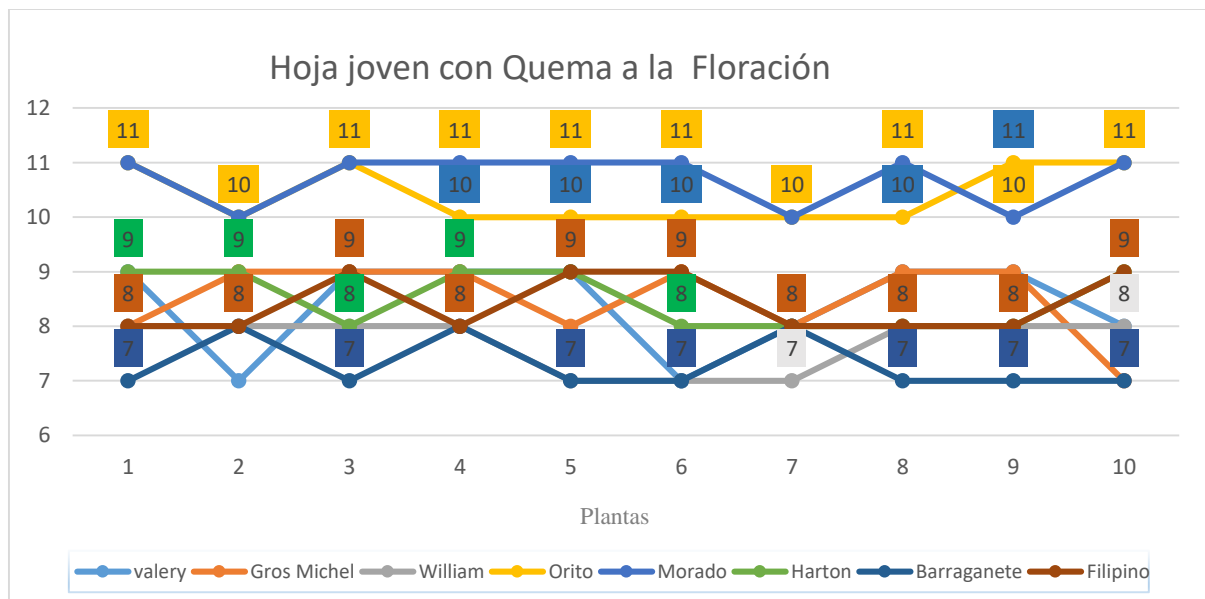
Tabla 14. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad en banano y plátano

Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	8,40 b
T2 Morado	10,70 a
T3 Hartón	8,50 b
T4 Orito	10,40 a
T5 Filipino	8,40 b
T6 Barraganete	7,30 c
T7 Williams	7,70 bc
T8 Gros Michel	8,50 b
C V (%)	6,68

Elaborado por: (Sánchez y Zamora 2024).

11.7.1. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad.

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre las variedades de musácea en cuanto a la hoja más joven en presentar quema, muestra que la variedad Barraganete que obtuvo un menor número de hoja presentado quema en la hoja número 7 lo que indica que la variedad Barraganete es más susceptible a la Sigatoka Negra y en las variedades de Hartón, Filipino y Valery presentaron estrías en la hoja número 9, el análisis destaca a las variedad Orito obtuvo un número mayor de hojas mostrando quema en la hoja numero 11 lo que indica una mayor resistencia a la enfermedad.

Figura 7. Hoja más joven en presentar quema de la enfermedad en banano y plátano

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

11.8. Perímetro del Pseudotallo (cm).

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al perímetro del pseudotallo de las variedades de banano muestra diferencias debido a su morfología el Morado (65,30 cm) presenta el mayor perímetro del pseudotallo, indicando una mayor robustez y crecimiento en comparación con las otras variedades. Valery (52,70 cm), Williams (50,65 cm), Filipino (49,65 cm), Gros Michel (49,50 cm), Barraganete (49,45 cm), Hartón (49,30 cm) siguen en el rango intermedio, mostrando perímetros similares mientras Orito (39,30 cm) Este menor diámetro del pseudotallo relacionado con sus características genéticas, que influyen en un crecimiento más compacto. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de su menor tamaño, Orito muestra una buena resistencia a Sigatoka Negra, lo que sugiere que esta variedad ha desarrollado adaptaciones eficaces para manejar la enfermedad, a pesar de su menor perímetro del pseudotallo, mientras tanto Jácome (2022), nos dice que en su investigación el análisis de varianza, en la cual en la primera fecha no se registró significancia estadística entre los tratamientos, en la cual el T1 (control) fue el que presentó mayor diámetro con un total de 55.50 centímetros con un coeficiente de variación de 27.65 % , En la última fecha los tratamientos que presentaron diferencia estadística fueron el T1 (control) y el T2 silicio al 50% con un coeficiente de variación de 11.08 % respectivamente . Esto es un indicativo que el T1 (control) fue el que mejor circunferencia en el pseudotallo mostro a diferencia de los demás tratamientos en el ensayo realizado.

Tabla 15. Perímetro del pseudotallo (cm) en banano y plátano

Perímetro del pseudotallo (cm)	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	52,70 b
T2 Morado	65,30 a
T3 Hartón	49,30 b
T4 Orito	39,30 c
T5 Filipino	49,65 b
T6 Barraganete	49,35 b
T7 Williams	50,65 b
T8 Gros Michel	49,50 b
C V (%)	7,24

Elaborado por: (Sánchez y Zamora 2024).

11.9. Diámetro del fruto.

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al diámetro del fruto en diferentes cultivares de musáceas revela variaciones significativas en el tamaño de los frutos entre los cultivares evaluados. Hartón (14,00 cm) presenta el diámetro de fruto más grande, significativamente superior al de los demás cultivares. Filipino (13,65 cm) y Morado (13,40 cm) también tienen diámetros de fruto grandes, lo que indica que no hay diferencias estadísticas significativas entre ellos, y que estos cultivares son comparables en tamaño de fruto. En contraste, Barraganete (12,20 cm), Valery (11,90 cm), Orito (11,60 cm), Gros Michel (11,50 cm) y Williams (11,30 cm) tienen diámetros de fruto menores.

Mientras que Rodriguez (2021) nos dice en su investigación con la aplicación de 100 Gy se obtuvieron frutos más largos con 6.7 pulgadas, en igualdad estadística con las dosis de 80. 120, 60 y 40 Gy, que presentaron promedios entre 6.3 y 6.6 pulgadas, superiores estadísticamente al tratamiento con 20 Gy y al testigo que produjeron frutos de 5.6 y 5.5 pulgadas de longitud, respectivamente.

Tabla 16. Diámetro del fruto (cm) en banano y plátano

Diámetro del fruto (cm)	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	11,90 b
T2 Morado	13,40 a
T3 Hartón	14,00 a
T4 Orito	11,60 b
T5 Filipino	13,65 a
T6 Barraganete	12,20 b
T7 Williams	11,30 b
T8 Gros Michel	11,50 b
C V (%)	6,73

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024).

11.10. Peso del racimo (kg).

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso del racimo de musáceas revela diferencias significativas en el rendimiento en términos de peso entre los diferentes cultivares evaluados. Valery (19,00 kg) tiene el peso de racimo más alto lo que indica su alto potencial para la producción de racimos, colocándose significativamente por delante de los demás cultivares y estableciéndose como el más productivo en términos de peso de racimo. Williams (16,70 kg) y Gros Michel (16,30 kg) también muestran un peso de racimo elevado. En contraste, Hartón (12,70 kg), Morado (12,68 kg), Filipino (12,10 kg) y Barraganete (10,70 kg) tienen pesos de racimo menores. Esto significa que no hay diferencias significativas en el peso de racimo entre estos cultivares, aunque todos presentan un rendimiento inferior comparado con los cultivares. Finalmente, Orito (7,10 kg) tiene el peso de racimo más bajo, sin embargo, a pesar de su menor peso, Orito es altamente apreciado en el mercado por otras cualidades, como su sabor o características específicas que pueden ser valoradas por los consumidores.

Mientras tanto Bustamante (2021), presenta los datos obtenidos en su investigación del peso neto del racimo, en el cual demuestra que plantas con niveles de calificación 4 tienen diferencia estadística frente al testigo con un valor t de 0.01. Las plantas 367 y 1023 obtuvieron un nivel de 4, presentando un peso neto de 25.5 kg, mientras que el testigo tuvo calificación 3 pesando 22 kg, las demás plantas estuvieron entre los 10 y 21 kg.

Tabla 17. Peso del racimo (kg) en banano y plátano

Peso del racimo (kg)	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	19,00 a
T2 Morado	12,68 c
T3 Hartón	12,70 c
T4 Orito	7,10 d
T5 Filipino	12,10 c
T6 Barraganete	10,70 c
T7 Williams	16,70 b
T8 Gros Michel	16,30 b
C V (%)	10,88

Elaborado por: (Sánchez y Zamora 2024).

11.11. Número de manos por racimo.

De acuerdo con el análisis estadístico existe diferencias significativa entre los tratamiento en cuanto al número de manos en distintos cultivares de musáceas revela que Gros Michel tiene el mayor promedio con 7,20 manos por racimo, destacándose significativamente en la producción seguido por Orito que también muestra un alto número de manos con un promedio de 6,90 manos por racimo, mientras que Williams y Valery tienen promedios de 6,40 y 6,30 manos por racimo, respectivamente, situándose en un rango intermedio. Morado sigue con un promedio de 6,10 manos por racimo, mientras que Hartón, Barraganete y Filipino presentan los promedios más bajos con 5,10, 4,60 y 4,60 manos por racimo, respectivamente. El Coeficiente de Variación (C.V.) del 9,03% sugiere una variabilidad moderada en los datos, indicando que las diferencias en la producción de manos entre los cultivares son consistentes y fiables.

Por otro lado, Luna (2019), en su investigación nos dice que los datos tomados muestrearon que el mayor Número de manos de racimos deschivado es para el tratamiento T1 (Falsa + 1), con 11,90 manos; seguidos de los tratamientos T2 (Falsa + 2), T4 (Falsa + 4) y T3 (Falsa + 3) con 10,58; 9,75 y 9,58 en su orden.

Tabla 18. Número de manos en banano y plátano

Número de manos	
Tratamientos	Promedios
T1 Valery	6,30 bc
T2 Morado	6,10 c
T3 Hartón	5,10 d
T4 Orito	6,90 ab
T5 Filipino	4,60 d
T6 Barraganete	4,60 d
T7 Williams	6,40 bc
T8 Gros Michel	7,20 a
C V (%)	9,03

Elaborado por: Sánchez y Zamora (2024)

12. IMPACTOS

12.1. Ambiental

El impacto ambiental de la Sigatoka Negra es muy considerable, ya que el control intensivo de esta enfermedad mediante fungicidas puede contaminar el suelo y el agua, afectando la biodiversidad local. Además, el uso constante de estos productos favorece la aparición de cepas resistentes, lo que requiere el uso de fungicidas más potentes, exacerbando la contaminación y las emisiones de carbono por el uso de maquinaria. La pérdida de productividad en áreas gravemente afectadas puede llevar a la expansión agrícola y la deforestación, lo que altera los ecosistemas y provoca erosión del suelo y cambios en el ciclo hidrológico.

12.2. Social

La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) afecta gravemente no solo la producción agrícola, sino también la vida social de las comunidades que dependen del cultivo de banano y plátano. Esta enfermedad puede reducir la producción, provocando pérdida de empleos e ingresos, lo que agrava la inseguridad alimentaria en regiones donde estos cultivos son esenciales. Además, el aumento de los costos de producción debido al manejo de la enfermedad impone una carga adicional sobre los pequeños agricultores, quienes pueden verse obligados a emigrar en busca de mejores oportunidades, lo que intensifica la urbanización y los problemas sociales en las ciudades. El uso de fungicidas para controlar la enfermedad también plantea riesgos para la salud, y las desigualdades sociales pueden profundizarse, ya que las grandes plantaciones tienen más recursos para enfrentar la situación. Finalmente, la reducción de ingresos en las familias afectadas puede limitar el acceso a la educación, impactando negativamente el desarrollo humano y las oportunidades futuras.

12.3. Económico

La Sigatoka Negra tiene un impacto económico considerable en las plantaciones de banano y plátano al reducir los rendimientos y la calidad de la fruta, lo que aumenta los costos de producción debido al uso intensivo de fungicidas y prácticas de manejo. Esto disminuye la competitividad de los productores, afectando sus ingresos y la seguridad alimentaria en regiones donde estos cultivos son esenciales. Además, la enfermedad puede afectar negativamente la economía local y nacional, reduciendo el PIB agrícola y los ingresos por exportaciones, y provocando pérdida de empleo en las zonas rurales.

13. CONCLUSIONES

- Se analizó que en cultivo de banano de la variedad Williams que la hoja 3 (81,82), en la hoja 4 (90,36) y en hoja 5 (120,73) tuvo una mayor incidencia de sigatoka según determina la escala de stover
- En los parámetros morfológicos del cultivo de banano el análisis revela que la variedad Morado (10,70) y Orito (10,40), tuvieron una mejor respuesta física en cuanto a la resistencia a sigatoka negra a diferencia que la variedad Williams presento una mayor afectación en el área foliar en el cultivo de banano.
- El análisis del cultivo de plátano la variedad Hartón (8,50) y filipino (8,40) tuvieron una mejor respuesta física en cuanto a la resistencia a sigatoka negra a diferencia que la variedad diferencia la variedad Barraganete (7,30) presentó una menor resistencia a la sigatoka negra.
- Se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad de sigatoka negra y se determinó que en el cultivo de banano la variedad Gros Michel obtuvo mayor incidencia en su primer ciclo productivo

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los productores cultivar las variedades de banano Morado y Orito ya que estas variedades presentan mayor resistencia a sigatoka negra y demostraron mejor respuesta física, mayor capacidad de mantener las hojas y asegurar un desarrollo foliar e incorporar otras variedades de banano que presente condiciones más adaptables
- Se recomienda continuar evaluando estas variedades de musáceas durante un período más prolongado, con especial énfasis en los manejos espaciales, para obtener una comprensión más completa de su desempeño y adaptación.
- Se recomienda implementar labores culturales como una medida de preventiva para mitigar la enfermedad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en los cultivos de musáceas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Arevalos, T. (2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *Ciencias interculturalidad*. Obtenido de ameliCA: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/416/4163651011/>
- Ayora, I. (09 de Junio de 2020). Ecuador Bananas Volumen De Las Exportaciones Alemania Estados Unidos Enfermedades De Las Plantas Perdida Economica. Obtenido de Banco Central del Ecuador: <https://biblioteca.bce.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=33120>
- Baquet, J. (13 de Septiembre de 2020). Control Químico en el Manejo integrado de la Sigatoka Negra (*MyMycosphaerella fijiensis* Morelet). Obtenido de Ditisa.
- Baridon, E. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Obtenido de <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.12>
- Bautista, L. (2017). Eficacia del fungicida (*Mancozeb 800 g/kg WP*) para el control de Sigatoka (*Micosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Mussa acuminata* AAA. Variedad *Williams*. quevedo).
- Boletines Exportamos S.A. (2018). Ficha de Requisitos Técnicos de acceso al mercado de EE.UU. Obtenido de <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Bananas%20Cavendish%20Valery.pdf>
- Bravo, M. (10 de febrero de 2016). Manejo de la Sigatoka Negra en Banano. Obtenido de itzonamay: http://wwa.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2016-9.pdf
- Burgos, R. (08 de Agosto de 2019). Sistema de predicción biológica para controlar la Sigatoka negra. Obtenido de promusa.
- Bustamante, A. (2021). Selección de material genético de banano cv. Williams (*Musa* AAA) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), mutados con radiación gamma. EL CARMEN.
- Bustamante, I. E. (2019). Selección de material genético de banano cv. Williams (*Musa* AAA) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), mutados con radiación

- gamma. Quevedo: Universidad Técnica de Quevedo. Obtenido de repositorio utq: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3842>
- Calle, M. (2021). Bananos (Musa AAA): Importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 1046-1046. Obtenido de redalyc: <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Castillo, A. (02 de mayo de 2021). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. Obtenido de informe bananaero: <https://www.produccion.gob.ec/>
- Castro, B. (2015). Caracterización morfológica y patogénica de las poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis*, en el cultivo de Plátano. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4069497e-befc-4e13-8d14-f0e50b363f7e/content>
- Cedeño, G. (2019). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Obtenido de <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Cerdas, R. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *Intersedes*, 19(39). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582018000100172
- Churchill, J. (17 de mayo de 2011). Amenazas de las manchas foliares de Sigatoka (*Mycosphaerella spp.*) en la producción. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7266829.pdf>
- Cobos, D. (2014). Estudio comparativo del rendimiento del plátano Barraganete VS plátano Dominicó. Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>
- Costa, P. (03 de Junio de 2018). Plagas y enfermedades en el cultivo del plátano / BASF. Obtenido de agriculture.basf.com: <https://agriculture.basf.com/co/es/contenidos-de-agricultura/plagas-enfermedades-banano.html>
- croplifela.org. (19 de Enero de 2019). Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis*). Obtenido de croplifela: <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/sigatoka-negra>

- Díaz, D. (11 de septiembre de 2015). Morfología y Taxonomía de *Musa L.* Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19162/44523_58177.pdf
- El Productor. (26 de Febrero de 2018). Características de una planta de banano orito. Obtenido de <https://elproductor.com/2018/02/caracteristicas-de-una-planta-de-banano-orito/>
- Espinoza, D. (2021). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka Negra en bananos y plátanos. 3. doi:DOI:10.1590/S1982-56762008000300003
- Fernandez, A. (2012). Orden Zingiberales: las musáceas y su relación con plantas afines. *Scielo*, 171-178. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100014
- Gutiérrez, G. (14 de marzo de 2017). INIAP gestiona el desarrollo y evaluación de alternativas para el manejo de musáceas en Ecuador. Obtenido de Iniap: <https://www.iniap.gob.ec/iniap-gestiona-el-desarrollo-y-evaluacion-de-alternativas-para-el-manejo-de-musaceas-en-ecuador/>
- Iniap. (9 de mayo de 2019). Manejo integrado del virus del estriado del banano (BSV): dinámica poblacional de vectores, prácticas culturales y químicas. Obtenido de Instituto de investigaciones Agropecuaria: <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (02 de mayo de 2019). Banano, plátano y otras musáceas. Obtenido de Iniap: <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Intriago, E. B. (2021). Selección de material genético de banano cv. Williams (*Musa AAA*) resistente a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*), mutados con radiación gamma. reposorio utq. Obtenido de reposorio utq: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/50dcaf42-46ec-4271-80f0-01dc993e73c1/content](https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/50dcaf42-46ec-4271-80f0-01dc993e73c1/content)
- Jaramillo, A. (Septiembre de 16 de 2020). Sigatoka negra en banano. Obtenido de celuzag: <https://celuzag.mx/es/2021/01/22/sigatoka-negra-en-banano/>
- Lara, J. P. (octubre de 05 de 2020). Complejo Tánico Cúprico Formato Amónico (PHYTON – 27), nueva alternativa para el manejo de Sigatoka negra en el cultivo de Banano

orgánico. Obtenido de reposorio manabi s.a:
<http://www.ecuanoticias.com.ec/infoagricola3.html>

Luna, M. E. (2019). "Manejo y prevención de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano, en la hacienda Banaloli 1, zona de Babahoyo . babahoyo.

Manriquez, C. (14 de mayo de 2018). Producción bananera de Ecuador será fortalecida. Obtenido de Nuevo Ecuador: <https://www.agricultura.gob.ec/produccion-bananera-de-ecuador-sera-fortalecida/>

Marin, E. (23 de abril de 2003). Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra en bananos: estado actual y perspectivas . Obtenido de redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116158009.pdf>

Martinez, M. (02 de julio de 2018). Efecto de altas densidades y dos sistemas de siembra sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de plátano (*Musa AAB*) bajo condiciones de regadío. Quevedo: UTEQ. Obtenido de reposorio digital iniap: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1573/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2047.pdf>

Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (Septiembre de 2007). Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01N583.pdf>

Miranda, M. (2015). Los problemas fitosanitarios presentes en las plantaciones del genero Musa en nuestro país, generan pérdidas entre el 50 % de la producción para el caso de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet.*) mientras que para el Picudo negro. Obtenido de reposorio utq: <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276027/html/>

Molina, D., & Nuñez, J. (2017). Impacto del cambio de uso del suelo sobre los servicios ambientales y biodiversidad en una sub cuenca en el municipio de la Calera. Bogotá: Tesis Ing. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/391ee8b5-9329-4e08-8fa7-8621bc11a560/content>

Montoya, L. (23 de Abril de 2022). Control de sigatoka negra: cómo abordar una de las principales enfermedades del banano. Obtenido de seipasa: <https://www.seipasa.com/es/blog/control-de-sigatoka-negra-en-banano/>

- Moreno, M. (2022). Taxonomía del banano. cotopaxi: Tesis Ing. Universidad Técnica de cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4175/1/VASQUEZ%20PARRALES%20MARIA%20JOSE.pdf>
- Navarro, J. (15 de Marzo de 2021). Plátano rojo. Obtenido de <https://www.cuerpamente.com/guia-alimentos/platano-rojo>
- Neria, C. Y. (2020). Efecto de altas densidades y dos sistemas de siembra sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de plátano (*musa aab*) bajo condiciones de regadío”. quevedo: Doctoral dissertation. Obtenido de Repositorio utq: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/225aacd0-a899-487f-afe8-8e1e427953bf/content>
- Ortega, M. (23 de abril de 2020). Producción y comercialización del banano baby (*Musa acuminata*) en el cantón La Maná. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 142-149. Obtenido de Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS.
- Pantoja, A. (2020). Cadena de producción y comercialización del banano (*Musa balbisiana*). *Dialnet*, 5(1), 44-51. Obtenido de [fao.org: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9095460](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9095460)
- Paredes, P. (2021). El Plátano: Importancia e Historia de la investigación. Obtenido de [alliancebioiversityciat: https://alliancebioiversityciat.org/es/cultivos/platanos/importancia-investigacion-historia](https://alliancebioiversityciat.org/es/cultivos/platanos/importancia-investigacion-historia)
- Pereira, A. (2018). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. Obtenido de [espol.edu.ec: https://www.dspace.https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13277/6/CAPITULO1F.pdf/bitstream/123456789/13277/6/CAPITULO1F.pdf](https://www.dspace.https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13277/6/CAPITULO1F.pdf/bitstream/123456789/13277/6/CAPITULO1F.pdf)
- Pinto, J. (03 de Mayo de 2019). Evaluation of banana hybrids for tolerance to black leaf streak (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in Puerto Rico. Obtenido de Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219413002299>

- Productores de Banano Filipino. (19 de Noviembre de 2018). Productores de banana filipinos cosechan frutos de los vínculos con China. Obtenido de http://spanish.xinhuanet.com/2018-11/19/c_137617086.htm
- Puelles, R. (2020). Efecto de Sustratos Foliareos Sobre la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Banano (*Musa × paradisiaca*L.) y Plátano (*Musa acuminata* Colla). *Scielo*, 67(4). Obtenido de scielo.cl: <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000400012>
- Ramirez, P. (05 de Diciembre de 2017). La Sigatoka Negra, la enfermedad del Banano. Obtenido de semillas del valle: <http://semillasvalle.com>
- Rodas, M. (01 de Julio de 2021). Sigatoka negra bananeros y plátaneros. Obtenido de ApsMembership: <http://www.promusa.org/>
- Rodriguez, L. (2021). Susceptibilidad de banano cv. Williams a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) sometido a diferentes dosis de rayos gamma” . quevedo. Obtenido de repositorio utq: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5bcda07a-c25a-4559-8cb2-75916c10e35d/content>
- Saenz, A. (2010). Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agriculturas. *Nations Unies CNUCED*. Obtenido de BANANO - Perfil de INFOCOMM: https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp01_Banana_es.pdf
- Vargas, A. (17 de mayo de 2019). Análisis de costos de Sigatoka Negra en el Cultivo de Banano. Obtenido de Dspace en espol: <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/Analisis%20de%20costos%20de%20Sigatoka%20Negra%20en%20el%20Cultivo%20de%20banano%20.pdf>
- Velasquez, M. (07 de octubre de 2017). Medidas para la producción sostenible de banano. Obtenido de bpmesoamerica: https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2019/12/GIZ-Medidas-para-la-produccion-sostenible-de-banano_low.pdf
- Vera, J. (Junio de 2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en. 3(33). Obtenido de Scielo: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000300003>

Yagual, M. (2009). Sigatoka negra del banano: síntomas, control e indicadores. Obtenido de Escuela Superior Politécnica Del Litoral- ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5263/1/D-38649.pdf>

Zambrano, I. (2019). El Cultivo del Plátano. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2095/40195_24824.pdf