



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL
CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA DE MUSA
AAA.**

**SANCHEZ CUEVA CESAR OMAR
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL
CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA DE
MUSA AAA.**

**SANCHEZ CUEVA CESAR OMAR
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN
EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA
DE MUSA AAA.**

**SANCHEZ CUEVA CESAR OMAR
INGENIERO AGRONOMO**

CERVANTES ALAVA ABRAHAN RODOLFO

**MACHALA
2023**

EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA DE MUSA AAA

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	6 %	1 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1 %
2	Submitted to Institución Universitaria Digital de Antioquia Trabajo del estudiante	1 %
3	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.uti.edu.ec Fuente de Internet	1 %
5	www.inisav.cu Fuente de Internet	1 %
6	xdoc.mx Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 50 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

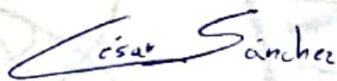
El que suscribe, SANCHEZ CUEVA CESAR OMAR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA DE MUSA AAA., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



Cesar Sanchez

SANCHEZ CUEVA CESAR OMAR

0706152857

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en mi vida agradezco a Dios por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar un peldaño más de mis metas, y porque tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo.

A mi padre Osmar Sánchez y a mi madre Irlanda Cueva, agradezco su confianza y apoyo brindado en todo el trayecto de mi vida, brindándome su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Y sé que están orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi hermana Belén Sánchez, juntos hemos pasado momentos felices y duros en nuestra existencia y uno de los seres más importantes de mi vida.

A mi familia, quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido un pilar fundamental en mi vida.

A la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, a sus autoridades y profesores, por abrir sus puertas y darme la confianza necesaria para triunfar en la vida y transmitir sabiduría para mi formación profesional. En especial por su esfuerzo, dedicación, colaboración y sabiduría para ser un profesional de éxito a los Ingenieros Dr. Abraham Cervantes Álava, Dr. José Quevedo Guerrero, Ing. Agri. Julio Chabla Carrillo, Ing. Irán Rodríguez Delgado y el Ing. Trossky Maldonado.

César Omar Sánchez Cueva

DEDICATORIA

Dedico mi Trabajo de Titulación a Dios a quién amo y admiro, a mis extraordinarios Padres por su noble dedicación y amor, por ser mis amigos, mis consejeros, por siempre guiarme y ser la voz y bendición de Dios como prioridad en mi vida.

En especial a mi difunto padre, ya que el sueño que tenía era verme culminado mis estudios universitarios y seguir preparándome para triunfar en la vida, él me vio iniciar el proceso que estoy culminando pasando por momentos muy dolorosos como fue su partida de este mundo terrenal. Estoy seguro que estaría muy feliz y orgulloso verme llegar a la meta tan anhelada.

A mi familia Sánchez Montero, abuelos, tíos, tías, primos y primas porque me han brindado su apoyo incondicional, por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como profesional. Los llevo siempre presentes en mi mente agradecido por su ayuda a lo largo de mi vida universitaria.

César Omar Sánchez Cueva

“EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN UNA PLANTILLA DE MUSA AAA”.

RESUMEN

Autor: César Sánchez

Tutor: Dr. Abrahan Cervantes Álava

Esta investigación se enfoca en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plantaciones de banano, una enfermedad que requiere el uso continuo de fungicidas y prácticas de cultivo. Dado su alto grado de virulencia, las medidas preventivas se centran en la gestión eficiente de las actividades culturales y el monitoreo constante de la progresión de la enfermedad. Para lograr esto, se emplean gráficos de advertencia anticipada que determinan la estrategia óptima para la aplicación anual de fungicidas, con el objetivo de mantener los niveles de enfermedad por debajo del umbral que afecta la productividad.

Después de un período de cuatro semanas desde la aplicación inicial de los productos a las hojas, que se movieron de las posiciones 1 y 2 a las posiciones 12 y 13, se obtuvieron resultados significativos en cuanto a la infección promedio en diferentes tratamientos. Al concluir esta fase, se observaron valores de infección promedio en los tratamientos: T1 (palma) con 0.42, T2 (neem) con 0.35, T3 (girasol) con 0.31, T4 (gobernadora) con 0.30, T5 (Mancozeb) con 0.28 y T6 (grupo control) con 0.35.

Adicionalmente, se evaluó la gravedad de la enfermedad 28 días después de la administración de los tratamientos, obteniendo puntuaciones distintas en los grupos: T1 (palma) con 8.48, T2 (neem) con 6.67, T3 (girasol) con 6.36, T4 (gobernadora) con 6.06, T5 (Mancozeb) con una puntuación promedio de 5.76 y el grupo de control, T6, con 6.67. Estos resultados proporcionan una perspectiva más clara sobre la intensidad de la enfermedad en relación con los diferentes tratamientos aplicados.

Palabras clave: Sigatoka negra, Fungicidas, Virulencia, Tratamientos.

“EVALUATION OF OZONIZED VEGETABLE OILS IN THE CONTROL OF BLACK SIGATOKA IN A MUSA AAA SEED.”

ABSTRACT

Author: César Sánchez

Advisor: Dr. Abraham Cervantes Álava

This research focuses on the control of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) in banana plantations, a disease that requires the continuous use of fungicides and cultivation practices. Due to its high degree of virulence, preventive measures are centered on the efficient management of cultural activities and constant monitoring of the disease's progression. To achieve this, early warning charts are employed to determine the optimal strategy for the annual application of fungicides, with the aim of maintaining disease levels below the threshold that affects productivity.

After a four-week period from the initial application of the products to the leaves, which were moved from positions 1 and 2 to positions 12 and 13, significant results were obtained regarding the average infection in different treatments. At the end of this phase, average infection values were observed in the treatments: T1 (palm) with 0.42, T2 (neem) with 0.35, T3 (sunflower) with 0.31, T4 (governor) with 0.30, T5 (Mancozeb) with 0.28, and T6 (control group) with 0.35.

Additionally, the disease severity was assessed 28 days after the administration of the treatments, obtaining different scores in the groups: T1 (palm) with 8.48, T2 (neem) with 6.67, T3 (sunflower) with 6.36, T4 (governor) with 6.06, T5 (Mancozeb) with an average score of 5.76, and the control group, T6, with 6.67. These results provide a clearer perspective on the disease intensity in relation to the different treatments applied.

Keywords: Black Sigatoka, Fungicides, Virulence, Treatments.

Índice Contenido

Tema:.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN.....	8
Objetivo general:.....	10
Objetivos específicos:.....	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1 Cultivo de Banano.	10
2.2.1 Origen y Distribución.....	10
2.2.2 Clasificación taxonómica	11
2.2.3 Sigatoka negra en Ecuador.....	11
2.3 Alternativas para el manejo de la sigatoka negra.....	12
2.3.1 Control cultural.....	13
2.3.2 Control biológico.....	14
2.3.3 Control químico	14
2.4 Aceites Ozonizados.	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	16
3.1 Materiales.....	16

3.1.1 Ubicación del área experimental	16
3.1.2. Materiales y equipos a utilizar	17
3.1.4. Tratamientos	18
3.1.5. Variable a evaluar.....	18
3.2 Metodología	18
3.2.1 Metodología fase de campo.....	18
3.2.2 Metodología de laboratorio.....	25
3.3 Diseño Experimental	27
3.3.1 Modelo Matemático.....	27
3.3.2 Análisis estadístico.....	28
3.3.3 Promedio Ponderado de Infección (PPI).....	28
3.3.4 Índice de Infección (II).	29
3.3.5 Hipótesis.	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
4.1. Promedio Ponderado de Infección (PPI).....	30
4.2. Índice de Infección (II).	31
4.3. Índice de peróxidos de los aceites vegetales en estudio.	32
5. CONCLUSIONES.....	34
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
8. ANEXOS.....	39

Índice de Figuras

Figura 1 Mecanismo de reacción del ozono con los ácidos insaturados. (Hassan et al., 2021).....	16
Figura 2 Mapa de ubicación área experimental. Fuente: Autor.....	17
Figura 3. Preparación del suelo. Fuente: Autor.	20
Figura 4. Colocación en hilera de plántulas post trasplante. Fuente: Autor.....	21
Figura 5. Establecimiento total del área experimental. Fuente: Autor.....	21
Figura 6. Delimitación del área a observar. Fuente: Autor.	22
Figura 7. Dosificación de productos, listos para aplicación. Fuente: Autor.....	23
Figura 8. Calibración de aerógrafo para la posterior aplicación. Fuente: Autor.....	23
Figura 9. Aplicación de productos. Fuente: Autor.	24
Figura 10. Observación de lesiones a los 28 DDA. Fuente: Autor.	24
Figura 11. Reactivos usados en laboratorio. Fuente: Autor	25
Figura 12. Determinación del IP de los aceites en estudio. Fuente: Autor	27
Figura 13 Promedio ponderado de infección por tratamiento (PPI). Fuente: Autor.	30
Figura 14 Severidad de la enfermedad por tratamiento a los 28 DDA. Fuente: Autor.	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Taxonomía del agente causal de sigatoka negra.....	11
Tabla 2 Descripción de tratamientos. Fuente: Autor.	18
Tabla 3 Reactivos de laboratorio.	25
Tabla 4. Índice de peróxidos de los aceites vegetales en estudio.....	32
Tabla 5. Índice de peróxido de los aceites en estudio. Fuente: Trossky Maldonado...	32

Tabla de Anexos

Anexo 1 Promedio HR, Temperatura, HA. Fuente: Autor.	39
Anexo 2 Medición del área foliar para aplicación de productos. Fuente: Autor.	39
Anexo 3 Vista final de aceites en estudio por cálculo del IP. Fuente: Autor.	40
Anexo 4 Área delimitada para observación de piscas. Fuente: Autor.	40
Anexo 5 Vista final del área experimental. Fuente: Autor.	41

1. INTRODUCCIÓN

Con una cuota de mercado actual del 26%, Ecuador ha sido el principal exportador mundial de banano durante 25 años. El banano se encuentra entre los productos agrícolas más rentables en el Ecuador y son beneficiosos para la economía (Alzate et al., 2021). Los tipos de banano: Cavendish, orito o baby y rojos se encuentran entre las variedades de banano disponibles en el país. Las excelentes condiciones climáticas y ecológicas han permitido que pequeños, medianos y grandes productores desarrollen la explotación de banano, que permiten abastecer la demanda mundial los 365 días del año. El 90% de la producción nacional proviene de la región Costa del Ecuador y los principales mercados son la Unión Europea (UE) (42%), USA (21%), Rusia (20%), y Cono Sur (6%). Otros mercado marginales representa el 11% y lo constituye el Medio Oriente, Europa del Este, África del Norte y Asia (Cosbey & Vogt-Schilb, 2023).

De enero a noviembre de 2019, las exportaciones totalizaron 322,75 millones de cajas, un aumento de 1,67 por ciento respecto al mismo período de 2018. Sin embargo, la cifra es inferior al aumento de 2018 (6,79 por ciento), en comparación con 2017 (2,64 por ciento). El crecimiento de las exportaciones se desaceleró en 2019 a medida que aumentaron las ventas internacionales, pero en menor medida. Esto se debe a la disminución de las compras en mercados importantes como la UE, el Cono Sur y Rusia, así como a la disminución de la producción de banano que se vio afectada por las inundaciones en el invierno y el frío en el verano (Panigrahi et al., 2021).

La Sigatoka negra es una enfermedad foliar del banano causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (anamorfo *Pseudocercospora fijiensis*) y constituye el principal problema fitopatológico de género Musa: cultivo de plátano y banano (Noar et al., 2022). Dado que reduce los rendimientos y tiene un impacto en la productividad del cultivo, está presente en todos los países productores de banano y es particularmente severo en Ecuador. El patógeno mata rápidamente el tejido de las hojas, reduciendo la fotosíntesis y perjudicando el crecimiento y la producción de las plantas. Sin medidas de protección, la enfermedad puede provocar una reducción del 50% en el peso del racimo y una pérdida del 100% de la producción debido al deterioro de la calidad del fruto (largo y grosor) (Torres y Zamora, 2018).

Otro riesgo asociado al ataque de la enfermedad a las plantaciones comerciales es que puede provocar una maduración prematura de los frutos, ya sea en el campo (fruta crema) o durante el transporte a los mercados de destino. Dado que puede representar hasta el 27% del coste total de producción, la lucha contra la Sigatoka negra es una de las principales preocupaciones del sector. Sin medidas de control, la Sigatoka puede reducir hasta un 50% el peso del racimo y causar pérdidas totales de la producción (Reuveni et al., 2020).

El control de la Sigatoka negra (*M. fijiensis*) se basa en el uso continuo de fungicidas y prácticas de cultivo. Debido a la alta virulencia de *M. fijiensis*, las medidas preventivas deben concentrarse en gestionar adecuadamente las tareas culturales en la plantación y controlar continuamente la progresión de la enfermedad. Como resultado, se utilizan gráficos de advertencia anticipada para determinar la mejor estrategia de manejo de fungicidas dentro de un programa de aplicación anual. El objetivo es mantener los niveles de enfermedades por debajo del punto en el que empiezan a afectar la productividad (Drenth & Kema, 2021). El control cultural reduce las fuentes de inóculo del patógeno y las condiciones favorables para su desarrollo, así como incrementa el vigor de las plantas. Para combatir la enfermedad se requiere conocer su comportamiento a través del tiempo, su relación con el clima y las prácticas de manejo (Orozco-Santos et al., 2008).

El patógeno exhibe una alta capacidad de variación y adaptación, así como de crecimiento de poblaciones competitivas con cepas silvestres. Como enfermedad policíclica que está perpetuamente presente en las plantaciones como resultado de su cultivo permanente en regiones tropicales y las condiciones favorables para su desarrollo, *M. fijiensis* no puede ser completamente controlada y/o erradicada. El uso de clones con resistencia parcial mediante el mejoramiento convencional y la ingeniería genética son dos de esas alternativas de manejo, pero la creciente preocupación de los consumidores por los crecientes costos de la protección contra la Sigatoka negra ha obligado a buscar otras nuevas (Soares et al., 2021), la investigación de los efectos secundarios de los agroquímicos en la nutrición, y la aplicación de compostaje y lixiviados de humus, que han demostrado ser efectivos en una variedad de sistemas de producción para el control de la enfermedad (Pérez, 2006).

Objetivo general:

Determinar el efecto de aplicación de aceites vegetales en una plantilla de banano mediante la prueba de hoja simple.

Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto en el control de sigatoka negra mediante el promedio ponderado de infección PPI de la aplicación de aceites vegetales ozonizados en una plantilla de banano musa AAA.
- Determinar el Índice de infección de Sigatoka negra en los tratamientos.
- Determinar los contenidos del índice de peróxido de los fungicidas en estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA**2.1 Cultivo de Banano.**

El banano tiene su origen en Asia meridional, siendo conocido desde el año 650 después del Cristo. La especie del banano que conocemos llegó a Canarias en el siglo XV y desde allí fue traída a América en el año 1516 (Ray et al., 2021). Se refieren a un número considerable de plantas herbáceas del género Musa, tanto cultivares genéticamente puros de estas especies como híbridos creados hortícolamente a partir de las especies silvestres Musa acuminata y Musa balbisiana (Subrahmanyeswari y Gantait, 2022). Charles Linnaeus inicialmente designó a Musa paradisiaca como la especie tipo del género Musa en 1753, pero investigaciones posteriores han revelado que la compleja taxonomía del género también incluye una gran cantidad de híbridos con diferentes composiciones genéticas (Martin et al., 2023).

2.2 Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)**2.2.1 Origen y Distribución**

La Sigatoka Negra se identificó por primera vez en 1963 en la costa sudeste de Viti Levu (Islas Fiji) (Noar et al., 2022). Como resultado, se han hecho informes de su presencia en todos los países del Pacífico (incluidos el Estrecho de Torres de Australia y la

Península del Cabo York, Papúa Nueva Guinea, las Islas Salomón, Vanuatu, Nueva Caledonia, la Isla Norfolk, los Estados Federados de Micronesia, Tonga, Samoa Occidental, Niue, Islas Cook, Tahití y Hawaii). Avwerosuo y Al, (2021), afirman que Honduras fue donde se encontró por primera vez la Sigatoka negra en América Latina en 1972. Se observó más recientemente en Venezuela, Cuba, Jamaica y la República Dominicana en 1996. Se extendió hacia el sur (El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia), norte (Belice, sur de México) y este (El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá). Su propagación al resto del Caribe es ahora un hecho más que una amenaza, ya que se ha informado en Haití y Puerto Rico (Céspedes, 2008). En Ecuador fue registrada el 30 de enero de 1987, en la Hacienda "TIMBRE" en la región norte de Esmeraldas.

2.2.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómicamente es la siguiente (Ayala et al., 2014).

	Fase sexual	Fase asexual
Reino	Fungi	Fungi
División	Eumycota	Euycota
Subdivisión	Ascomycotina	Deuteromycotina
Clase	Loculoascomycetes	Hyphomycetes
Orden	Dothideales	Moniliales
Familia	Dothideaceae	Dematiaceae
Genero	Mycosphaerella	Cercospora
Especie	Fijiensis var. difformis	Fijiensis var. difformis

Tabla 1 Taxonomía del agente causal de sigatoka negra.

Adaptado de Ayala et al. (2014)

2.2.3 Sigatoka negra en Ecuador.

Abarca unas 150.000 hectáreas en Ecuador (Mihai et al., 2023), ubicados en la región costera o costera del país, particularmente en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro. La enfermedad exhibe una variedad de comportamientos como resultado del carácter cíclico y la inestabilidad del clima. En general esto es peor en las plantaciones comerciales de la provincia de Los Ríos y en la provincia de El Oro.

2.3 Alternativas para el manejo de la sigatoka negra.

Dado que permiten la creación de condiciones favorables para el desarrollo de las plantas y evitar un microclima propicio a las enfermedades, las prácticas agronómicas desempeñan un papel importante en la gestión de las plantaciones. A través de programas basados en el uso adecuado de fungicidas y otras herramientas como el aceite agrícola, se establecen "estrategias de manejo" para mantener los niveles de infección al mínimo. Las recomendaciones del FRAC (Comité de Acción de Resistencia a los Fungicidas), que rigen el uso adecuado de moléculas fácilmente disponibles mediante la rotación de diferentes modos y mecanismos de acción para minimizar el riesgo de resistencia, se aplican a la estructura de los programas a través de un portafolio que incluye el uso de un solo Fungicida de sitio y multisitio (Sapbamrer & Thammachai, 2021).

Se requiere un programa de manejo integrado de la Sigatoka negra para la producción comercial de banano y plátano, y exige que los técnicos y productores involucrados en la producción de estas musáceas tengan un profundo conocimiento de la enfermedad (Orozco-Santos et al., 2008). El método más eficaz de prevención de enfermedades en este momento implica el uso de pesticidas para controlar la enfermedad, realizando hasta 40 fumigaciones sanitarias en el primer ciclo, lo que cuesta tres cuartas partes del costo de producción y hace que el patógeno desarrolle genes de resistencia al producto. hongos. Otras prácticas culturales como el control de malezas, un drenaje adecuado, una nutrición equilibrada y una densidad de siembra suficiente pueden crear un ambiente menos favorable para la enfermedad. Los intervalos semanales de eliminación de hojas enfermas (poda y cirugía) pueden disminuir la gravedad de la enfermedad (Nasim et al., 2023).

Para romper el ciclo de los hongos, los pesticidas están diseñados para aplicarse cada siete, catorce y veintiún días, lo que se traduce en hasta 50 aplicaciones en la generación madre. Todo esto, más la exigencia de medidas de control ambientalmente seguras, hacen evidente la necesidad de investigar e implementar estrategias de manejo sostenibles como el control biológico (Dassou et al., 2023). Actualmente, se han identificado a escala de laboratorio, invernadero y campo los microorganismos que influyen en el desarrollo de Sigatoka negra. (Castillo-Arévalo, 2022).

2.3.1 Control cultural

Para reducir las condiciones que conducen al desarrollo de la enfermedad, el control cultural es crucial (Tudi et al., 2021). La práctica cultural más importante en el manejo de la Sigatoka negra, por ejemplo, es reducir los niveles de inóculo dentro de la plantación mediante prácticas sanitarias como la eliminación de hojas, la poda y la cirugía (Mbo et al., 2022). Históricamente, estos procedimientos higiénicos se han restringido a la eliminación periódica (cada una o dos semanas) de hojas o partes de ellas con lesiones avanzadas de la enfermedad (manchas con halo clorótico), idealmente antes de que liberen la mayor cantidad de inóculo.

En el suelo, el tejido se descompone más rápidamente y se reduce significativamente el tiempo que las lesiones permanecen esporulando. Además, las esporas liberadas del tejido del suelo tienen más dificultades para llegar a las hojas nuevas de mayor crecimiento de las plantas. (Olivares et al., 2021). En los últimos años, se han desarrollado nuevos métodos para eliminar el tejido foliar potencialmente infeccioso antes de que las lesiones liberen ascosporas o incluso conidias (Villalta et al., 2018). La poda temprana de hojas, también conocida como "defoliación controlada", implica eliminar una cantidad predeterminada de hojas mientras las lesiones aún son jóvenes para prepararse para la liberación de esporas del patógeno. Otro factor importante es la nutrición mineral equilibrada. Algunas sustancias, como el silicio, el cobre, el calcio, el boro y el zinc, ayudan a reducir la gravedad de la enfermedad (Poni et al., 2018).

La reducción de las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad se ve muy favorecida por el control cultural. La reducción de los niveles de inóculo dentro de la plantación es una de las prácticas culturales más importantes en el manejo de la Sigatoka Negra. Esto se logra mediante prácticas higiénicas como remoción de hojas, poda y cirugía (Knox, 2019).

Para mantener el equilibrio de los elementos en sus niveles ideales, lo que asegura una buena productividad, se requiere un manejo de la fertilización. Pueden crecer plantas fuertes y la enfermedad no puede propagarse cuando hay un suministro adecuado de calcio, magnesio y potasio, así como una proporción de nitrógeno a potasio. Es menos probable que el cultivo desarrolle Sigatoka negra cuando la nutrición se maneja para satisfacer sus necesidades. Cuando los niveles de nitrógeno son cercanos a 300

kg/ha/año, las plantas de banano exhiben un mayor nivel de tolerancia a la incidencia y severidad de la Sigatoka negra que las plantas no tratadas (Orozco-Santos et al., 2008).

2.3.2 Control biológico

Las interacciones ecológicas con otros microorganismos juegan un papel clave en la determinación de la capacidad de un hongo para prosperar en un hábitat particular, como el suelo o la superficie de un órgano vegetal. En estas interacciones, uno o más de los organismos pueden sufrir daños o reducir su nivel de actividad. Debido a su abundancia, simplicidad de aislamiento y subcultivo, y rápido crecimiento en una amplia gama de sustratos, especies como micorrizas, rizobacterias y hongos endófitos son las más utilizadas para el control biológico de enfermedades (Olowe et al., 2020). Los microorganismos conocidos como hongos endófitos (EF), que colonizan los tejidos u órganos internos de una planta sin causar ningún daño a la planta, pueden cambiar la fisiología al promover el crecimiento y mejorar la resistencia al estrés provocado por factores bióticos o abióticos (Beltran-Garcia et al., 2021).

2.3.3 Control químico

Para controlar eficazmente la enfermedad y aumentar la productividad de la plantación mientras se generan ganancias, el uso de fungicidas es crucial en las plantaciones. Estos fungicidas se dividen en tres categorías según su funcionamiento: fungicidas sistémicos monositio o bisitio, fungicidas con acción sistémica localizada y fungicidas protectores o multisitio. Estos desarrollos protegen las plantaciones de banano al reducir la respiración celular en el complejo II del hongo al inhibir el crecimiento de los tubos germinales, los apresorios y el crecimiento después de penetrar el tejido de las hojas.

Por otro lado, los inhibidores de la enzima succinato desoxihidrogenasa (SDHI) es una de las nuevas moléculas fungicidas que la industria de la ciencia de los cultivos ha descubierto y desarrollado en un esfuerzo por disminuir los efectos de la Sigatoka negra (Cannon et al., 2022). Los fungicidas protectores tienen un impacto sobre la oxidación de los ácidos grasos, la síntesis de energía/ATP (trifosfato de adenosina), el metabolismo de las proteínas y la enzima deshidrogenasa. Los fungicidas de ditiocarbamato, de los cuales son miembros Mancozeb, Propineb y Clorotalonil, son las clases de fungicidas más utilizadas (Maksimov et al., 2021). El movimiento de fungicidas con acción sistémica localizada es mínimo o inexistente dentro de las hojas. Las aminas y las anilino-pirimidinas son las dos categorías de fungicidas utilizados. Los fungicidas

sistémicos son fungicidas altamente específicos que normalmente solo afectan una etapa de la fisiología del patógeno (monositio). Los fungicidas que se emplean se clasifican en las siguientes categorías: inhibidores de la desmetilación (DMI), fungicidas de amina, inhibidores de Qo (Qol), anilino pirimidinas (AP), bencimidazoles (BCM), n-fenilcarbamatos, fungicidas SDHI, guanidinas y multisitio (Arauz, 2020).

2.4 Aceites Ozonizados.

Hace más de un siglo se hizo un destacado hallazgo en el ámbito de la utilización de aceites vegetales ozonizados con fines médicos, farmacéuticos y cosméticos. La literatura internacional de patentes ha debatido extensamente los procedimientos empleados para la obtención de estos aceites vegetales ozonizados (Ugazio et al., 2020). Muchos de los aceites vegetales que se encuentran en el mercado han sido sometidos al proceso de ozonización de acuerdo a los métodos patentados. Aunque algunos países han comenzado a producir estos aceites vegetales ozonizados de forma natural, la información disponible en cuanto a su composición química, procedimientos de preparación estandarizados, estabilidad, control de calidad y actividad antimicrobiana es escasa y limitada (Prakash et al., 2018).

Cuando se produce la reacción entre el ozono y los ácidos grasos insaturados que conforman los triglicéridos presentes en los aceites y grasas vegetales, se generan diversos productos oxigenados, como hidroperóxidos, ozónidos, diperóxidos, peróxidos y poliperóxidos (Sawpan, 2018). Estos compuestos son los que confieren la amplia actividad biológica a los aceites vegetales ozonizados (Tangpao et al., 2022). El mecanismo de esta reacción, formulado originalmente por Criegee, sigue siendo aplicable en la actualidad para describir la reacción de compuestos insaturados con el ozono. El aspecto clave de este mecanismo radica en la capacidad de explicar la formación de productos peroxídicos a partir de un solo intermediario, conocido como el zwitterion de Criegee u óxido de carbonilo (Hassan et al., 2021).

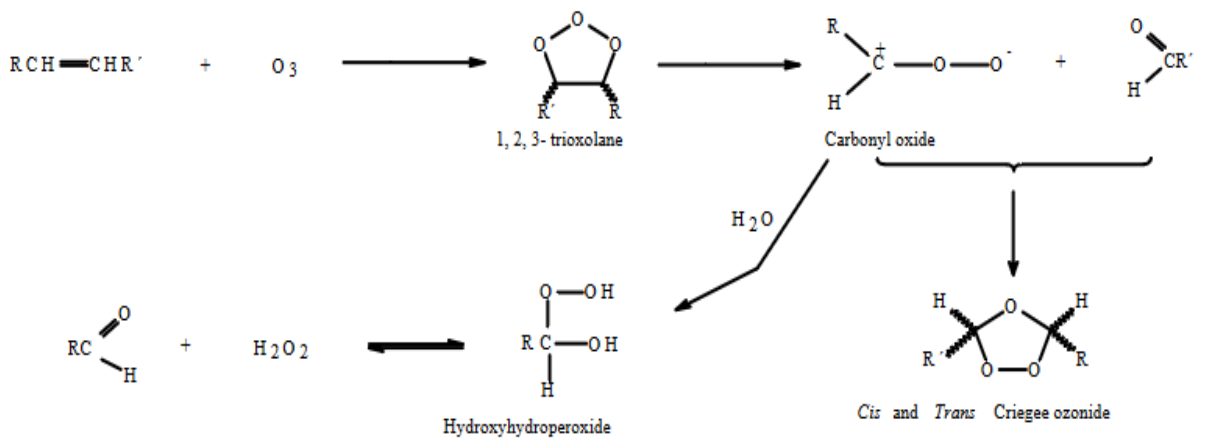


Figura 1 Mecanismo de reacción del ozono con los ácidos insaturados. (Hassan et al., 2021)

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del área experimental

El presente trabajo de titulación se realizó en la granja experimental de Santa Inés de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5,5 de la vía Machala-Pasaje, perteneciente a la parroquia El Cambio del Cantón Machala, provincia de El Oro. Geográficamente, el área experimental se encuentra entre las siguientes coordenadas:

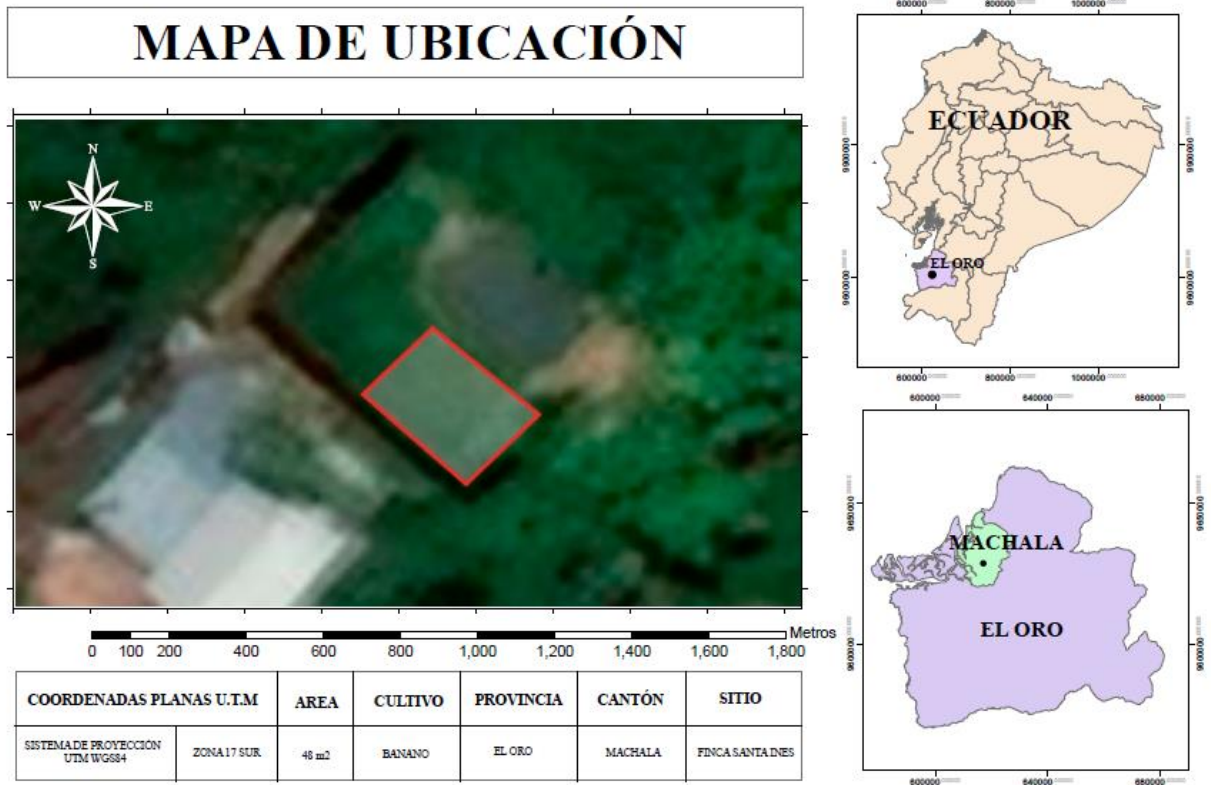


Figura 2 Mapa de ubicación área experimental. Fuente: Autor

COORDENADAS UTM

Latitud Este: 620558

Latitud Norte: 9635916

Altitud: 11 msnm

3.1.2. Materiales y equipos a utilizar

- **Materiales de campo**

Plántulas de banano

Aerógrafo

Tanque de oxígeno de 8 litros

Aceites vegetales Ozonizados

Fundas plásticas de basura biodegradables

Agua destilada

Emulsificante

Tablero

Lámina de plástico
Kit de bioseguridad
Lupa graduada

3.1.4. Tratamientos

Se estudiaron seis tratamientos con las siguientes identificaciones para la evaluación:

Tratamiento	Ingrediente Activo	l/ha producto
T1	Extracto de palma + emulsificante	2L/ha (14,29 cm ³)
T2	Extracto de neem	7L/ha (50cm ³)
T3	Extracto de girasol	2L/ha (14,3cm ³)
T4	Extracto de gobernadora	0.7 L/ha (5,3cm ³)
T5	Mancozeb	2L/ha (12,5cm ³)
T6	Testigo	0

Tabla 2 Descripción de tratamientos. Fuente: Autor.

3.1.5. Variable a evaluar.

En este estudio, la variable primordial bajo consideración fue la cuantificación de las lesiones causadas por el hongo de Sigatoka negra, clasificadas según una escala de grados del 0 al 6. Es relevante destacar que la aplicación de los fungicidas objeto de investigación se llevó a cabo de manera unitaria en la semana 0, cuando las hojas se encontraban en las posiciones 1 y 2. Se procedió a registrar la progresión de la enfermedad en la semana 4 posterior a la aplicación, período durante el cual las hojas se habían desplazado a las posiciones 12 y 13, respectivamente.

3.2 Metodología

3.2.1 Metodología fase de campo.

El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en una plantilla de banano de 3 meses de edad a partir de trasplante y con 6 hojas funcionales de la variedad Williams en la granja experimental Santa Inés.

Para iniciar el proceso de ensayo, se procedió a la preparación del espacio, incluyendo la instalación de una cubierta tipo invernadero, así como la delimitación del área de trabajo mediante el uso de cinta de precaución. Previamente, se había acondicionado

el sustrato con anticipación, asegurando una textura que varía entre franco arenosa y franco arcilloso, que promueve un buen drenaje y es particularmente rico en contenido de materias nitrogenadas. Posteriormente se colocó en fundas plásticas el sustrato y se procedió a trasplantar las plántulas de banano de 3 meses de edad. Se instaló un sistema de riego por goteo. Se mantuvo humedad constante, fertilización cada 10 días, con el objetivo de mantener un equilibrio en el manejo agronómico de la plantilla.

A partir del trasplante y manteniendo las condiciones óptimas en todas las unidades experimentales, se esperó alrededor de un mes para que las plantas cuenten con un mínimo de 6 hojas funcionales para llevar a cabo la aplicación de los fungicidas en estudio.

Para la atomización de los aceites ozonizados se utilizó un tanque de ocho litros de oxígeno anexado a un aerógrafo, para realizar la aplicación en la mitad del lado izquierdo de la hoja 1 y 2, el resto de las hojas inferiores, se las tapará con una funda para evitar que reciban producto.

La aplicación se la realizó por una sola vez y para cada dosis de aceite ozonizado, es un tratamiento, se realizaron 6 tratamientos con 5 repeticiones cada uno, teniendo un total de 30 unidades experimentales. Después de la aplicación de los productos se realizó el control a las 4 semanas después de la fumigación, cuando sus hojas ya se encontraban en la posición 12 y 13 respectivamente.



Figura 3. Preparación del suelo. Fuente: Autor.



Figura 4. Colocación en hilera de plántulas post trasplante. Fuente: Autor.



Figura 5. Establecimiento total del área experimental. Fuente: Autor.



Figura 6. Delimitación del área a observar. Fuente: Autor.



Figura 7. Dosificación de productos, listos para aplicación. Fuente: Autor.



Figura 8. Calibración de aerógrafo para la posterior aplicación. Fuente: Autor



Figura 9. Aplicación de productos. Fuente: Autor.



Figura 10. Observación de lesiones a los 28 DDA. Fuente: Autor.

3.2.2 Metodología de laboratorio.

Metodología para índice de Peróxidos

REACTIVOS

* Ácido acético glacial	*Thiosulfato de sodio	*Yoduro de potasio
* Cloroformo	* Carbonato de sodio	*Agua destilada
*Almidón soluble	*Dicromato de potasio	

Tabla 3 Reactivos de laboratorio.



Figura 11. Reactivos usados en laboratorio. Fuente: Autor

Preparación de soluciones a ocupar

1. **Solución De Ácido Acético + Cloroformo (3:2)** medir y mezclar 90ml de ácido acético + 60 ml de cloroformo (etiquetar esta mezcla)
2. **Solución De Almidón Al 1% P/V**

50 ml de agua destilada.

0,5 g. de almidón soluble

Calentar el agua destilada hasta que hierva. Agregar el almidón al agua hirviendo y agitar hasta que se disuelva quedando un color transparente. Luego filtrar el producto y dejar reposar por 30 minutos hasta que enfríe.

3. **Solución De Thiosulfato De Sodio Al 0,1n**

Disolver 2,5 g de Thiosulfato de sodio en 80ml de agua destilada y agregar 0,2 g de Carbonato de sodio. Agitar bien la mezcla. Solución de thiosulfato de sodio AL 0,01N: Disolver 0,25 g de Thiosulfato de sodio en 80ml de agua destilada y agregar 0,02 g de Carbonato de sodio. Agitar bien la mezcla

Agregar agua destilada suficiente hasta completar el volumen final de 100 ml.

Estabilizar la solución preparada con Dicromato de Potasio.

4. Solución Saturada De Yoduro De Potasio

Poner en un tubo de ensayo con tapa 2ml de agua destilada.

Agregar al tubo de ensayo el cristal de Yoduro de potasio con una espátula y agitarlo hasta disolverlo, seguir agregando yoduro de potasio y agitando hasta que los cristales de yoduro no se disuelvan más. Etiquetar el tubo de ensayo.

MÉTODO

1. En un matraz Erlenmeyer, tomar una muestra de 5 g de aceite. Pesar y anotar el peso exacto de la muestra.
2. Tomar 30 ml de la solución 3:2 de ácido acético + cloroformo y verterlo en el matraz Erlenmeyer de la muestra de aceite. Agitar bien la mezcla.
3. Agregar 1 ml de la solución saturada de Yoduro de potasio, tapar y agitar en ambas direcciones por un minuto. Dejar reposar por cinco minutos protegido de la luz.
4. Agregar 30 ml de agua destilada al matraz Erlenmeyer de la muestra, agitar por un minuto para disolver el yoduro liberado en el agua.
5. Valorar con la solución de Thiosulfato de sodio 0,01N hasta ligero color amarillo en la fase acuosa.
6. Adicionar (0,5 ml) unas 8 a 10 gotas de la solución de almidón al 1%. (Cambia la solución del matraz Erlenmeyer a color azul)
7. Continuarla valoración hasta la desaparición del color azul en la fase acuosa de la muestra.
8. Anotar el volumen total de thiosulfato usado en esta valoración
9. Realizar este mismo procedimiento para el testigo o blanco, pero sin mezcla de aceites o grasas
10. Proceder a la interpretación de los resultados.



Figura 12. Determinación del IP de los aceites en estudio. Fuente: Autor

3.3 Diseño Experimental

El diseño experimental fue una parte crítica de este estudio, planificado con atención para evaluar de manera precisa los efectos de los aceites vegetales ozonizados en el control de sigatoka negra. Los tratamientos seleccionados incluyeron los aceites de girasol, neem y palma que se habían sometido al proceso de ozonización. También se incorporaron al estudio productos químicos como el Mancozeb y el extracto de gobernadora, conocidos por sus propiedades antifúngicas, junto con el tratamiento testigo o sin aplicación de producto.

El diseño experimental se aplicó empleando una estrategia de selección de diseño aleatoria completa o un diseño factorial, dependiendo de las propiedades de las variables y factores relevantes. La utilización del diseño aleatorio completo posibilitó la asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales, con el fin de reducir cualquier posible sesgo y asegurar una evaluación imparcial de los resultados. Se estableció un diseño completamente al azar (DCA) de 6 tratamientos con 5 repeticiones, conformando 30 unidades experimentales.

3.3.1 Modelo Matemático.

El modelo matemático (diseño aditivo lineal) DCA diseño completamente al azar usado en campo viene simbolizado mediante la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

con i que va desde 1 hasta el número total de tratamientos.

con j que va desde 1 hasta el número total de repeticiones.

Letras griegas: Y =ípsilon ; μ miu ; τ =tau; e =épsilon.

Donde: Y_{ij} : observación obtenida en el i -ésimo tratamiento y la j -ésima réplica en la UE (VD estudiada)

μ : media general de la variable respuesta (gran media).

τ_i : indica el efecto del i -ésimo tratamiento, o sea, es el efecto de los niveles o versiones del factor en estudio

e_{ij} : error experimental asociado, o sea, la desviación en el i ésimo tratamiento y la j -ésima réplica (error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij}) Es la parte de la variable Y_{ij} no explicada ni por μ ni por τ_i .

3.3.2 Análisis estadístico.

En este apartado, se realizaron análisis estadísticos con el propósito de valorar las disparidades entre los conjuntos o tratamientos investigados en el análisis. Se utilizaron dos metodologías esenciales para este fin: Promedio Ponderado de Infección (**PPI**) e Índice de infección (**II**).

3.3.3 Promedio Ponderado de Infección (PPI).

Se calcula sumando el producto del porcentaje de cada grado de infección por el grado respectivo y dividiendo entre 100. Esta variable fluctúa entre 0 y 6, donde entre mayor es el valor, mayor es la severidad (Marín, 2018).

$$PPI = \sum (\% \text{ Hojas Infectadas por grado} \times \text{grado correspondiente}) / 100$$

3.3.4 Índice de Infección (II).

Es una expresión porcentual de la severidad de la enfermedad calculado mediante la sumatoria del producto de la cantidad de hojas en cada grado por el grado respectivo, dividido por el número de grados evaluados menos 1, y multiplicados por el número de hojas evaluadas, lo cual finalmente se multiplica por 100. Este índice fluctúa de 0 a 100, donde valores mayores indican mayor nivel de severidad (Marín, 2018).

$$II = \frac{[\sum (\text{No. Hojas Infectadas por grado} \times \text{grado correspondiente})] \times 100}{(\text{Grados evaluados} - 1) \times \text{Hojas totales evaluadas}}$$

3.3.5 Hipótesis.

El impacto de productos orgánicos ozonizados de naturaleza fungicida en la gestión de la infección causada por el hongo sigatoka negra en plantas de banano del grupo genético AAA, en un ambiente controlado como un invernadero.

Ho: Ninguno de los extractos ozonizados influye significativamente en el control de sigatoka negra.

Ha: Al menos una dosis de los extractos ozonizados influye significativamente en el control de sigatoka negra.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Promedio Ponderado de Infección (PPI).

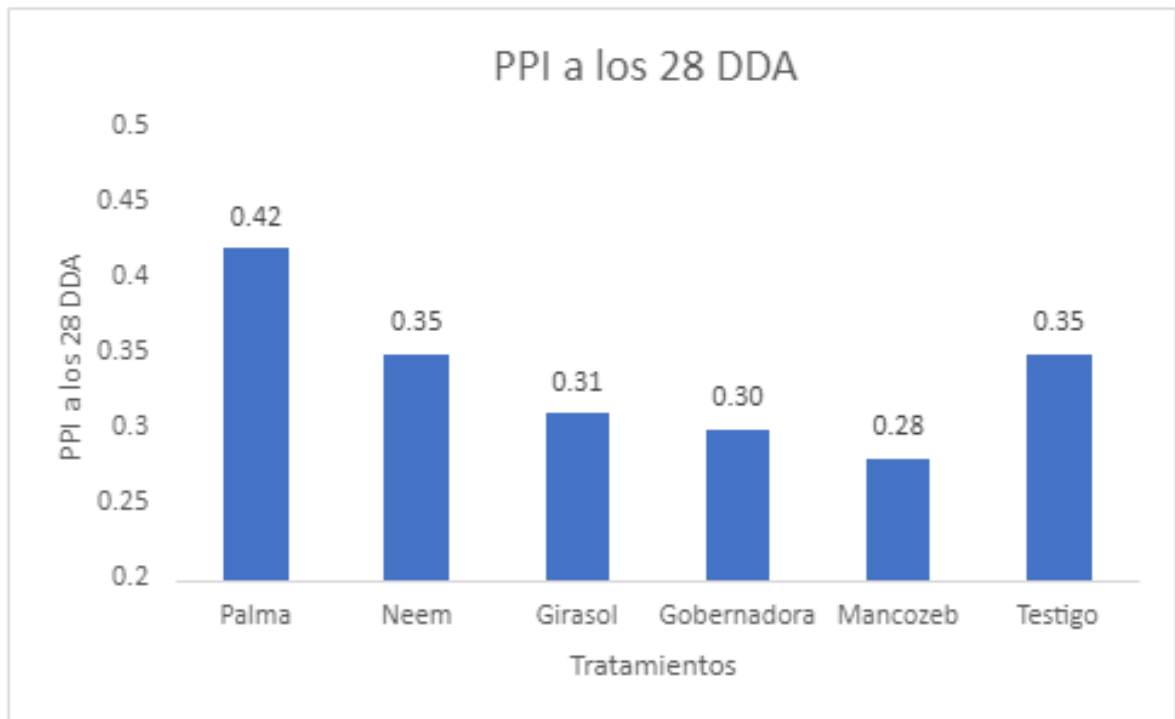


Figura 13 Promedio ponderado de infección por tratamiento (PPI). Fuente: Autor.

Al concluir la cuarta semana tras la administración de los productos sobre las hojas en las posiciones 1 y 2, las cuales posteriormente fueron trasladadas a las posiciones 12 y 13, se observaron los siguientes valores promedio de infección para los diferentes tratamientos: T1 (palma) registró un valor de 0.42, T2 (neem) alcanzó 0.35, T3 (girasol) exhibió un promedio de 0.31, T4 (gobernadora) mostró 0.30, T5 (Mancozeb) obtuvo 0.28, y T6 (grupo control) presentó un valor de 0.35.

4.2. Índice de Infección (II).

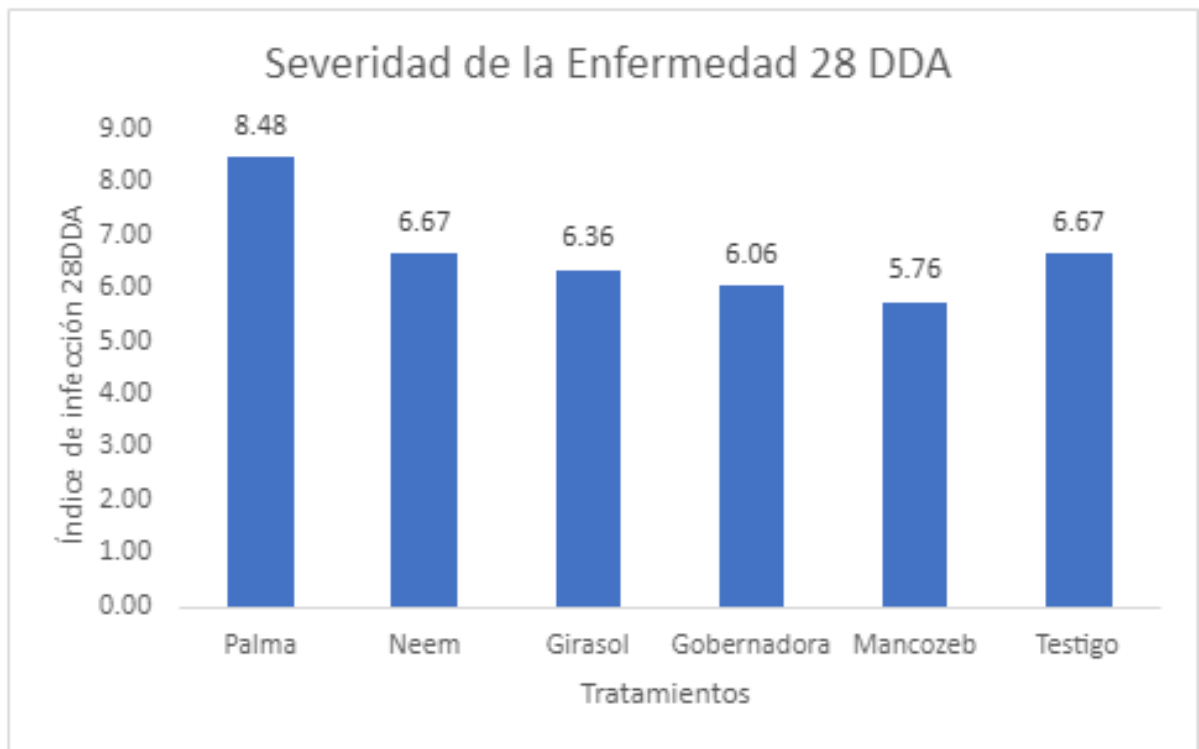


Figura 14 Severidad de la enfermedad por tratamiento a los 28 DDA. Fuente: Autor.

Con el propósito de evaluar el nivel de gravedad de la afección, se procedió a analizar los resultados a los 28 días posteriores a la administración de los tratamientos correspondientes, obteniendo los siguientes valores: para el T1 (palma), se registró una puntuación de 8.48; en el caso del T2 (neem), se obtuvo un valor de 6.67; mientras que para el T3 (girasol), se identificó una cifra de 6.36. En el T4 (gobernadora), el puntaje correspondiente se situó en 6.06, y para el T5 (Mancozeb), la puntuación promedio alcanzó 5.76. En el grupo de control, designado como T6, se evidenció un valor de 6.67. Estos resultados brindan una perspectiva más clara sobre la intensidad de la enfermedad en relación con los diversos tratamientos aplicados.

4.3. Índice de peróxidos de los aceites vegetales en estudio.

CC	IP	CC	IP	CC	IP	CC	IP	CC	IP
1	18	21	418	41	818	61	1218	81	1618
2	38	22	438	42	838	62	1238	82	1638
3	58	23	458	43	858	63	1258	83	1658
4	78	24	478	44	878	64	1278	84	1678
5	98	25	498	45	898	65	1298	85	1698
6	118	26	518	46	918	66	1318	86	1718
7	138	27	538	47	938	67	1338	87	1738
8	158	28	558	48	958	68	1358	88	1758
9	178	29	578	49	978	69	1378	89	1778
10	198	30	598	50	998	70	1398	90	1798
11	218	31	618	51	1018	71	1418	91	1818
12	238	32	638	52	1038	72	1438	92	1838
13	258	33	658	53	1058	73	1458	93	1858
14	278	34	678	54	1078	74	1478	94	1878
15	298	35	698	55	1098	75	1498	95	1898
16	318	36	718	56	1118	76	1518	96	1918
17	338	37	738	57	1138	77	1538	97	1938
18	358	38	758	58	1158	78	1558	98	1958
19	378	39	778	59	1178	79	1578	99	1978
20	398	40	798	60	1198	80	1598	100	1998

Tabla 4. Índice de peróxidos de los aceites vegetales en estudio.

$$IP\left(\frac{mEqO_2}{kg}\right) = \frac{(V_{muestra} - V_{blanco}) * N * 1000}{g \text{ aceite}}$$

sigla	Detalle	unidad	valor	1	2	3	4	
IP:	Índice de peróxido (mEqO2 activo/kg)	mEqO2/kg	8,9	1,95	5,85	15,61	441	
V1:	mL de Na2SO3 gastado en la muestra	mL	0,6	0,1	+0,2 =0,3	+0,5 =0,8	+22,2 =23	24,2
V2:	mL de Na2SO3 gastado en el blanco	mL	0,1					
N:	Normalidad de Na2SO3	eg/L	0,1					
g:	Peso en gramos de la muestra de aceite	g	5,6	5,0358	5,0349	5,1251	5,0346	

Tabla 5. Índice de peróxido de los aceites en estudio. Fuente: Trossky Maldonado.

Inicialmente, los productos deben ser disueltos en agua destilada antes de aplicar la solución sulfatada de manera dosificada.

El grado de oscurecimiento de la solución de cada aceite está directamente relacionado con su capacidad para absorber oxígeno. Un valor más elevado indica una mayor capacidad oxidante, lo que implica una limpieza más completa. Por lo tanto, el producto funciona de manera más eficiente.

En el caso del aceite de girasol (T3), se registró un valor de 441, lo que significa que tuvo el mayor efecto de oxidación en comparación con los otros dos aceites estudiados, que son el aceite de neem y el aceite de palma. Este valor se encuentra dentro del rango de 458 a 478 por CC, según la tabla desarrollada por T. Maldonado tras varios ensayos sometidos a análisis.

5. CONCLUSIONES.

Tras finalizar el período de cuatro semanas desde la aplicación inicial de los productos a las hojas ubicadas en las posiciones 1 y 2 mediante el método de hoja simple, las cuales fueron posteriormente trasladadas a las posiciones 12 y 13, se han obtenido resultados significativos en cuanto a la infección promedio en los diferentes tratamientos.

En resumen, estos resultados proporcionan una visión más precisa de la gravedad de la enfermedad en relación con la aplicación de diversos tratamientos. Los datos indican que el T1 (palma) mostró la mayor tasa de infección inicial, pero también una alta puntuación de gravedad, lo que sugiere la necesidad de una evaluación más detallada de este tratamiento en futuros estudios. Por otro lado, los tratamientos T2 (neem), T3 (girasol), y T4 (gobernadora) mostraron una moderada eficacia en la reducción de la infección y la gravedad de la enfermedad. El T5 (Mancozeb) presentó una tasa de infección inicial más baja, pero aun así obtuvo una puntuación de gravedad comparativamente baja. El grupo de control, T6, reveló una puntuación similar a la del T2 (neem). Estos hallazgos destacan la importancia de continuar investigando y optimizando los tratamientos para controlar la enfermedad de manera efectiva.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, S., Díaz, Á. J., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules*, 26(17), 5282. <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>
- Arauz, M. E. (2020). *Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (Mycosphaerella Fijiensis Morelet) del plátano (Musa paradisiaca L.) cv. Curaré Enano en Tonalá, Chinandega 2019* [Tesis, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4267/>
- Avwersuo, E., & Al, E. (2021). A Review on Research Trend on Sigatoka Diseases from 1965 -2018: Bibliometric Approach. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(12), 3952-3965.
- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Rosales, L., y Cárdenas, H. (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet que produce la Sigatoka negra que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6), 312-338.
- Beltran-Garcia, M. J., Martinez-Rodriguez, A., Olmos-Arriaga, I., Valdez-Salas, B., Chavez-Castrillon, Y. Y., Di Mascio, P., & White, J. F. (2021). Probiotic Endophytes for More Sustainable Banana Production. *Microorganisms*, 9(9), 1805. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091805>
- Castillo-Arévalo, 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. *Ciencia e Interculturalidad*, 31(02), 153-165. <https://doi.org/10.5377/rci.v31i02.15188>
- Cannon, S., Kay, W., Kilaru, S., Schuster, M., Gurr, S. J., & Steinberg, G. (2022). Multi-site fungicides suppress banana Panama disease, caused by *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Cubense* Tropical Race 4. *PLOS Pathogens*, 18(10), e1010860. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010860>
- Cosbey, A., & Vogt-Schilb, A. C. (2023). *Climate-Related Trade Measures: Assessing Impacts for Bolivia, Colombia, Ecuador, and Peru* (SSRN Scholarly Paper 4543181). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4543181>
- Dassou, A. G., Tovignan, S., Vodouhè, F., & Vodouhè, S. D. (2023). Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03570-w>

- Drenth, A., & Kema, G. (2021). The Vulnerability of Bananas to Globally Emerging Disease Threats. *Phytopathology*, 111(12), 2146-2161. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-20-0311-RVW>
- Hassan, Z., Stahlberger, M., Rosenbaum, N., & Bräse, S. (2021). Criegee Intermediates Beyond Ozonolysis: Synthetic and Mechanistic Insights. *Angewandte Chemie International Edition*, 60(28), 15138-15152. <https://doi.org/10.1002/anie.202014974>
- Knox, R. (2019). *Medicinal Plant Biotechnology*. Scientific e-Resources.
- Maksimov, A. Y., Balandina, S. Y., Topanov, P. A., Mashevskaya, I. V., & Chaudhary, S. (2021). Organic Antifungal Drugs and Targets of Their Action. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 21(8), 705-736. <https://doi.org/10.2174/1568026621666210108122622>
- Martin, G., Cottin, A., Baurens, F.-C., Labadie, K., Hervouet, C., Salmon, F., Paulo-de-la-Reberdiere, N., Van den Houwe, I., Sardos, J., Aury, J.-M., D'Hont, A., & Yahiaoui, N. (2023). Interspecific introgression patterns reveal the origins of worldwide cultivated bananas in New Guinea. *The Plant Journal*, 113(4), 802-818. <https://doi.org/10.1111/tpj.16086>
- Mbo, L. F., Ngalle, H. B., Cros, D., Adje, C. O. A., Fassinou, N. V. H., Bell, J., & Achigan-Dako, E. G. (2022). Perspective for genomic-enabled prediction against black sigatoka disease and drought stress in polyploid species. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.953133>
- Mihai, R. A., Melo, E. J., Terán, V. A., Espinoza, I. A., Pinto, E. A., & Catana, R. D. (2023). The Panoramic View of Ecuadorian Soil Nutrients (Deficit/Toxicity) from Different Climatic Regions and Their Possible Influence on the Metabolism of Important Crops. *Toxics*, 11(2), 123. <https://doi.org/10.3390/toxics11020123>
- Nasim, S., Rashid, M., Syed, S. A., & Brohi, I. (2023). Artificial intelligence techniques for the pest detection in banana field: a systematic review. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 20(02), 209-223. <https://doi.org/10.34016/pjbt.2023.20.02.746>
- Noar, R. D., Thomas, E., & Daub, M. E. (2022). Genetic Characteristics and Metabolic Interactions between *Pseudocercospora fijiensis* and Banana: Progress toward Controlling Black Sigatoka. *Plants*, 11(7), 948. <https://doi.org/10.3390/plants11070948>
- Olivares, B. O., Rey, J. C., Lobo, D., Navas-Cortés, J. A., Gómez, J. A., & Landa, B. B. (2021). Fusarium Wilt of Bananas: A Review of Agro-Environmental Factors in the Venezuelan Production System Affecting Its Development. *Agronomy*, 11(5), 986. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050986>

- Olowe, O. M., Akanmu, A. O., & Asemoloye, M. D. (2020). Exploration of microbial stimulants for induction of systemic resistance in plant disease management. *Annals of Applied Biology*, 177(3), 282-293. <https://doi.org/10.1111/aab.12631>
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Farías-Larios, J., & Moraes, W. da S. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33, 189-196. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000300003>
- Panigrahi, N., Thompson, A. J., Zobelzu, S., & Knox, J. W. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*, 276, 109735. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109735>
- Pérez, V.L. (2006). Manejo Convencional Y Alternativo De La Sigatoka Negra En Bananos: Estado Actual Y Perspectivas. *Fitosanidad*, 10(1), 55-72.
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T.-T., Ferrara, G., Matarrese, A. M. S., Gallotta, A., Bellincontro, A., Mencarelli, F., & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.035>
- Prakash, A., Baskaran, R., Paramasivam, N., & Vadivel, V. (2018). Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, 111, 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.066>
- Ray, J. D., Subandiyah, S., Rincon-Florez, V. A., Prakoso, A. B., Mudita, I. W., Carvalhais, L. C., Markus, J. E. R., O'Dwyer, C. A., & Drenth, A. (2021). Geographic Expansion of Banana Blood Disease in Southeast Asia. *Plant Disease*, 105(10), 2792-2800. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0149-RE>
- Reuveni, M., Barbier, M., & Viti, A. J. (2020). Essential Tea Tree Oil As a Tool to Combat Black Sigatoka in Banana. *Outlooks on Pest Management*, 31(4), 180-186. https://doi.org/10.1564/v31_aug_08
- Sapbamrer, R., & Thammachai, A. (2021). A Systematic Review of Factors Influencing Farmers' Adoption of Organic Farming. *Sustainability*, 13(7), 3842. <https://doi.org/10.3390/su13073842>
- Sawpan, M. A. (2018). Polyurethanes from vegetable oils and applications: A review. *Journal of Polymer Research*, 25(8), 184. <https://doi.org/10.1007/s10965-018-1578-3>
- Soares, J. M. S., Rocha, A. J., Nascimento, F. S., Santos, A. S., Miller, R. N. G., Ferreira, C. F., Haddad, F., Amorim, V. B. O., & Amorim, E. P. (2021). Genetic

- Improvement for Resistance to Black Sigatoka in Bananas: A Systematic Review. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.657916>
- Subrahmanyeswari, T., & Gantait, S. (2022). Cryo-conservation of Musa germplasms: Progress and prospect. *Conservation Genetics Resources*, 14(2), 237-247. <https://doi.org/10.1007/s12686-022-01260-9>
- Tangpao, T., Charoimek, N., Teerakitchotikan, P., Leksawasdi, N., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., Seesuriyachan, P., Phimolsiripol, Y., Chaiyaso, T., Ruksiriwanich, W., Jantrawut, P., Van Doan, H., Cheewangkoon, R., & Sommano, S. R. (2022). Volatile Organic Compounds from Basil Essential Oils: Plant Taxonomy, Biological Activities, and Their Applications in Tropical Fruit Productions. *Horticulturae*, 8(2), 144. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020144>
- Torres, L. C., & Zamora, L. C. (2018). Benefits in Latin America and the Caribbean about production of Cavendish AAA banana resistant to black Sigatoka. *Bionatura*, 3(4). <https://doi.org/10.21931/RB/2018.03.04.9>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- Ugazio, E., Tullio, V., Binello, A., Tagliapietra, S., & Dosio, F. (2020). Ozonated Oils as Antimicrobial Systems in Topical Applications. Their Characterization, Current Applications, and Advances in Improved Delivery Techniques. *Molecules*, 25(2), 334. <https://doi.org/10.3390/molecules25020334>
- Villalta, O. N., Mebalds, M., & Edwards, J. (2018). Biosecurity tool-set: Optimising quarantine zones for eradication through consideration of Australia's success with plant pathogen eradications in horticulture. *Australasian Plant Pathology*, 47(2), 135-154. <https://doi.org/10.1007/s13313-018-0551-2>

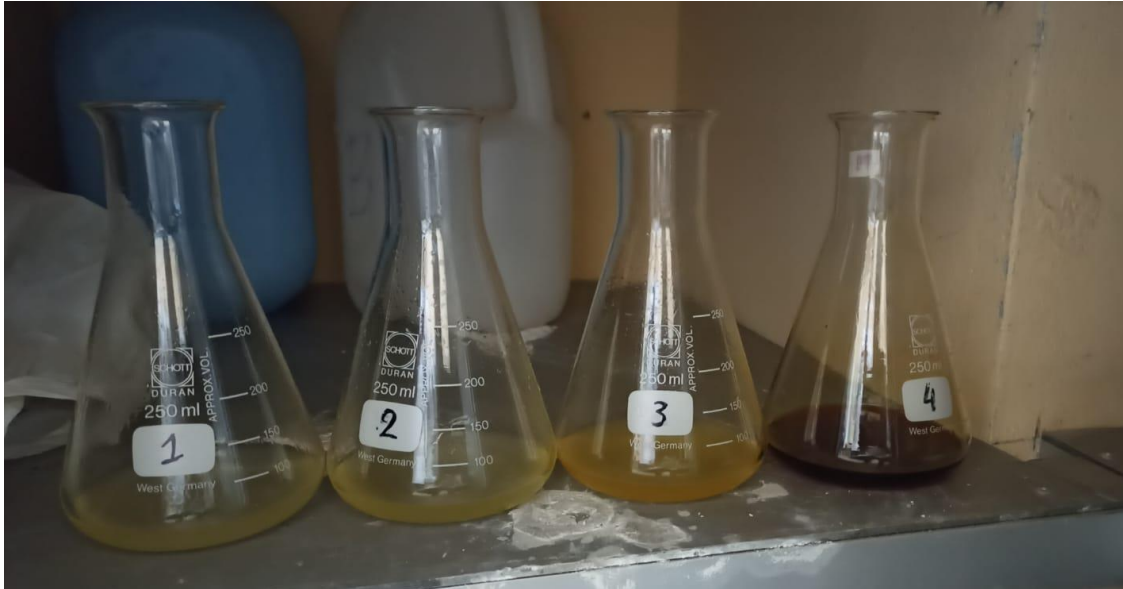
8. ANEXOS



Anexo 1 Promedio HR, Temperatura, HA. Fuente: Autor.



Anexo 2 Medición del área foliar para aplicación de productos. Fuente: Autor.



Anexo 3 Vista final de aceites en estudio por cálculo del IP. Fuente: Autor.



Anexo 4 Área delimitada para observación de piscas. Fuente: Autor.



Anexo 5 Vista final del área experimental. Fuente: Autor.



Anexo 6 Docentes tutores del ensayo. Fuente: Autor.