



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Evaluación in vitro de aceites vegetales ozonizados en el control Sigatoka  
negra  
Mycosphaerella fijiensis (Morelet).**

**ZHUNGO MOROCHO JHONNY MARCELO  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Evaluación in vitro de aceites vegetales ozonizados en el control  
Sigatoka negra  
Mycosphaerella fijiensis (Morelet).**

**ZHUNGO MOROCHO JHONNY MARCELO  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Evaluación in vitro de aceites vegetales ozonizados en el control  
Sigatoka negra  
Mycosphaerella fijiensis (Morelet).**

**ZHUNGO MOROCHO JHONNY MARCELO  
INGENIERO AGRONOMO**

**CERVANTES ALAVA ABRAHAN RODOLFO**

**MACHALA  
2023**

# EVALUACIÓN IN VITRO DE ACEITES VEGETALES OZONIZADOS EN EL CONTROL MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>6%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>5%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>4%</b> PUBLICACIONES	<b>3%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec:8080</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>2</b>	<b>cia.uagraria.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.utc.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>4</b>	<b>journalusco.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>6</b>	<b>southfloridapublishing.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>7</b>	<b>www.cienciadigital.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>8</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>9</b>	<b>revistas.up.ac.pa</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>10</b>	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>11</b>	<b>Submitted to Universidad de Costa Rica</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1 %</b>
<b>12</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>13</b>	<b>worldwidescience.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>14</b>	<b>www.redalyc.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Apagado

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

El que suscribe, ZHUNGO MOROCHO JHONNY MARCELO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación in vitro de aceites vegetales ozonizados en el control Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet)., 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.



ZHUNGO MOROCHO JHONNY MARCELO

0707104188

## **DEDICATORIA**

Me complace poder dedicar este trabajo de titulación a todas las personas que me han apoyado y alentado a lo largo de este arduo proceso. Sin su apoyo incondicional, no habría sido posible alcanzar este logro.

En primer lugar, a Dios a quién amo y admiro, por hacer realidad este sueño anhelado y quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor, paciencia y comprensión. Su apoyo inquebrantable ha sido fundamental para superar los desafíos y mantenerme motivado/a durante todo este tiempo.

También quiero agradecer a mis amigos y seres queridos, quienes me han brindado su aliento y palabras de aliento en los momentos en que más los necesitaba.

No puedo dejar de mencionar a mis profesores y asesores académicos, cuya guía y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Su dedicación y compromiso con mi formación académica han sido invaluable, y estoy profundamente agradecido por su orientación experta.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mí mismo por mi perseverancia y determinación para completar esta titulación. Ha sido un camino lleno de desafíos, pero también de aprendizaje y crecimiento personal. Estoy orgulloso de haber llegado hasta aquí y de haber superado cada obstáculo en el camino.

Esta dedicación es un pequeño gesto de gratitud hacia todas las personas que han contribuido de alguna manera a este logro. Sin su apoyo, este trabajo no habría sido posible. Espero que este trabajo de titulación sea un testimonio de mi compromiso y pasión por el conocimiento, y que pueda servir como inspiración para futuros investigadores.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias por su cálida acogida y brindarme sus conocimientos durante estos años de experiencias inolvidables dentro y fuera de sus aulas. De manera especial, a mis Directores de Titulación Ing Abraham Cervantes Alava, Ing Moreno Herrera Alexander, Ing Quevedo Guerrero Jose y Ing Rodriguez Delgado Iran por compartir sus conocimientos a lo largo de mi formación para unidos alcanzar los objetivos propuestos.

Al Ing Maldonado Mora Trossky, excelente profesional que me ha aportado su apoyo y conocimientos esenciales para mi vida profesional.

Al Ing Barrezuela Unda Salomon Barrezuela Unda, excelente profesionales y docentes que día a día encamino mi formación académica aportándome sus conocimientos.

Al Ing Catillo Herrera Sara, Docente de la Universidad Técnica de Machala, por su amistad incondicional y por la colaboración brindada en el transcurso de mi carrera y de esta investigación quién admiro por su inteligencia, y conocimiento.

Al Ing Tuz Guncay Ivanna, Docente de la Universidad Técnica de Machala, por su asistencia profesional en la realización de este trabajo.

Al Bióloga Lalangui Paucar Yimabel, excelente profesional que me ha encaminado en el trabajo de investigación brindándome sus conocimientos profesionales.

A mi madre María Teresa Morocho Amendaño, agradezco su confianza, amor y apoyo brindado en todo el trayecto de mi vida.

A mi padre Manuel Marcial Zhungo Morocho, por su apoyo en mi carrera. Y sé que está orgulloso de la persona que soy hoy en día.

## RESUMEN

Este estudio investigó el crecimiento del micelio en respuesta a diferentes tratamientos a lo largo de un período de seis días. Se evaluaron cinco alternativas de control, a saber, Neem, Mancozeb, Girasol, Gobernadora y Palma. La variable de interés fue el crecimiento del micelio, medida a través de valores de porcentaje. Los resultados revelaron una variabilidad significativa en el crecimiento del micelio bajo los diferentes tratamientos y a lo largo del tiempo. Durante el primer día de medición, se observaron diferencias notables entre los tratamientos. Mancozeb y Girasol mostraron un crecimiento del 100%, mientras que Neem y Palma presentaron valores más bajos, con una media de 11.192 y 14.524, respectivamente. Gobernadora se ubicó en un punto intermedio, con un crecimiento promedio del 59.742%. Sin embargo, a medida que avanzaban los días, se observaron fluctuaciones en el crecimiento. Mancozeb mantuvo una alta tasa de crecimiento en el segundo día, aunque disminuyó ligeramente con respecto al primer día. Girasol experimentó un aumento notorio en el segundo día, pero también disminuyó en los días siguientes. Neem, Gobernadora y Palma mostraron una disminución en su crecimiento a medida que avanzaba el estudio. Es importante destacar que los efectos destacan el dominio de la temporalidad en la dinámica del desarrollo del micelio. Los valores de crecimiento variaron a lo largo de los días, lo que indica una respuesta dinámica a los tratamientos y posiblemente a las condiciones ambientales cambiantes. Se proporciona información importante sobre la variabilidad en el crecimiento del micelio en respuesta a diferentes tratamientos y resalta la importancia de considerar la temporalidad en investigaciones de este tipo. Estos hallazgos pueden tener implicaciones en la toma de decisiones relacionadas con el control del crecimiento de micelio en contextos agrícolas o microbiológicos.

**Palabras clave:** Micelio, Tratamientos, Crecimiento, Temporalidad.

## **ABSTRACT**

This study investigated mycelial growth in response to different treatments over a six-day period. Five control alternatives were evaluated, namely, Neem, Mancozeb, Girasol, Gobernadora and Palma. The variable of interest was mycelium growth, measured through percentage values. The results revealed significant variability in mycelial growth under the different treatments and over time. During the first day of measurement, notable differences between treatments were observed. Mancozeb and Sunflower showed a growth of 100%, while Neem and Palma presented lower values, with an average of 11,192 and 14,524, respectively. Governor was located at an intermediate point, with an average growth of 59,742%. However, as the days progressed, fluctuations in growth were observed. Mancozeb maintained a high growth rate on the second day, although it decreased slightly from the first day. Sunflower experienced a noticeable increase on the second day, but also decreased in the following days. Neem, Gobernadora and Palma showed a decrease in their growth as the study progressed. Importantly, the effects highlight the dominance of temporality in the dynamics of mycelial development. Growth values varied across days, indicating a dynamic response to treatments and possibly changing environmental conditions. Important information is provided on the variability in mycelial growth in response to different treatments and highlights the importance of consider temporality in research of this type. These findings may have implications for decision making related to the control of mycelial growth in agricultural or microbiological contexts.

**Keywords:** Mycelium, Treatments, Growth, Temporality.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
RESUMEN .....	5
ABSTRACT.....	6
INDICE DE FIGURAS .....	9
INDICE DE TABLAS .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1. Objetivo general .....	11
1.2. Objetivos específicos.....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1. <i>Mycosphaerella fijiensis</i> y su impacto en la agricultura .....	12
2.2. Descripción de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> y su ciclo de vida .....	12
2.3. Controles de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> con aceites vegetales.....	13
2.4. Propiedades y aplicaciones del ozono en la agricultura.....	13
2.5. Propiedades del ozono en la agricultura .....	14
2.6. Valoración <i>in vitro</i> de aceites vegetales ozonizados en la investigación.....	15
2.7. Evaluaciones <i>in vitro</i> en el control de micelios de <i>M. fijiensis</i> en banano .....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
3.1. Ubicación .....	18
3.2. Materiales y equipos .....	18
3.2.1. Equipos de laboratorio .....	18
3.2.2. Materiales de laboratorio .....	19
3.2.3. Medio de cultivo .....	19
3.2.4. Aceites vegetales.....	19
3.3. Aceites vegetales.....	19
3.4. Proceso de ozonización de los aceites vegetales.....	21
3.5. Métodos utilizados .....	22
3.5.1. Cogida de cogollos de banano con Sigatoka Negra.....	22
3.5.2. Preparación de los medios de cultivo .....	22
3.5.3. Aislamiento y mantenimiento de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> .....	23
3.5.4. Procedimiento de toma de muestra en campo .....	24
3.5.5. Procedimiento de muestras en el laboratorio.....	24
3.6. Tratamientos.....	25
3.7. Variables de estudio .....	25

3.8.	Cómputo de la Proporción de Inhibición del Desarrollo Radial (PICR) .....	25
3.9.	Diseño experimental.....	26
3.10.	Análisis estadístico .....	27
3.11.	Prueba de Homogeneidad de Varianzas .....	27
3.12.	Estudio de Varianza (ANOVA).....	27
3.13.	Prueba de Tukey .....	27
3.14.	Nivel de Confianza del 95% .....	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
4.1.	Media del área miceliar .....	29
4.2.	Media de inhibición miceliar .....	30
V.	CONCLUSIONES .....	39
VI.	RECOMENDACIONES.....	40
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación.....	18
Figura 2. Tratamientos utilizados en las cajas de Petri.....	20
Figura 3. Preparación de los medios de cultivo.....	23
Figura 4. Aislamiento de micelios.....	25
Figura 5. Medias calculadas para el área micelial.....	29
Figura 6. Inhibición micelial en porcentaje.....	31
Figura 7. Inhibición micelial.....	33
Figura 8. Inhibición micelial día 1.....	33
Figura 9. Inhibición micelial día 2.....	34
Figura 10. Inhibición micelial día 3.....	34
Figura 11. Inhibición micelial día 4.....	35
Figura 12. Inhibición micelial día 5.....	35
Figura 13. Inhibición micelial día 6.....	36
Figura 14. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con aceite de girasol en 1 y 2 seguido por Neem a la siembra y al sexto día.....	36
Figura 15. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con aceite de Palma en 1 y 2 seguido por Gobernadora a la siembra y al sexto día.....	37
Figura 16. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con Mancozeb a la siembra y al sexto día.....	37

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos.....	25
----------------------------	----

## I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de banano y plátano son de gran importancia económica y alimentaria en diversas regiones a nivel global (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020). El mayor desafío que enfrentan los bananeros es el control de la Sigatoka negra ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* (Yonow et al., 2019). Esta plaga ha causado pérdidas significativas en la producción de banano y plátano, afectando la seguridad alimentaria y de ciertas regiones bananeras del mundo (Kablan et al., 2012).

El hongo *M. fijiensis* se propaga rápidamente y causa daños graves en las hojas de banano, afectando su capacidad para realizar la fotosíntesis y debilitándolas en general (Fullerton & Olsen, 1995). Como resultado, los cultivos afectados sufren una disminución en su crecimiento y rendimiento, lo que representa una amenaza significativa para la industria bananera y platanera.

En la búsqueda de alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para el control de *M. fijiensis*, la ozonización de aceites vegetales ha surgido como una opción prometedora. El ozono (O<sub>3</sub>) es una forma altamente reactiva de oxígeno que posee propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Cedeño et al., 2017). Al combinar el ozono con aceites vegetales, se forman compuestos ozonizados que han demostrado tener actividad fungicida y potencial para controlar el crecimiento del hongo patógeno.

La valoración *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en la investigación de *M. fijiensis* es un enfoque de investigación que se lleva a cabo en el entorno de laboratorio. A través de este enfoque, se busca estudiar de manera controlada y precisa los efectos de los aceites vegetales ozonizados sobre el crecimiento micelial, es decir, la estructura vegetativa que se ramifica y se extiende en el cogollo de las plantas (Guillén Sánchez et al., 2018).

La evaluación *in vitro* permite comparar los efectos de los aceites vegetales ozonizados con otros tratamientos convencionales utilizados en investigación para el control de *M. fijiensis*, como fungicidas químicos, esta comparación es esencial para determinar la eficacia relativa de los tratamientos y evaluar el potencial de los aceites vegetales ozonizados como alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Jaramillo et al., 2017).

La investigación en la valoración *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en la investigación de *M. fijiensis* también abre la puerta a nuevas oportunidades para el desarrollo de tecnologías y productos agrícolas innovadores. La ozonización de aceites vegetales puede representar una opción atractiva para los agricultores y productores, ya que estos aceites son naturales, renovables y potencialmente más amigables con el medio ambiente.

La investigación, se abordarán diversas cuestiones relacionadas con la eficacia de los aceites vegetales ozonizados en el control de *M. fijiensis*. Los diferentes aceites vegetales y concentraciones de ozono para determinar cuáles son los más efectivos en la inhibición del crecimiento del hongo. Además, se analizará el mecanismo de acción de los compuestos ozonizados sobre el micelio de *Mycosphaerella fijiensis* para comprender cómo estos aceites actúan sobre el patógeno (Alava et al., 2020; Churchill, 2011).

El objetivo de esta investigación es determinar la eficacia de los aceites vegetales ozonizados en el control del crecimiento del micelio *in vitro* y desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis*, en comparación con otros fungicidas proporcionando una perspectiva valiosa para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas en los cultivos. Al llevar a cabo evaluaciones *in vitro*, se pueden evaluar diferentes variables, como la concentración de ozono, el tipo de aceite vegetal y el tiempo de exposición, para entender cómo estas condiciones influyen en la inhibición del micelio del hongo.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en el control de *M. fijiensis*, hongo causante de la Sigatoka negra en el cultivo de banano.

### **1.2. Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de la utilización de aceites vegetales ozonizados en la proporción de inhibición *in vitro* del hongo *M. fijiensis* en medios de cultivo PDA.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de aceites ozonizados en el desarrollo de la Sigatoka negra en medios de cultivo PDA desde el primero hasta el sexto día después de la siembra del hongo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Mycosphaerella fijiensis* y su impacto en la agricultura

*Mycosphaerella fijiensis*, comúnmente conocido como el hongo de la Sigatoka negra, es una enfermedad devastadora que afecta a los cultivos de plátano y banano en todo el mundo. Este patógeno es considerado uno de los mayores desafíos para la industria bananera debido a su rápida propagación y su capacidad para causar graves pérdidas económicas (Zhiminaicela-Cabrera et al., 2020).

El impacto de *Mycosphaerella fijiensis* en la agricultura es significativo. Los cultivos de banano y plátano representan una fuente importante de alimentos y generación de ingresos para muchas regiones del mundo. La Sigatoka negra puede causar una disminución significativa en la producción, lo que lleva a pérdidas económicas para los agricultores y a un aumento en los precios de los productos (Freitas et al., 2017; Soares et al., 2021).

Además de las pérdidas económicas, la aparición del hongo de la Sigatoka negra también puede tener consecuencias ambientales. Para controlar la enfermedad, los agricultores suelen recurrir al uso de fungicidas, lo que puede resultar en la contaminación del suelo y del agua. Además, el uso excesivo de fungicidas puede llevar al desarrollo de resistencia en el hongo, lo que dificulta aún más su control (Fullerton & Olsen, 1995; Kablan et al., 2012).

Dada la importancia económica y alimentaria de los cultivos de banano y plátano, es fundamental tomar medidas para mitigar el impacto de *Mycosphaerella fijiensis* en la agricultura. Esto incluye la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas, como la eliminación de hojas infectadas, el movimiento de cultivos y el empleo de pluralidades de plantas invulnerables o tolerantes a la enfermedad (Fullerton & Olsen, 1995).

### 2.2. Descripción de *Mycosphaerella fijiensis* y su ciclo de vida

*Mycosphaerella fijiensis* es un hongo ascomiceto que da origen a la plaga conocida como Sigatoka negra en los cultivos de plátano y banano. Este patógeno se caracteriza por su capacidad de propagarse rápidamente y causar daños significativos en las plantas afectadas (Barrera V. et al., 2016).

### **2.3. Controles de *Mycosphaerella fijiensis* con aceites vegetales**

El control de *Mycosphaerella fijiensis*, el hongo causante de la Sigatoka negra en los cultivos de plátano y banano es un desafío importante para los agricultores. Se han desarrollado diferentes estrategias de control, y una de ellas es el uso de aceites vegetales como una alternativa a los fungicidas químicos (Toro & Castellanos Castellanos, 1999).

El uso de aceites vegetales para controlar *Mycosphaerella fijiensis* se basa en sus propiedades antifúngicas. Estos aceites contienen compuestos naturales que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento y la reproducción del hongo. Además, los aceites vegetales son considerados opciones de control más amigables con el medio ambiente y pueden ser utilizados en sistemas de producción orgánica (Churchill, 2011).

Es importante destacar que el uso de aceites vegetales como controladores de *Mycosphaerella fijiensis* requiere de una aplicación adecuada y en el momento oportuno. El seguimiento de las recomendaciones de dosificación y frecuencia de aplicación es fundamental para maximizar su eficacia y minimizar posibles efectos adversos en las plantas (Soares et al., 2021).

El uso de aceites vegetales representa una estrategia alternativa para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en los cultivos de plátano y banano. Estos aceites tienen propiedades antifúngicas que pueden inhibir el crecimiento del hongo y reducir su capacidad de infectar las plantas. Sin embargo, es importante considerar las condiciones específicas de cada situación y combinar el uso de aceites con otras prácticas de manejo integrado de plagas para lograr un control efectivo de la Sigatoka negra (Quintero et al., 2011).

### **2.4. Propiedades y aplicaciones del ozono en la agricultura**

El ozono (O<sub>3</sub>), una variante altamente reactiva del oxígeno es una molécula que, además de su papel fundamental en la protección de la Tierra contra los rayos ultravioleta del sol como se ha destacado por Leisner et al., (2023), ha demostrado ser una herramienta valiosa en la agricultura. A medida que la agricultura moderna busca soluciones más eficientes y sostenibles, el ozono ha ganado interés debido a sus propiedades únicas y diversas aplicaciones en este campo (Feng et al., 2021).

Una de las aplicaciones más destacadas del ozono en la agricultura es su capacidad como agente desinfectante y purificador del aire. El ozono puede utilizarse para desinfectar sistemas de riego, invernaderos y áreas de almacenamiento, eliminando patógenos, bacterias y hongos que podrían afectar negativamente a los cultivos. Esta propiedad contribuye a reducir la propagación de enfermedades y aumentar la calidad de los productos agrícolas (Zhang et al., 2020).

Además de su acción desinfectante, el ozono se emplea en la purificación del agua en la agricultura. Puede eliminarse eficazmente la materia orgánica, los pesticidas y otros contaminantes presentes en el agua de riego, lo que mejora la calidad del agua utilizada para el riego y previene la acumulación de residuos en el suelo (Feng et al., 2021). Otra aplicación importante es la utilización del ozono en la conservación de alimentos. La tecnología de ozonización se emplea en el almacenamiento de productos agrícolas para prolongar su vida útil, ya que el ozono reduce la presencia de microorganismos y evita la oxidación de alimentos perecederos (Gómez-López et al., 2019).

En la protección de cultivos, el ozono también ha demostrado su eficacia en la eliminación de plagas y enfermedades. La fumigación con ozono puede controlar insectos y patógenos, minimizando la necesidad de pesticidas químicos y reduciendo así los riesgos para la salud humana y el medio ambiente (Feng et al., 2021). Por último, el ozono es un aliado en la descontaminación del suelo. La ozonización del suelo puede eliminar compuestos orgánicos persistentes y metales pesados, revitalizando tierras degradadas y mejorando su capacidad para el cultivo (Pignata et al., 2017).

## **2.5. Propiedades del ozono en la agricultura**

1. **Acción antimicrobiana:** El ozono es un potente desinfectante y agente antimicrobiano. Tiene la capacidad de destruir bacterias, virus, hongos y esporas de moho que pueden afectar a los cultivos y provocar enfermedades. Al aplicarse en el aire o en el agua de riego, el ozono puede reducir la presencia de patógenos en el ambiente agrícola (Lu et al., 2021).
2. **Oxidación de compuestos orgánicos:** El ozono tiene una alta capacidad de oxidación, lo que significa que puede romper compuestos orgánicos. Esto es útil para eliminar residuos de pesticidas, herbicidas y otros productos químicos utilizados en la agricultura (Hong et al., 2020). Al descomponer estos compuestos, el ozono contribuye a reducir la contaminación ambiental.

3. Estimulación del crecimiento de las plantas: A bajas concentraciones, el ozono puede actuar como un regulador del crecimiento vegetal. Se ha observado que el ozono estimula la síntesis de proteínas y enzimas, así como el crecimiento de las raíces, lo que favorece un mejor desarrollo de las plantas (Hong et al., 2020).
4. Eliminación de olores y mejora del aire: En la agricultura, especialmente en granjas y establos, se pueden generar olores desagradables debido a la presencia de animales y residuos orgánicos (Mukherjee et al., 2021). El ozono puede neutralizar estos olores y mejorar la calidad del aire en estas áreas.
5. Control de plagas y enfermedades: El ozono se ha utilizado como una herramienta de control de plagas y enfermedades en la agricultura. Al desinfectar el aire y el agua en invernaderos y áreas de cultivo, el ozono puede reducir la presencia de patógenos y ayudar a prevenir infecciones y epidemias (Emberson, 2020).

Las concentraciones y tiempos de exposición deben ser adecuadamente controlados para evitar efectos adversos en las plantas y en el ambiente (Mukherjee et al., 2021). El ozono, utilizado de manera adecuada, puede ser una herramienta valiosa para mejorar la salud de los cultivos, la calidad de los alimentos y el ambiente agrícola en general.

## **2.6. Valoración *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en la investigación de patógenos**

La valoración *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en la investigación de patógenos es un área de investigación que busca aprovechar las propiedades antimicrobianas y antioxidantes del ozono y los aceites vegetales para combatir microorganismos patógenos que afectan a diferentes cultivos (Rosas Jauregui et al., 2021). Este enfoque representa una alternativa prometedora y respetuosa con el medio ambiente para el control de enfermedades agrícolas y la reducción del uso de productos químicos sintéticos.

El proceso de ozonización de aceites vegetales implica la incorporación de ozono al aceite, lo que resulta en la formación de compuestos ozonizados, como los ozónidos y peróxidos de aceite. Estos compuestos son los responsables de las propiedades antimicrobianas que se buscan en la evaluación *in vitro* (Fullerton & Olsen, 1995; Guillén Sánchez et al., 2018).

## **2.7. Evaluaciones *in vitro* en el control de micelios de *M. fijiensis* en banano**

Las evaluaciones *in vitro* en el control de micelios de *Mycosphaerella fijiensis* en banano son estudios de laboratorio que se enfocan en investigar y analizar la eficacia de diferentes agentes o tratamientos para inhibir el desarrollo del hongo responsable de la Sigatoka negra en los cultivos de banano. Estas evaluaciones *in vitro* permiten estudiar de manera controlada cómo diferentes sustancias o condiciones afectan al micelio del patógeno y, potencialmente, pueden proporcionar alternativas sostenibles para el control de esta enfermedad devastadora (Duarte Rodríguez et al., 2012).

El micelio de *Mycosphaerella fijiensis* es la estructura vegetativa del hongo que se ramifica y se extiende en las hojas de las plantas de banano. Es responsable de la producción de estructuras reproductivas que liberan esporas al ambiente y propagan la enfermedad (Jaramillo et al., 2017; Juárez-Segovia et al., 2019; Loo et al., 2020). Por lo tanto, controlar el crecimiento y desarrollo del micelio es una estrategia importante para reducir la propagación de la enfermedad y minimizar sus efectos en los cultivos (Castillo et al., 2019).

Las evaluaciones *in vitro* en el control de micelios de *Mycosphaerella fijiensis* en banano pueden abordar diferentes enfoques y agentes, como:

1. Evaluación de fungicidas químicos: Se prueban diferentes fungicidas para determinar su eficacia en la inhibición del crecimiento del micelio. Se miden las concentraciones mínimas requeridas para lograr la inhibición (CMI) o la concentración mínima para matar (CMM) el micelio del hongo.
2. Evaluación de extractos naturales: Se estudian extractos de plantas, aceites esenciales u otros productos naturales para determinar si tienen propiedades fungicidas y pueden controlar el crecimiento del micelio de *Mycosphaerella fijiensis*.
3. Evaluación de agentes biológicos: Se investigan diferentes agentes biológicos, como hongos antagonistas o bacterias beneficiosas, para ver si pueden competir con el micelio del hongo patógeno o producir compuestos que lo inhiban.
4. Evaluación de condiciones ambientales: Se estudian diferentes condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, para entender cómo afectan el crecimiento del micelio y cómo se pueden ajustar para limitar su desarrollo.

5. Evaluación de tratamientos combinados: Se pueden realizar estudios para evaluar la eficacia de tratamientos combinados, donde se utilizan diferentes agentes o condiciones en conjunto para mejorar el control del micelio de *Mycosphaerella fijiensis*.

Estas evaluaciones *in vitro* proporcionan información valiosa sobre la eficacia de los diferentes tratamientos en el control del micelio del hongo. Es por esto que es relevante enfatizar que las deducciones obtenidas en el laboratorio pueden no reflejar completamente la complejidad de la interacción entre el patógeno y el hospedero en el campo (Jaramillo et al., 2017).

Por lo tanto, los estudios *in vitro* deben complementarse con investigaciones de campo para evaluar la eficacia de los tratamientos en condiciones más realistas y en desemejantes períodos del curso de vida del hongo (Fullerton & Olsen, 1995). Además, la sostenibilidad y viabilidad de los tratamientos deben ser consideradas, así como la posible aparición de resistencia en el hongo a ciertos tratamientos.

Las evaluaciones *in vitro* en el control de micelios de *M. fijiensis* en banano son fundamentales para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas que ayuden a combatir esta devastadora enfermedad agrícola (Guillén Sánchez et al., 2018). La combinación de enfoques químicos, naturales y biológicos puede proporcionar soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para proteger los cultivos de banano y minimizar los efectos de la Sigatoka negra.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), el mismo que se encuentra ubicado en la Avenida Panamericana, 5,5 km vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio en el cantón Machala, provincia de El Oro. Las muestras fueron tomadas de la granja Santa Inés, de la misma Universidad ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud: 79° 54' 51''

Latitud: 03° 17' 16''

Altitud: 6 m.s.n.m.



Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación

Fuente: autor.

#### 3.2. Materiales y equipos

##### 3.2.1. Equipos de laboratorio

- Cámara húmeda
- Incubadora
- Autoclave 121 °C.
- Cámara de flujo laminar

### **3.2.2. Materiales de laboratorio**

- Cajas de Petri
- Alcohol 75%
- Agua destilada.
- Mechero de alcohol
- Pipetas
- Fundas de papel
- Toalla de papel
- Contenedor plástico de color blanco de 500 ml
- Cinta Parafilm
- Erlenmeyer
- Pinzas quirúrgicas
- Rollo stretch
- Bisturí
- Mango de bisturí
- Tubos de ensayo
- Aza de siembra
- Asa para garantizar condiciones estériles

### **3.2.3. Medio de cultivo**

- Hojas de banano con síntomas del patógeno de *Mycosphaerella spp.*
- Medio de cultivo (PDA).

### **3.2.4. Aceites vegetales**

- Aceite de girasol (*Helianthus annuus*)
- Aceite de semillas de neem (*Azadirachta indica*)
- Aceite de palma (*Elaeis guineensis*).

## **3.3. Aceites vegetales**

La selección de los aceites vegetales desempeñó un papel esencial en este estudio, debido a que sentó las bases para investigar su posible aplicación en el control de *Mycosphaerella fijiensis*, un hongo de gran relevancia en la fitopatología. Se llevaron a cabo una serie de pasos meticulosos y cuidadosos para garantizar la calidad y la representatividad de los aceites seleccionados.

En primer lugar, se seleccionaron tres tipos específicos de aceites vegetales para su inclusión en el estudio. Estos aceites fueron el aceite de girasol (*Helianthus annuus*), el aceite de neem (*Azadirachta indica*) y el aceite de palma (*Elaeis guineensis*). Cada uno de estos aceites se seleccionó estratégicamente debido a sus propiedades potenciales para el control de *Mycosphaerella fijiensis*, lo que planteó la posibilidad de abordar la efectividad de diferentes aceites en la inhibición del crecimiento del micelio del hongo.

El aceite de girasol, ampliamente utilizado en la cocina y la industria alimentaria, se incluyó en el estudio debido a su disponibilidad y a las características químicas que podrían influir en el crecimiento del hongo. Se sabe que los aceites de girasol contienen una variedad de ácidos grasos, algunos de los cuales pueden tener propiedades antifúngicas.

El aceite de neem, extraído de las semillas del árbol de neem (*Azadirachta indica*), se ha reconocido durante mucho tiempo por sus propiedades pesticidas y medicinales. Sus componentes bioactivos, como el *azadiractin*, han demostrado tener actividad antifúngica y antibacteriana, lo que hace que sea una opción interesante para el control de enfermedades vegetales como *Mycosphaerella fijiensis*.

El aceite de palma, derivado de la pulpa de la fruta de la palma aceitera, se incluyó en el estudio debido a su amplio uso en la industria de la alimentación y su composición única de ácidos grasos saturados e insaturados. Se investigó si esta composición pudiera tener un efecto en la inhibición del hongo.



Figura 2. Tratamientos utilizados en las cajas de Petri.

Fuente: autor.

La selección de estos aceites no solo se fundamentó en sus características químicas, sino también en su disponibilidad y en la posibilidad de que puedan ser utilizados en aplicaciones agrícolas. La investigación de la eficacia de estos aceites en el control de *Mycosphaerella fijiensis* representa un paso importante en la búsqueda de métodos sostenibles y efectivos para combatir esta patología fitopatógena, y ofrece perspectivas valiosas para la protección de los cultivos de plátano y banano.

### **3.4. Proceso de ozonización de los aceites vegetales**

El proceso de ozonización de los aceites vegetales seleccionados representó un aspecto crucial de esta investigación. La ozonización es una técnica que implica la exposición de los aceites a ozono ( $O_3$ ), un gas altamente reactivo, con el propósito de modificar y enriquecer sus propiedades químicas y funcionales. Este procedimiento se llevó a cabo con el objetivo de potenciar la capacidad de los aceites para combatir patógenos, en particular *Mycosphaerella fijiensis*, el hongo de interés en este estudio.

Durante la ozonización, los aceites vegetales fueron expuestos al ozono de manera controlada y precisa. El ozono es conocido por su capacidad para reaccionar con compuestos orgánicos y alterar sus estructuras químicas. En el contexto de esta investigación, la exposición al ozono tenía la finalidad de inducir cambios en los aceites que pudieran potenciar su acción antifúngica contra *Mycosphaerella fijiensis*.

Sin embargo, es importante destacar que la ozonización es un proceso dinámico y, en este caso, los aceites vegetales se ozonificaron inicialmente. Debido a la volatilidad del ozono, estos cambios inducidos por la ozonización pueden ser temporales y tender a desaparecer con el tiempo. Por lo tanto, se realizó la ozonización en un momento específico y se utilizaron los aceites ozonificados en ese estado para llevar a cabo los experimentos.

Dado que el ozono es un gas reactivo, su aplicación a los aceites vegetales debe ser controlada y monitoreada con precisión para evitar efectos no deseados o degradación excesiva de los aceites. En este estudio, se aplicó una metodología rigurosa para garantizar que la ozonización se llevara a cabo de manera consistente y se utilizaran los aceites ozonificados en su estado óptimo para los experimentos.

La ozonización de los aceites vegetales fue un proceso fundamental en esta investigación, diseñado para mejorar sus propiedades antifúngicas y explorar su eficacia en el control de *Mycosphaerella fijiensis*. Aunque los cambios inducidos por la ozonización pueden ser

temporales debido a la volatilidad del ozono, se llevaron a cabo medidas cuidadosas para maximizar su potencial beneficioso en la lucha contra esta patología fitopatógena.

### **3.5. Métodos utilizados**

#### **3.5.1. Cogida de cogollos de banano con Sigatoka Negra**

Se seleccionó el material de origen vegetal proveniente del cultivo de banano que presentó el fitopatógeno proveniente de las plantas de banano ubicadas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Con la finalidad de recoger las muestras consideró el estado de mancha 5 y 6, debido a que en estas fases se presenta el desarrollo de peritecios. Los cogollos se ubicaron en envolturas de polietileno para finalmente trasladarlo al laboratorio.

#### **3.5.2. Preparación de los medios de cultivo**

Se desarrolló una preparación de un ambiente de cultivo específicamente diseñado para facilitar el aislamiento y el posterior crecimiento de la *Mycosphaerella fijiensis*, un hongo de gran importancia en la investigación fitopatológica y agrícola. Este medio de cultivo fue elaborado con precisión, utilizando una composición que brinda un entorno ideal para el desarrollo y estudio de este organismo en condiciones controladas.

Los ingredientes clave de este medio de cultivo fueron el agar, la papa y la dextrosa. La papa, en una cantidad de 200 gramos, fue uno de los componentes fundamentales de la mezcla. La papa se seleccionó por su riqueza en nutrientes esenciales que son esenciales para el crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis*. La rica fuente de carbohidratos, minerales y vitaminas presentes en la papa proporciona a este hongo las sustancias necesarias para prosperar y desarrollarse adecuadamente.

El agar, un agente gelificante en una cantidad de 15 gramos, fue otro componente crucial del medio de cultivo. El agar se utiliza para solidificar el medio y proporcionar una estructura sólida en la que el hongo puede crecer y formar colonias distintivas. Esta característica es esencial para facilitar el aislamiento y estudio de las cepas individuales de *Mycosphaerella fijiensis*.

La dextrosa, también en una cantidad de 15 gramos, se incorporó al medio de cultivo como fuente de carbohidratos simples. Los carbohidratos son una fuente de energía esencial para el crecimiento de los microorganismos, y la dextrosa proporciona una fuente

fácilmente asimilable de estos nutrientes, asegurando que el hongo tenga a su disposición la energía necesaria para su desarrollo.



Figura 3. Preparación de los medios de cultivo.

Fuente: autor.

La combinación cuidadosamente equilibrada de estos ingredientes proporciona condiciones óptimas para el crecimiento y estudio de *Mycosphaerella fijiensis* en el laboratorio. La preparación de este medio de cultivo específico es un paso fundamental en la investigación y el control de esta patología fitopatógena, permitiendo a los científicos y agricultores comprender mejor su comportamiento y desarrollar estrategias efectivas para su gestión.

### **3.5.3. Aislamiento y mantenimiento de *Mycosphaerella fijiensis***

El aislamiento del hongo se desarrolló utilizando el procedimiento de descarga de ascosporas. Las hojas infectadas por Sigatoka Negra del cultivar Musa AAA, subgrupo Cavendish se recolectaron de la granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala. Se procedió a incubar las hojas a 26°C en bolsas de polietileno con papel húmedo por un tiempo de 48 horas en la obscuridad. Consecutivamente, se adhirió al papel filtro húmedo fragmentos circulares de tejido infectado de 1.0 cm de diámetro con el envés en dirección del papel. A continuación, el papel con el tejido se ubicó al interior de la tapa de cajas de petri, previamente se verificó que el haz del tejido quedó en dirección frontal al agar-agua al 3% incluido en la base de la caja, sin que se produzca algún contacto entre ellos.

Las cajas de petri se incubaron a 27°C ± 1 durante 30 minutos hasta poder ver la descarga de las ascosporas. Luego de esto, bajo medios asépticos y mediante el uso del microscopio, se pudo identificar las ascosporas tomando en cuenta su morfología y dimensiones. Estas fueron colectadas mediante el uso de una aguja fina de disección y se procedieron a sembrar en cantidad de 10 en una caja de petri, la misma que contenía papa-

dextrosa-agar (PDA); luego, se procedió a incubarlas a  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y 18 horas luz durante 20 días. El diámetro de las colonias se midió diariamente y se detalló su forma, consistencia y color.

1. El procedimiento de evaluación *in vitro* implicó la siembra de *Mycosphaerella fijiensis* en cajas de Petri que contenían el medio de cultivo mencionado anteriormente. Cada caja de Petri representaba un tratamiento específico. Se observó y registró el crecimiento del micelio del hongo en cada caja de Petri a lo largo del tiempo.

#### **3.5.4. Procedimiento de toma de muestra en campo**

1. Se tomaron 2 kilos de hojas de banano infectadas con Sigatoka negra en el quinto y sexto estadio, las muestras obtenidas fueron colocadas en fundas de papel y transportadas al laboratorio de Sanidad Vegetal.
2. Se depositaron en un cartón colocado bajo sombra en cámara húmeda durante 24 horas a temperatura  $26^\circ\text{C}$ .

#### **3.5.5. Procedimiento de muestras en el laboratorio**

1. Se seleccionaron muestras de hojas infectadas con un tamaño de  $7\text{ cm}^2$ .
2. Estas muestras se lavaron durante 1 minuto con agua corriente de la llave, luego se secaron con una toalla de papel el haz y envés.
3. Se colocó el envés hacia abajo en un contenedor plástico de color blanco de 500 ml de capacidad, con una gasa estéril humedecida con agua destilada.
4. Se incubaron las muestras cada uno de los contenedores dentro de una incubadora a  $28^\circ\text{C}$  por 48 horas.
5. Posterior a esto, de las muestras incubadas se cortaron a  $1\text{ cm}^2$  en la cámara de flujo laminar.
6. Se micropipetaron 0.1 ml de cada uno de los cuatro extractos con cinco repeticiones cada uno, obteniendo un total de seis tratamientos incluyendo el control, dando así un total de treinta unidades experimentales.

7. Se colocó con el envés hacia abajo en la caja Petri que contenía los diferentes tratamientos se sellaron con cinta Parafilm.

8. Las muestras con los diferentes tratamientos se pusieron en la incubadora para el registro del crecimiento micelial.



Figura 4. Aislamiento de micelios.

Fuente: autor.

### 3.6. Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos

Tratamientos	Aceites	Dosificación
T1	Aceite de Neem+PDA	0,1 ml
T2	Mancozeb+PDA	0,1 ml
T3	Aceite de Girasol+PDA	0,1 ml
T4	Extracto de Gobernadora+PDA	0,1 ml
T5	Aceite de Palma+PDA	0,1 ml
T6	Control	

Fuente: El autor.

### 3.7. Variables de estudio

La principal variable medida en este estudio fue el diámetro del micelio de *Mycosphaerella fijiensis* en las cajas de Petri. Se registraron las dimensiones de crecimiento del micelio en intervalos de tiempo específicos para evaluar cómo los diferentes tratamientos inhibieron el crecimiento del hongo.

### 3.8. Cómputo de la Proporción de Inhibición del Desarrollo Radial (PICR)

Con la finalidad de valorar la proporción de retraimiento del desarrollo del hongo infeccioso, se recurrió al procedimiento presentado por Fernández y Suárez (2009):

$$PICR = \frac{(R1 - R2)}{R1 \times 100}$$

**Donde:**

R1: Radio del hongo infeccioso testigo.

R2: Radio del hongo infeccioso en oposición.

La clasificación de las tres cepas de macromicetos con superior efecto antagonista se llevó a cabo teniendo como fundamento la proporción de retraimiento computado.

**3.9. 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 *Mycosphaerella fijiensis*. 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 extracto gobernadora, conocidos por sus propiedades antifúngicas, junto con un grupo de control para comparación.

El diseño experimental se implementó utilizando un enfoque de diseño completamente al azar o un diseño factorial, dependiendo de la naturaleza de las variables y de los factores en cuestión. El diseño completamente al azar permitió una asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales, lo que ayudó a minimizar posibles sesgos y garantizar la imparcialidad en la evaluación de los resultados. El diseño factorial se utilizó cuando era necesario investigar cómo múltiples variables afectaban conjuntamente el crecimiento y la propagación de *Mycosphaerella fijiensis*, lo que permitió explorar las interacciones entre los tratamientos de manera sistemática.

Este enfoque en el diseño experimental no solo garantizó la confiabilidad de los resultados, sino que también proporcionó información detallada sobre la eficacia de los aceites ozonizados en comparación con otras estrategias de control y ayudó a identificar posibles enfoques prometedores en la gestión de esta enfermedad que afecta a los cultivos de plátano y banano.

$$Y_{kn} = \mu + T_k + \varepsilon_{kn} \quad Y_{kn} = \mu + T_k + k_n$$

$Y_{kn}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media global  $T$

$k$  = efecto del tratamiento

### **3.10. Análisis estadístico**

En esta sección, se llevaron a cabo análisis estadísticos para evaluar las diferencias entre los grupos o tratamientos considerados en el estudio. Se emplearon dos técnicas fundamentales: el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey. Estas pruebas se utilizaron para examinar la homogeneidad y la varianza entre los grupos y para identificar diferencias significativas entre ellos.

### **3.11. Prueba de Homogeneidad de Varianzas**

Antes de realizar el ANOVA, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas para determinar si las varianzas de las muestras de los grupos eran aproximadamente iguales. La igualdad de varianzas es un supuesto importante para el ANOVA. Para evaluar esta hipótesis, se utilizó una prueba estadística, como la prueba de Levene o la prueba de Bartlett, dependiendo de la distribución de los datos y la naturaleza del estudio.

### **3.12. Estudio de Varianza (ANOVA)**

Una vez confirmada la homogeneidad de varianzas, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas en las medias de los grupos. El ANOVA se utiliza para comparar tres o más grupos y evaluar si al menos un grupo difiere de los demás en términos de la variable de interés. En este análisis, se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que no hay disconformidades significativas entre los conjuntos, y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) de que al menos un grupo es diferente de los demás.

### **3.13. Prueba de Tukey**

Si el ANOVA mostraba diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se procedió a realizar pruebas post hoc para identificar cuáles grupos eran diferentes entre sí. La prueba de Tukey es una de las pruebas post hoc más comunes y se utiliza para comparar todas las combinaciones posibles de grupos. Esta prueba proporciona información detallada sobre dónde se encuentran las diferencias significativas.

### **3.14. Nivel de Confianza del 95%**

Todas las pruebas estadísticas se llevaron a cabo tomando en cuenta un nivel de confianza del 95%. Esto significa que las disconformidades entre los grupos se consideraron significativas si la probabilidad de error (p-valor) era menor o igual al 5%. Un p-valor

menor al 5% indica que las diferencias observadas no se debieron al azar y son estadísticamente significativas.

Este apartado del análisis de datos proporciona una visión detallada de cómo se evaluaron las diferencias entre grupos utilizando ensayos de uniformidad de varianzas, ANOVA y pruebas post hoc de Tukey, con un horizonte de seguridad del 95%. Estos estudios son esenciales para comprender la significación estadística de las diferencias observadas en el estudio y respaldar las conclusiones.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Media del área miceliar

Se recolectaron un total de 30 datos relacionados con diferentes tipos de aceites, incluido un fungicida químico. Los aceites utilizados fueron de Neem, Girasol, Palma y extracto Gobernadora. El fungicida químico utilizado fue mancozeb, este pertenece al grupo químico de los alquilenbis (ditiocarbamatos). Los valores medios encontrados fueron 1.09 para el aceite de Neem, 0.62 para Mancozeb, 1.37 para el aceite de Girasol, 1.20 para Gobernadora y 1.27 para el aceite de Palma. Estas deducciones armonizan con los alcanzados por Jaramillo et al., (2017), el mismo que obtuvo valores mínimos y máximos que variaron entre los diferentes tipos de aceite, siendo más notables en el caso del aceite de Girasol con un máximo de 1.18 mm.

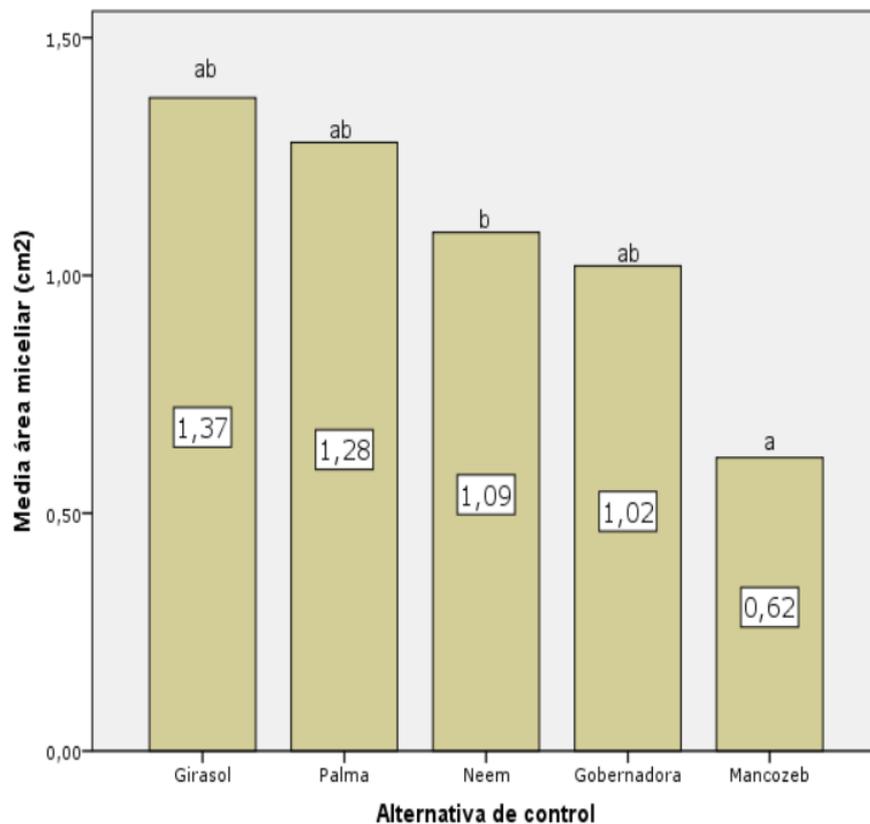


Figura 5. Medias calculadas para el área micelial.

Fuente: autor.

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianza de Levene arrojaron un estadístico de 2.394 con una significancia de 0.40, lo que sugiere que las varianzas entre

los grupos no difieren significativamente. Del mismo modo, el análisis de varianza (ANOVA) entre los grupos también obtuvo un valor de 0.40, indicando la no existencia de disconformidades estadísticamente explicativas entre los tipos de aceite en relación con la variable medida (Jaramillo et al., 2017). Las pruebas de Duncan no revelaron diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

En consecuencia y de acuerdo con los resultados, no se pueden establecer diferencias significativas entre los tipos de aceite en estudio en lo que respecta a la variable analizada. Los resultados de este análisis indican que no hay disconformidades estadísticamente demostrativas entre los diferentes tipos de aceite (Neem, Girasol y Palma) en relación con la variable medida. Esto significa que, en función de los datos recopilados, los tipos de aceite no parecen influir de manera significativa en la variable que se está evaluando (Jaramillo et al., 2017).

Es importante destacar que, aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto no necesariamente implica que los tipos de aceite sean completamente equivalentes en todos los contextos o aplicaciones. Los resultados se basan en los datos disponibles y en la variable específica medida, por lo que otros factores o propiedades de los aceites pueden ser relevantes en diferentes situaciones (Cedeño et al., 2017).

Además, la prueba de homogeneidad de varianza mostró que las varianzas entre los grupos no difieren significativamente, lo que respalda la idea de que la variabilidad en las mediciones es similar entre los diferentes tipos de aceite. Los datos y análisis estadísticos proporcionados, no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de aceite en relación con la variable estudiada. Sin embargo, es importante considerar el contexto específico y los objetivos de la medición al interpretar estos resultados y tomar decisiones relacionadas con la elección de un tipo de aceite en aplicaciones prácticas (Cedeño et al., 2017).

#### **4.2. Media de inhibición miceliar**

Se analizaron 30 datos de inhibición miceliar del hongo *Micospaherrella fijiensis* Morelet en varios tratamientos. Los resultados son los siguientes:

En el tratamiento con Neem, la media de inhibición micelial fue de 10.74%, con una desviación estándar de 8.60. Los valores oscilaron entre un mínimo de 7.52% y un máximo de 13.95%. Para el tratamiento con Mancozeb, se obtuvo una media de inhibición

micelial de 47.67%, con una desviación estándar de 34.63. Los valores oscilaron entre un mínimo de 34.74% y un máximo de 60.60%. El tratamiento con Girasol mostró una media de inhibición micelial de 34.86%, con una desviación estándar de 34.51.

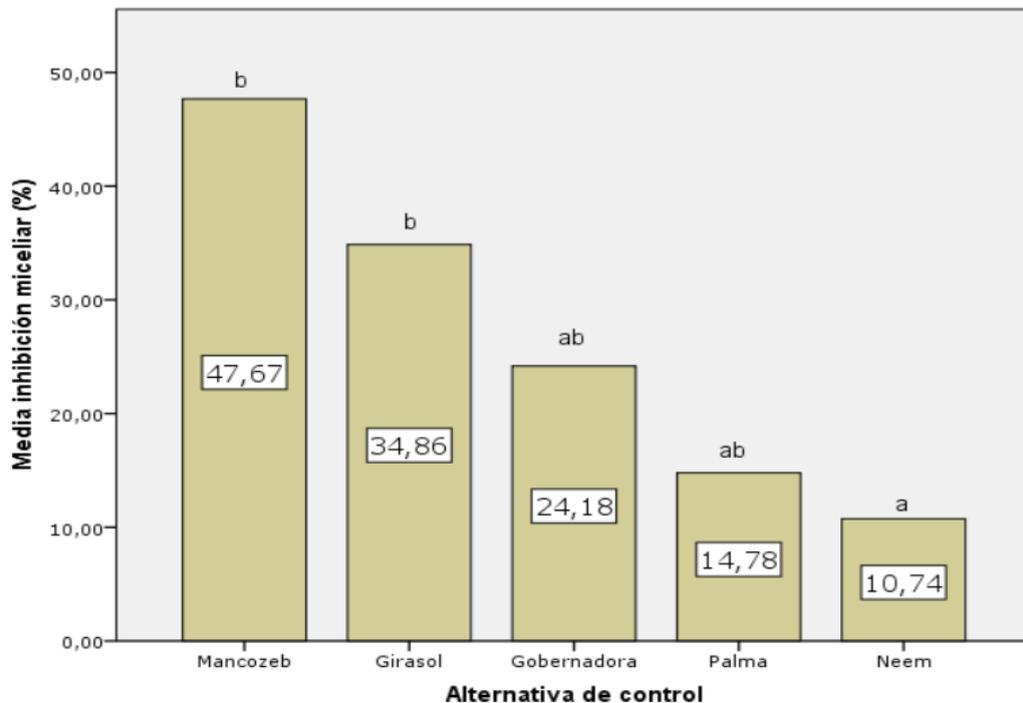


Figura 6. Inhibición micelial en porcentaje.

Fuente: autor.

Los valores variaron entre un mínimo de 0.00% y un máximo de 100%. En el tratamiento con Gobernadora, la media de inhibición micelial fue de 24.18%, con una desviación estándar de 22.56. Los valores oscilaron entre un mínimo de 15.74% y un máximo de 32.60%. Finalmente, en el tratamiento con Palma, se registró una media de inhibición micelial de 14.78%, con una desviación estándar de 17.44. Los valores variaron entre un mínimo de 8.26% y un máximo de 21.29%.

La prueba de homogeneidad de varianzas, según el estadístico de Levene, arrojó un valor significativo de 11.307 ( $p < 0.001$ ), lo que indica diferencias significativas en las varianzas entre los procedimientos. El estudio de varianza (ANOVA) también fue significativo ( $p < 0.001$ ), lo que sugiere que al menos un tratamiento difiere significativamente de los demás en términos de inhibición micelial.

Las pruebas de Duncan agruparon los tratamientos en tres grupos o clases: el Grupo 1 incluye a Neem y Palma con una significancia de 0.056, el Grupo 2 comprende a Gobernadora y Girasol con una significancia de 0.108, y el Grupo 3 incluye a Gobernadora, Mancozeb y Girasol con una significancia de 0.055. Estas diferencias sugieren que los tratamientos tienen efectos significativamente diferentes en la inhibición micelial del hongo.

Las derivaciones del estudio de inhibición micelial exponen diferencias significativas entre los tratamientos. En general, se observa una amplia variabilidad en la inhibición micelial en todos los tratamientos. El tratamiento con Mancozeb exhibe la mayor media de inhibición micelial, con un valor promedio de 47.67%, seguido de Girasol con 34.86%, Gobernadora con 24.17%, Neem con 10.74%, y finalmente Palma con 14.78%.

Es importante destacar que el tratamiento con Mancozeb tiene la mayor variabilidad, como se indica por su desviación estándar de 34.63. Por otro lado, Palma muestra la menor variabilidad, con una desviación estándar de 17.44. En todos los tratamientos, la inhibición micelial mínima observada es 0.00%, lo que sugiere que algunos casos no muestran inhibición del crecimiento micelial, mientras que el máximo varía entre los tratamientos, llegando al 100% en Mancozeb y Girasol.

La prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) muestra una diferencia significativa en las varianzas entre los tratamientos ( $p < 0.001$ ). Esto sugiere que la variabilidad en la inhibición micelial es heterogénea entre los diferentes tratamientos (Seutra Kaba et al., 2021). El ANOVA confirma que al menos uno de los tratamientos es estadísticamente diferente de los demás en términos de inhibición micelial ( $p < 0.001$ ).

Estos resultados indican que los tratamientos tienen efectos significativamente diferentes en la inhibición micelial del hongo *Micosphaerella fijiensis* Morelet, y los agrupan en tres clases distintas en función de sus efectos. Estos hallazgos son importantes para tomar decisiones informadas sobre qué tratamiento utilizar en el control de este hongo (Cedeño et al., 2017; Churchill, 2011).

### **4.3. Inhibición micelial por día**

Estos resultados son consistentes con la naturaleza dinámica de los ecosistemas microbiológicos, donde factores como la competencia entre especies, la disponibilidad de

nutrientes y la interacción con el ambiente pueden influir en el crecimiento del micelio (Kimunye et al., 2021; Toro & Castellanos Castellanos, 1999).

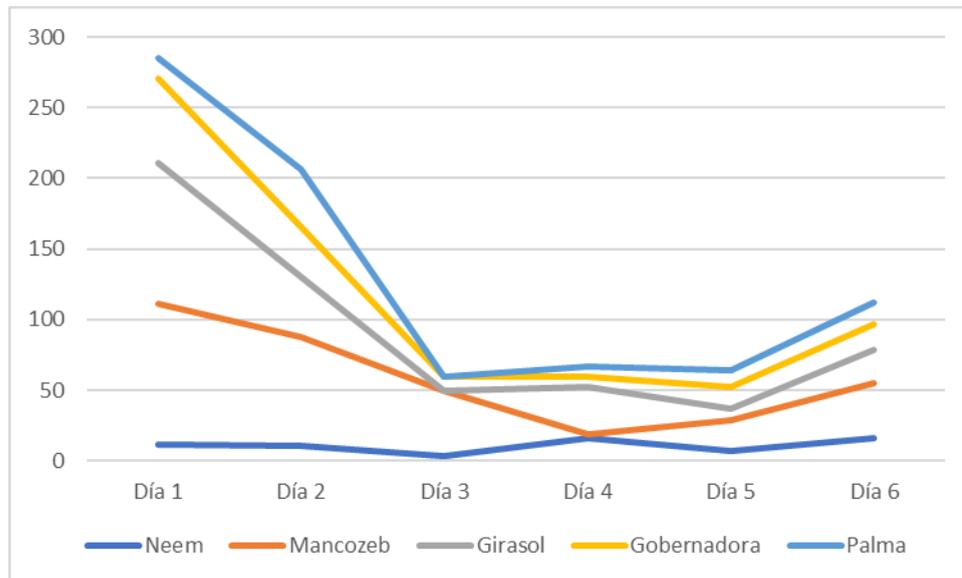


Figura 7. Inhibición miceliar

Fuente: autor.

La temporalidad desempeña un papel fundamental, ya que se observan fluctuaciones en el crecimiento a lo largo de los días, lo que subraya la necesidad de considerar la variabilidad temporal en investigaciones de este tipo (Quevedo Guerrero et al., 2018).

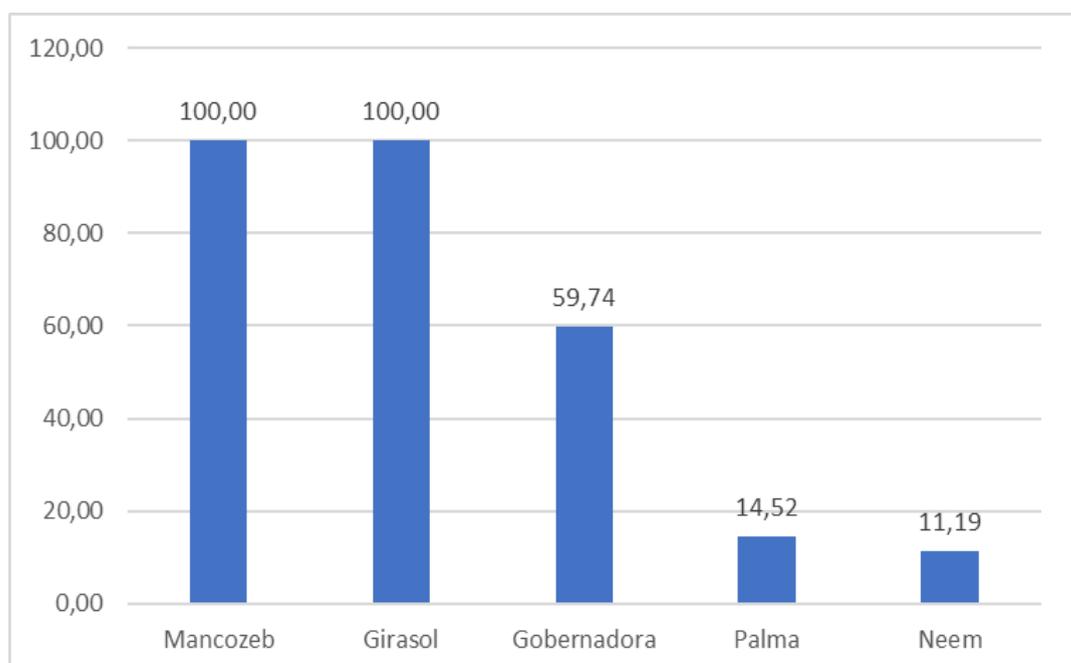


Figura 8. Inhibición miceliar día 1

Fuente: autor.

Durante el primer día los productos mancozeb y girasol experimentó una inhibición del 100%, mientras que gobernadora evidenció un 59.74% de inhibición, seguido por el aceite de palma 14.52% y el neem 11,19.

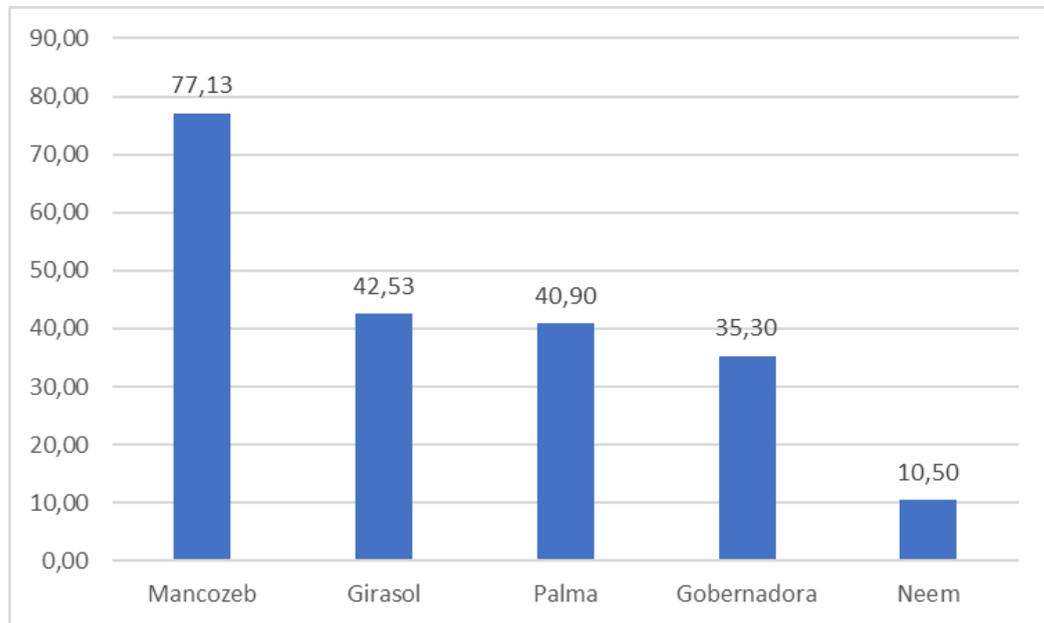


Figura 9. Inhibición miceliar día 2

Fuente: autor.

Para el segundo día fue posible evidenciar un aumento notorio de girasol con una media de 42.53. Neem tuvo una media de 10.5, mientras que Gobernadora y Palma disminuyeron su crecimiento, con medias de 35.3 y 40.9, respectivamente.

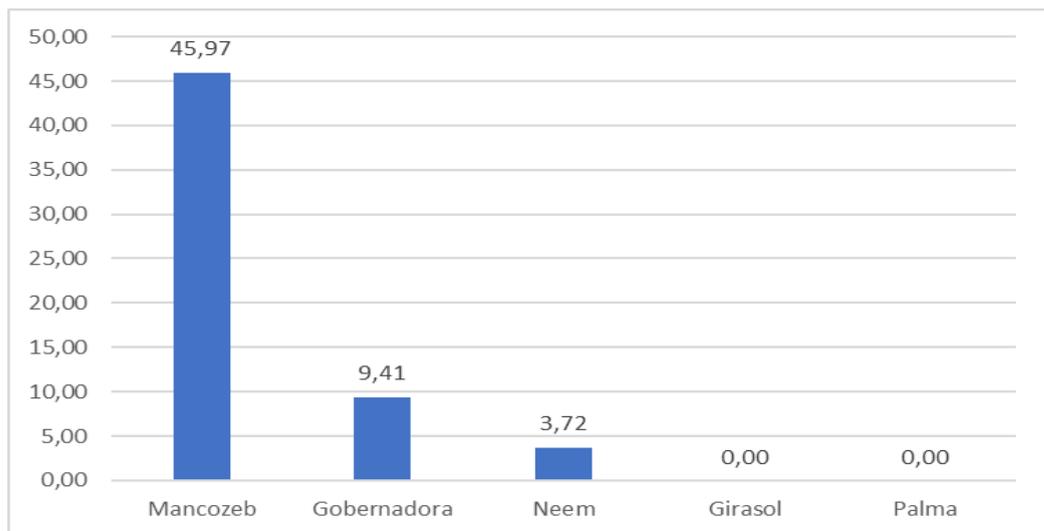


Figura 10. Inhibición miceliar día 3

Fuente: autor.

En el tercer día, Neem tuvo una reducción marcada en el crecimiento con una media de 3.72. Girasol y Palma no presentaron crecimiento, con valores medios de 0. Mancozeb aún mostraba un crecimiento notable con una media de 45.96, mientras que Gobernadora tenía un crecimiento reducido, con una media de 9.41.

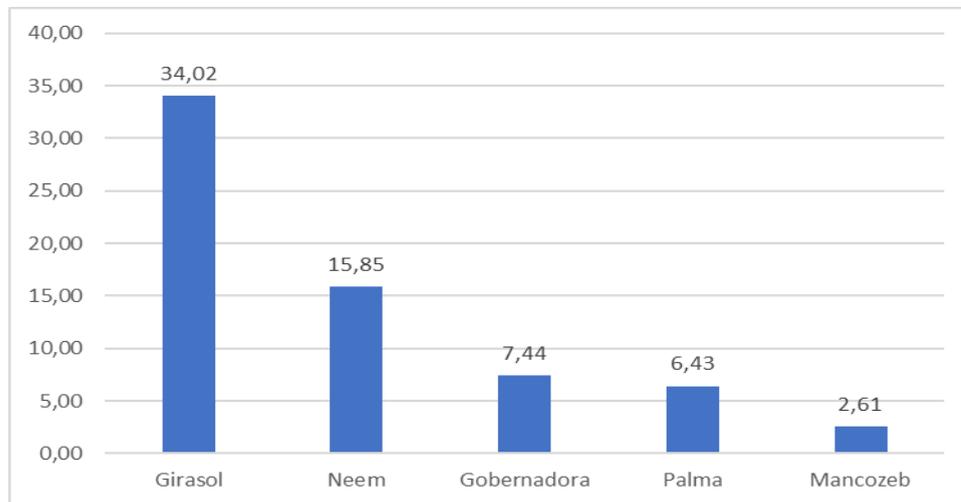


Figura 11. Inhibición miceliar día 4.

Fuente: El autor.

El cuarto día, Neem y Girasol experimentaron un aumento en el crecimiento, con medias de 15.85 y 34.02, respectivamente. Mancozeb disminuyó su crecimiento con una media de 2.61. Gobernadora y Palma también presentaron valores de crecimiento, con medias de 7.44 y 6.43, respectivamente.

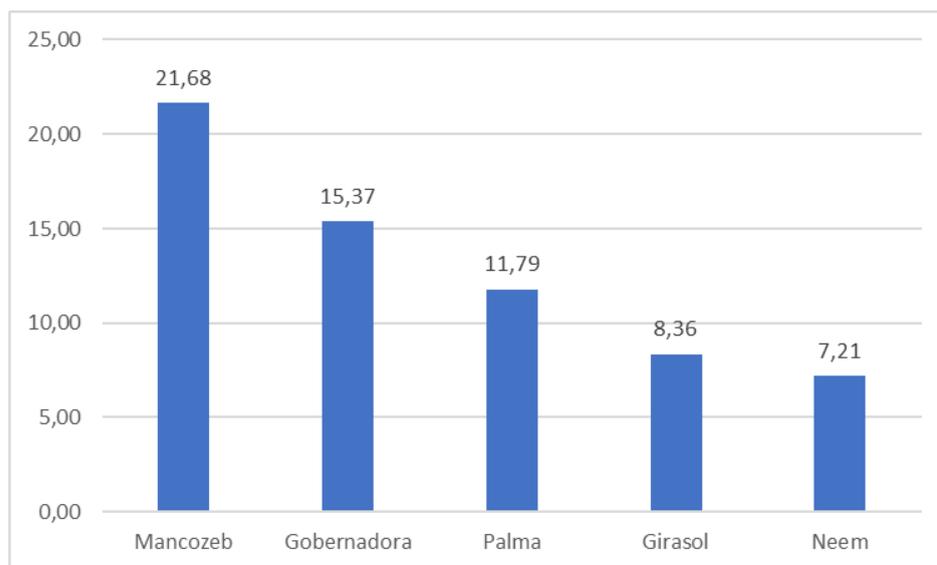


Figura 12. Inhibición miceliar día 5.

Fuente: autor.

En el quinto día, Mancozeb y Neem mostraron un crecimiento moderado, con medias de 21.68 y 7.21, respectivamente. Girasol, Gobernadora y Palma también registraron crecimiento, con medias que varían entre 8.36 y 15.37.

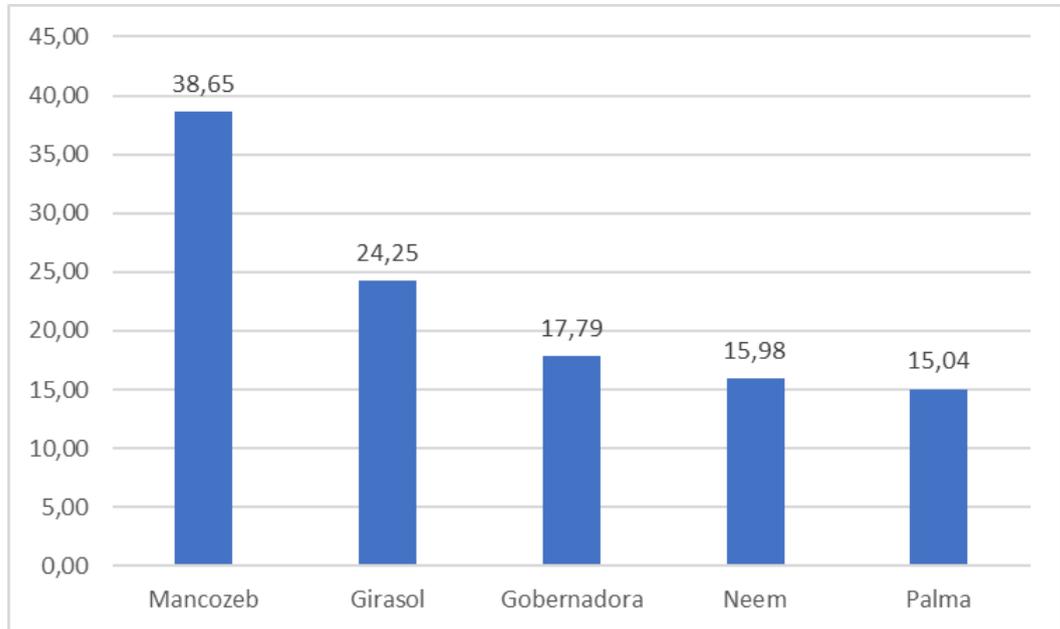


Figura 13. Inhibición micelial día 6.

Fuente: autor.

Finalmente, en el sexto día, Neem mostró un crecimiento destacado con una media de 15.98, y los otros tratamientos también presentaron valores de crecimiento, con medias que varían entre 15.04 y 38.65.

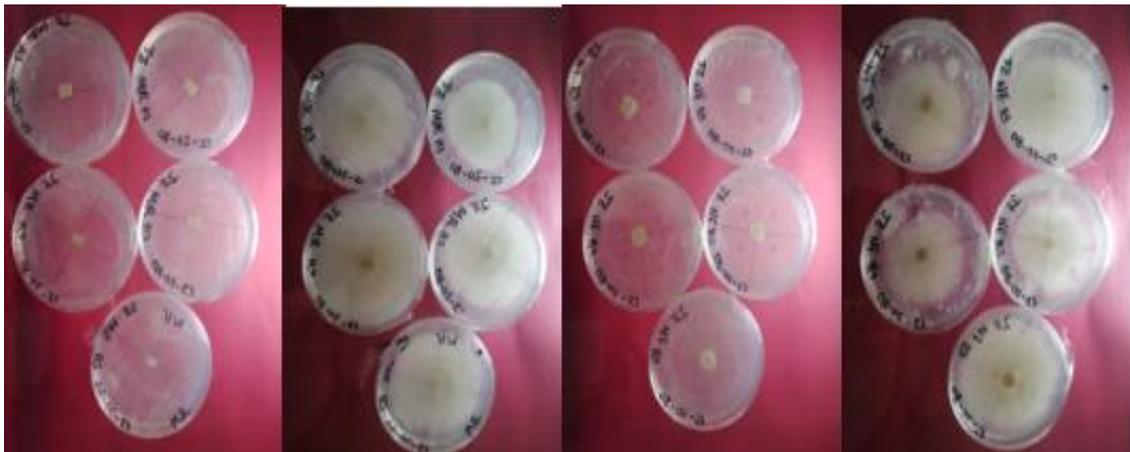


Figura 14. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con aceite de girasol en 1 y 2 seguido por Neem a la siembra y al sexto día.

Fuente: autor.

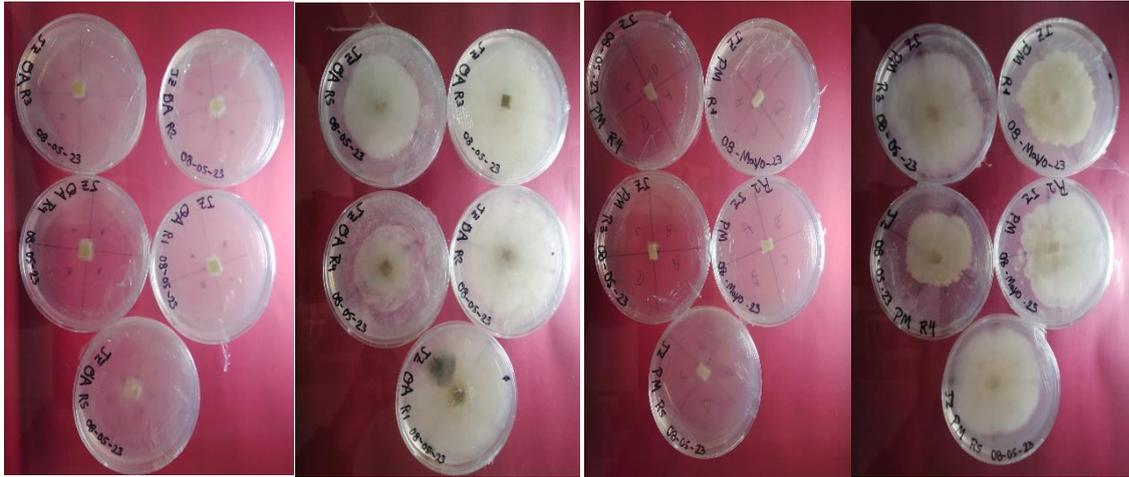


Figura 15. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con aceite de Palma en 1 y 2 seguido por Gobernadora a la siembra y al sexto día.

Fuente: autor.

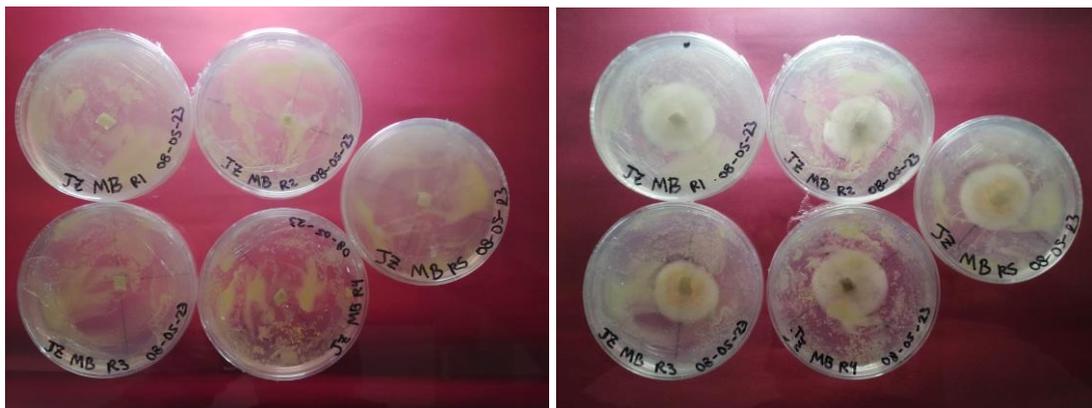


Figura 16. Inhibición micelial de izquierda a derecha tratamiento con Mancozeb a la siembra y al sexto día.

Fuente: autor.

Los resultados presentados muestran una variabilidad significativa en el crecimiento del micelio a lo largo de un período de seis días bajo diferentes tratamientos, que incluyen Neem, Mancozeb, Girasol, Gobernadora y Palma. Esta variabilidad puede atribuirse a diversos factores, como las condiciones ambientales cambiantes, las características específicas de cada tratamiento y la respuesta única de los microorganismos a estos tratamientos (Soares et al., 2021).

Estos resultados son consistentes con la naturaleza dinámica de los ecosistemas microbiológicos, donde factores como la competencia entre especies, la disponibilidad de nutrientes y la interacción con el ambiente pueden influir en el crecimiento del micelio (Kimunye et al., 2021; Toro & Castellanos Castellanos, 1999). La temporalidad desempeña un papel fundamental, ya que se observan fluctuaciones en el crecimiento a lo largo de los días, lo que subraya la necesidad de considerar la variabilidad temporal en investigaciones de este tipo (Quevedo Guerrero et al., 2018).

#### **4.4. Discusión**

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron concluir que existe mayor inhibición al utilizar aceite de girasol ozonificado en el control de *M. fijiensis*. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ledea et al. (2010), los mismos que evidenciaron una media de inhibición micelial de 34.86%. Este resultado concuerda con el obtenido por, según este investigador, el OLEOZON, producto comercial de aceite de girasol ozonificado evidenció actividad inhibitoria y bactericida a concentraciones de ,4 a 9,5 mg/mL.

Por otra parte, Jácome (2020), en su investigación analizan la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium* en el banano. Para esto recurrieron al uso de un producto comercial a base de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) con el nombre comercial de Progranic Mega. Los resultados permitieron evidenciar que este producto obtuvo entre el 54 y 57% de inhibición del patógeno a dosis de 0,75 y 1,00 ml/100 ml PDA.

## V. CONCLUSIONES

Por medio del trabajo de investigación se buscó establecer el efecto *in vitro* de aceites vegetales ozonizados en el control de *M. fijiensis*, para esto se recurrió al uso de los siguientes aceites vegetales: Neem, Girasol, gobernadora y Palma, además de esto, se utilizó el fungicida químico mancozeb, perteneciente al grupo químico de los alquilenbis (ditiocarbamatos).

En lo que respecta al primer objetivo de la investigación, la mayor inhibición se pudo evidenciar al utilizar el aceite de girasol, el mismo que evidenció una media de inhibición micelial de 34.86%, con una desviación estándar de 34.51, mientras que la menor media de inhibición se presentó al utilizar el aceite de neem, el mismo que presentó una media de 10,74%. Los tratamientos presentaron diferencias significativas en las varianzas. Tanto el ensayo de uniformidad de varianzas, de Levene como el análisis de varianza (ANOVA) resultaron significativos, es decir, al menos un tratamiento difiere significativamente de los demás en términos de inhibición micelial.

Por otra parte, también se evaluó el efecto de la aplicación de aceites ozonizados en el desarrollo de la Sigatoka negra en medios de cultivo PDA desde el primero hasta el sexto día después de la siembra del hongo. Los resultados obtenidos permiten concluir que existe variabilidad significativa en cuanto al crecimiento del micelio a lo largo de un período de seis días bajo diferentes tratamientos, que incluyen Neem, Mancozeb, Girasol, Gobernadora y Palma, variabilidad que puede atribuirse a diversos factores, como las condiciones ambientales cambiantes, las características específicas de cada tratamiento y la respuesta única de los microorganismos a estos tratamientos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Si bien los resultados proporcionan una visión interesante de la dinámica del crecimiento del micelio bajo diferentes tratamientos, es importante destacar la necesidad de realizar investigaciones adicionales para contextualizar estos hallazgos. La ausencia de detalles específicos sobre la variable medida y el contexto del estudio limita la capacidad de realizar comparaciones directas con investigaciones previas.

Sería valioso examinar cómo estos resultados se traducen en aplicaciones prácticas, como el control de patógenos en la agricultura. Estos resultados subrayan la complejidad de los sistemas microbiológicos y enfatizan la importancia de investigaciones adicionales para comprender completamente el impacto de los tratamientos en el crecimiento del micelio y su relevancia en aplicaciones agrícolas y ecológicas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Macas, H. F. (2021). Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano. *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16535/1/TTUACA-2021-IA-DE00001.pdf>
- Aguilar, A. (18 de 08 de 2017). *www.dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec): <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/12496ca3-f9d7-4c97-b4d4-81748fc627a1/D-65748.pdf>
- Beltrán Magallanes, J. L. (2018). Propiedades físicas de los suelos, un. *Universidad Autónoma de Sinaloa*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/323906391\\_Propiedades\\_fisicas\\_de\\_lo\\_s\\_suelos\\_un\\_recurso\\_natural\\_prestador\\_de\\_servicios\\_biologicos\\_y\\_ambientales](https://www.researchgate.net/publication/323906391_Propiedades_fisicas_de_lo_s_suelos_un_recurso_natural_prestador_de_servicios_biologicos_y_ambientales)
- Bravo, E. (28 de 6 de 2021). *cia.uagraria.edu.ec*. Obtenido de [cia.uagraria.edu.ec](http://cia.uagraria.edu.ec): <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRAVO%20FREIRE%20ERIKA%20AND%20REA.pdf>(FERTILIZACIÓN EDAFICA EN DRENCH CON ORMUS)
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2), 141-157. doi:10.22579/20112629.524
- Calvache Ulloa, M. (2008). *Fertirriego en Ecuador, Presente y Futuro*. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/301766196\\_FERTIRRIEGO\\_EN\\_EL\\_ECUADOR](https://www.researchgate.net/publication/301766196_FERTIRRIEGO_EN_EL_ECUADOR)
- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Mag-Pronareg, 0(0).
- Cardona, W. A. (2017). *Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.), ubicado en el municipio de Silvania (Cundinamarca)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59275/1053794741.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro García, G., & Chiquillo Sánchez, H. P. (2016). Evaluación de tres alternativas de fertirriego en el establecimiento del cultivo de plátano (musa paradisiaca/harton cv) en el Yopal, Casanare. *Ingeniería Y Región*, 16(2), 49-55. doi:<https://doi.org/10.25054/22161325.1298>
- Castro, V. (2021). Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17467>
- Castro, V. (2021). <http://repositorio.utmachala.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec>: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17467>

- Diego, V., & Julio, C. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de *Cumbres*, 28-34.
- Guzmán, M., & Díaz, R. (2004). *Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/257416472\\_CHARACTERISTICAS\\_DE\\_LOS\\_FERTILIZANTES\\_PARA\\_SU\\_USO\\_EN\\_LA\\_FERTIRRIGACION](https://www.researchgate.net/publication/257416472_CHARACTERISTICAS_DE_LOS_FERTILIZANTES_PARA_SU_USO_EN_LA_FERTIRRIGACION)
- Hurtado, D. (20 de 12 de 2013). *repositorio.uteq.edu.ec*. Obtenido de [repositorio.uteq.edu.ec: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2803/1/T-UTEQ-0354.pdf](https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2803/1/T-UTEQ-0354.pdf)
- Info Agro. (2013). *www.infoagro.go.cr*. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/fertirrigacion.pdf>
- Jácome, S. (2020). *Identificación del agente patógeno causal de daños ocasionados en la fase de post-cosecha del cultivo de banano (Musa paradisiaca L.) en la empresa Reybanpac* (Vol. Tesis). (F. d. Agrarias, Ed.) Universidad Técnica estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d523140f-fdba-4882-9dc6-40d64f93cb6c/content>
- Ledea, O., Curtiellas, V., Moleiro, J., Garcés, R. M., Martínez, E., Hernández, C., & Fernández, I. (2010). Evidencias del Mecanismo Oxidante en la Actividad Antibacteriana del Aceite de Girasol Ozonizado. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41(2010), 1-13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620500042.pdf>
- López M., A. (1995). <http://nla.ipni.net>. Obtenido de [http://nla.ipni.net: http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net: http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf)
- Martínez Acosta, A. M., & Cayón Salinas, D. G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6055-6064. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf>
- Martínez Sánchez, C. (2020). *Fertilizantes para fertirriego: conceptos y propiedades*. Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, Tabasco. Obtenido de <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar13.pdf>
- Martínez, A. (22 de 3 de 2012). *www.scielo.org.co*. Obtenido de [www.scielo.org.co: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf)
- Mayol, M. B., Costa, J. L., Cabria, F. N., & Aparicio, V. C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia del Suelo*, 30(2), 95-105. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/285773017\\_Relationship\\_between\\_spatial\\_variability\\_of\\_electrical\\_conductivity\\_and\\_soil\\_sodium\\_content](https://www.researchgate.net/publication/285773017_Relationship_between_spatial_variability_of_electrical_conductivity_and_soil_sodium_content)

- Mazuela Águila, P. C., & de la Riva Morales, F. (2013). *Manual de Fertirriego*. Arica: Universidad de Tarapacá. Obtenido de <http://sb.uta.cl/libros/30846%20manual%20fertirriego%20web.pdf>
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *Informe Sector Bananero Ecuatoriano*. Quito. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-espa%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Mira Castillo, J., & Sánchez Torres, J. D. (2013). *Principios para la nutrición del cultivo de banano*. Medellín: AUGURA. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12593>
- Murillo Castillo, R. G., Piedra Marín, G., & León, R. G. (2013). Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*, 27(1), 232-244. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4945327>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (Cuarta ed.). Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>
- Pérez López, E., & Rodríguez Barrantes, D. (2017). Estudio físico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa. *Revista Pensamiento Actual*, 17(29), 51-68. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/31551/31282>
- Ramírez Carvajal, R. (1997). *Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos* (Primera ed.). Santafé de Bogotá: PRODUMEDIOS. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo: Universidad de la República. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Salvatierra Bellido, B. (2020). *Evaluación de la distribución del agua en sistemas de riego por aspersión estacionarios con viento*. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/94149/TESIS%20BENITO%20SALVATIERRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). *Sector Bananero Ecuatoriano*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/08/Sector-bananero-ecuadoriano-final.pdf>
- Soriano Soto, M. D. (2018). Conductividad eléctrica del suelo. *Riunet Mòvil*. Obtenido de <https://m.riunet.upv.es/handle/10251/105110>

- Urriola S., L. (Octubre de 2020). ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? *Revista Semilla Del Este*, 1(1), 23-26. Obtenido de [https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla\\_este/article/view/2020](https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2020)
- Valenzuela López, M., & Lizárraga Jiménez, R. (1 de Junio de 2020). *HortiCultivos*. Obtenido de Las ventajas de la Fertilización: <https://www.horticultivos.com/nutricion/fertilizacion/las-ventajas-de-la-fertilizacion/>
- Valle. (2021). <http://semillasvalle.com>. Obtenido de <http://semillasvalle.com/site/blog/la-importancia-de-una-fertilizacion-edafrica-justa-y-balanceada/>
- Vargas Céspedes, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
- Villamar , L. (Octubre de 2011). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3558/1/Villamar%20D%c3%adaz%20Liliana%20Estefan%c3%ada.pdf>
- Villaseñor Diego, C. J. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de *Cumbres* , 28-34.
- Villaseñor, D., & Chabla, J. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de *Revista Científica Cumbres*, 28-34.
- Yzarra Tito, W. J., & López Ríos, F. M. (2011). Manual de Observaciones Fenológicas. Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (Septiembre de 2020). La producción de banano en la Provincia de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189-195. Obtenido de <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327>