



**Evaluación de métodos de control para escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa* en cacao.**

Vivanco Morales, Angel Fernando

Departamento de ciencias de la vida y la agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs.

14 de marzo del 2022

# Reporte de verificación de contenido



TESIS\_VIVANCO\_COPYLEAKS.docx  
Scanned on: 16:20 March 14, 2022 UTC



Identical Words	193
Words with Minor Changes	30
Paraphrased Words	41
Omitted Words	9

COPYLEAKS Website | Education | Businesses

TESIS\_VIVANCO\_COPYLEAKS.docx

Scanned on: 16:20 March 14, 2022 UTC

## Results

The results contain any sources we have found that include words with identical, minor changes, and paraphrased text in your submitted document.

Copyleaks Internal Database	100%	<b>IDENTICAL</b>	Identical matches are one-to-one word wording in the text.
Copyleaks Internal Database	100%	<b>MINOR CHANGES</b>	Nearly identical with different form, or "near" synonyms, "lowly".
Copyleaks Internal Database	100%	<b>PARAPHRASED</b>	Close meaning but different words used to convey the same message.
Microsoft Word - modulo descriptiva.doc <a href="https://www.un.edu.ar/materias/estadistica_C00117/modulo%20descri...">https://www.un.edu.ar/materias/estadistica_C00117/modulo%20descri...</a>	100%	<b>IDENTICAL</b>	Identical matches are one-to-one word wording in the text.
Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermeda... <a href="https://repositorio.cepa.edu.ar/bit/handle/21000/144283howjuf">https://repositorio.cepa.edu.ar/bit/handle/21000/144283howjuf</a>	100%	<b>IDENTICAL</b>	
Copyleaks Internal Database	100%	<b>PARAPHRASED</b>	Close meaning but different words used to convey the same message.
Copyleaks Internal Database	100%	<b>PARAPHRASED</b>	Close meaning but different words used to convey the same message.
didacticaestadistica.pdf <a href="https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Botana/publication/2557...">https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Botana/publication/2557...</a>	100%	<b>PARAPHRASED</b>	Close meaning but different words used to convey the same message.

Unsure about your report? The results have been found after comparing your submitted text to online sources, team databases and the Copyleaks internal database. For any questions about the report contact us on [support@copyleaks.com](mailto:support@copyleaks.com)

[Learn more about different levels of detection](#)

COPYLEAKS Website | Education | Businesses



Firmado electrónicamente por:  
**EDUARDO  
PATRICIO VACA  
PAZMIÑO**

**Ing. Eduardo Patricio Vaca Pazmiño Mgs.**

**Director**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de integración curricular, “Evaluación de métodos de control para escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa* en cacao” fue realizado por el señor **Vivanco Morales, Angel Fernando** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de marzo del 2022



Firmado electrónicamente por:  
EDUARDO  
PATRICIO VACA  
PAZMIÑO

Ing. Eduardo Patricio Vaca Pazmiño Mgs.

C. C.: 1802127355



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo **Vivanco Morales, Angel Fernando**, con cédula de ciudadanía n° 0803149350 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Evaluación de métodos de control para escoba de bruja *Monillioptora perniciosa* en cacao"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de marzo del 2022

.....  
**Vivanco Morales Angel Fernando**

C.C.: 0803149350



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Vivanco Morales, Angel Fernando**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 0803149350, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "**Evaluación de métodos de control para escoba de bruja *Monillioptora perniciosa* en cacao**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de marzo del 2022

.....  
**Vivanco Morales Angel Fernando**

C.C.: 0803149350

### **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada en primer lugar a Dios, por brindarme salud y vida a lo largo de este arduo camino. La gloria sea solo a Él.

A mis padres Armando Vivanco y Nancy Morales por ser el motor que me impulsó a conseguir esta tan anhelada meta, quienes con su sacrificio, dedicación y apoyo diario yo pueda estar en donde estoy.

A mis hermanos por siempre estar ahí cuando necesitaba unas palabras de aliento en mis momentos de debilidad.

A mi tía Alicia Vivanco por brindarme su apoyo y amor desmesurado durante todo este trayecto.

Al Pastor Jorge Rodríguez y esposa, por siempre estar ahí con palabras de aliento y siempre motivándome a que me mantenga firme en Dios y su palabra.

**Angel Fernando Vivanco Morales**

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por su soberana gracia hacia mí durante todo este largo trayecto.

A mis padres por permitirme estudiar esta carrera y apoyarme en todo lo que necesité durante este largo proceso de estudio. Por todo su sacrificio para permitirme llegar hasta aquí.

A mi tía Alicia por ser una segunda madre que me acogió en su casa y me brindó el apoyo y amor sin esperar nada a cambio.

A la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas por brindarme el conocimiento y forjarme con esfuerzo y dedicación para lograr esta tan anhelada meta.

Al Ing. Patricio Vaca director de tesis, por apoyarme con todo su conocimiento sin recelo y brindarme todos los materiales necesarios para la ejecución del presente trabajo.

A todos mis amigos que estuvieron conmigo compartiendo momentos de alegría y tristeza. En especial a Yaritza y Omar compañeros con los que estuve en este proceso de tesis compartiendo conocimientos, risas y momentos inolvidables.

**Angel Fernando Vivanco Morales**

## Índice de contenido

Carátula .....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificado del director .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos .....	7
Índice de contenido.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras .....	12
Resumen .....	13
Abstract .....	14
Capítulo I .....	15
Introducción .....	15
Capítulo II .....	18
Marco teórico .....	18
El cultivo de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ).....	18
Requerimientos edafoclimáticos.....	19
Escoba de bruja ( <i>Moniliophthora perniciosa</i> ).....	19
Morfología.....	20



Epidemiología de M. perniciososa .....	20
Ciclo de vida .....	21
Sintomatología.....	22
Manejo.....	24
Control químico de enfermedades vasculares .....	25
Control biológico de enfermedades vasculares .....	28
Capítulo III .....	30
Metodología .....	30
Ubicación del lugar de investigación.....	30
Ubicación política.....	30
Ubicación geográfica .....	30
Ubicación ecológica.....	31
Materiales.....	31
Materiales de campo.....	31
Insumos .....	31
Métodos .....	32
Diseño experimental .....	32
Análisis estadístico .....	34
Coeficiente de variación.....	35
Variables a medir.....	35
Análisis económico .....	36

	10
Actividades realizadas .....	36
Capítulo IV .....	39
Resultados y discusión .....	39
Porcentaje de incidencia .....	39
Grado de severidad.....	45
Costos.....	51
Capítulo V .....	53
Conclusiones .....	53
Capítulo VI.....	55
Recomendaciones .....	55
Capítulo VII .....	56
Bibliografía.....	56

### Índice de tablas

Tabla 1	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de cacao. ....	19
Tabla 2	Clasificación taxonómica de <i>M. pernicioso</i> .....	20
Tabla 3	Sintomatología de las partes de la planta afectadas por la escoba de bruja en cacao. ....	23
Tabla 4	Escala de severidad de escoba de bruja en función del estado evolutivo de las escobas vegetativas. ....	25
Tabla 5	Fungicidas químicos comúnmente aplicados para el control de enfermedades vasculares en cacao.....	26
Tabla 6	Medidas de control biológico aplicadas en enfermedades vasculares del cultivo de cacao. ....	28
Tabla 7	Materiales e insumos utilizados en la investigación.....	31
Tabla 8	Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.....	32
Tabla 9	Esquema de análisis de varianza. ....	35
Tabla 10	Resumen de ADEVA para la variable porcentaje de incidencia de Escoba de bruja en cacao. ....	39
Tabla 11	Porcentaje de incidencia de escoba de bruja en cada una de las evaluaciones realizadas.....	43
Tabla 12	Resumen de ADEVA para la variable grado de severidad de Escoba de bruja en cacao. ....	45
Tabla 13	Grado de severidad de escoba de bruja en cada toma de datos.....	49
Tabla 14	Relación Costo/Beneficio.....	51

### Índice de figuras

Figura 1	Ciclo de vida de la escoba de bruja ( <i>M. pernicioso</i> ) en cacao.....	22
Figura 2	Mapa de ubicación de la investigación.....	30
Figura 3	Croquis de distribución de unidades experimentales. ....	34
Figura 4	Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja comparando las frecuencias de aplicación en tercera toma de datos.....	40
Figura 5	Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos.....	41
Figura 6	Prueba Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la cuarta toma de datos.....	42
Figura 7	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la tercera toma de datos. ....	46
Figura 8	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la tercera toma de datos.....	47
Figura 9	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos. ....	48
Figura 10	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la cuarta toma de datos.....	49

## Resumen

Evaluar métodos de control para escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa* en cacao es alternativa para reducir pérdidas de hasta el 50% de producción. Esta investigación realizada en la Finca “Cacao del Valle”, Km 6 vía Cristóbal Colon, (00°04′ 58,3″ S y 79°14′ 34″W) 370 msnm. Temperatura 25°C, HR 90%, se evaluó la incidencia y grado de severidad de escoba de bruja en plantas de cacao luego de aplicaciones de fungicidas sistémicos con dos frecuencias de aplicación. Investigaciones anteriores no demuestran un método de control efectivo. Se probaron ocho métodos de control con cuatro alternativas de fungicidas (Fosetil aluminio, Pyraclostrobin + Metiram, Metalaxil-M + Mancozeb, y Azoxystrobin) con dos frecuencias de aplicación (cada 20 y 25 días), más un testigo empleando un control manual. Los resultados demostraron que las frecuencias de aplicación tienen un mejor efecto para reducir la incidencia de escoba de bruja, siendo los tratamientos con Fosetil aluminio cada 20 días, Azoxystrobin cada 20 días, Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días los que tuvieron menor porcentaje de incidencia, respecto al grado de severidad este tuvo menor severidad para los tratamientos con frecuencia de 20 días. Todos los tratamientos tuvieron diferencias con relación al testigo, siendo este el que obtuvo la mayor incidencia y grado de severidad de escoba de bruja. La relación costo - beneficio muestra con mejor valor al tratamiento Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días con \$4,29 de beneficio por cada dólar invertido.

- Palabras clave:

- **CACAO**
- **ESCOBA BRUJA**
- **CONTROL ESCOBA BRUJA**
- **MONILIOPTHORA PERNICIOSA**

### Abstract

Evaluating control methods for witches' broom *Moniliophthora perniciosa* in cocoa is an alternative to reduce losses of up to 50% of production. This research carried out at the "Cacao del Valle" farm, km 6 avenue Cristobal Colon (00°04' 58,3'' S y 79°14' 34'W) 370 meters above sea level. Temperature 25°C, RH 90%. The incidence and degree of severity of witches' broom in cocoa plants after systemic fungicide applications with two application frequencies were evaluated. According to previous research, there is no effective control method for witches' broom in cocoa cultivation. Eight control methods were tested with four fungicide alternatives (Fosetil aluminium, Pyraclostrobyn + Metiram, Metalaxyl-M + Mancozeb, y Azoxystrobin), with two application frequencies (every 20 and 25 days), plus a control using manual control. The results showed that the application frequencies have a better effect to reduce the incidence of witches' broom, being the treatments with Fosetil aluminum every 20 days, Azoxystrobin every 20 days, Pyraclostrobin + Metiram every 20 days, which had the lowest percentage of incidence, Regarding the degree of severity, this had less severity for treatments with a frequency of 20 days. All treatments had differences in relation to the control, this being the one that obtained the highest incidence and degree of severity of witches' broom. Regarding the cost - benefit relationship, the best value was obtained by the Pyraclostrobin + Metiram treatment every 20 days with \$4.29 profit for every dollar invested.

- *Keywords*

- **COCOA**
- **WITCH BROOM**
- **WITCH BROOM CONTROL**
- ***MONILIOPTHORA PERNICIOSA***

## Capítulo I

### Introducción

El cacao (*Theobroma cacao*) es una de las especies más cultivadas a nivel mundial. Su origen se centra en la cuenca del Amazonas de América del Sur (Osorio, Castillo, Rodríguez, & Terán, 2021) y su importancia radica en la utilización de las almendras para la industria del chocolate (Peprah, 2019); aunque también son utilizados en la industria farmacéutica (Osorio, Castillo, Rodríguez, & Terán, 2021).

Ecuador se destaca en el mercado mundial debido a la calidad del cacao fino de aroma (Parada & Veloz, 2021); aunque también se desarrollan plantaciones del cultivar CCN-51 que posee importantes características como la tolerancia a enfermedades, alta productividad y calidad (Andrade, Rivera, Chire, & Ureña, 2019). El primero hace parte del 85% de las exportaciones; mientras que, CCN-51 representa el 15% (Anzules, Borjas, Alvarado, Castro, & Julca, 2019).

Durante el 2019, conforme a la (CFN, 2021), las provincias con mayor producción fueron Guayas con 31%, Los Ríos con 24%, Manabí con 14% y Esmeraldas con el 8%; mientras que, el volumen total exportado fue de 297,07 mil toneladas. (Alcívar, Quezada, Barrezueta, Garzón, & Carvaja, 2021) manifiestan que, en el territorio nacional, más de 240 000 familias dependen de la cadena cacaotera de forma directa e indirecta.

Sin embargo, la producción del cultivo de cacao en el país, ha sido limitada por varios factores entre los que se destaca la presencia de enfermedades que poseen una alta incidencia en las provincias de Guayas, Los Ríos, El Oro, Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí (ANECACAO, 2015).

Según (Ocampo & Pazmiño, EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES VASCULARES EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L. Cv. CCN-51), 2017) las enfermedades provocadas por hongos basidiomicetes pertenecientes al género *Moniliophthora*; tales como, la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) que son altamente invasivas y endémicas en este cultivo. Puesto que, ocasionan hasta el 60% de pérdidas en la producción según (Figuroa , 2017); (Suárez & Espinoza, Determinación del efecto de seis productos biorracionales sobre *Moniliophthora perniciosa*, agente causal de escoba de bruja en cacao (*Theobroma cacao* L. ), 2012) manifiestan que las pérdidas ocasionadas por *M. perniciosa*, representan entre el 40% y 70% de la producción cacaotera. La escoba de bruja es una enfermedad endémica que afecta tanto a los tejidos en desarrollo como a los tejidos meristemáticos; conforme a (Vera, y otros, 2013) debido probablemente a la acumulación de hormonas inducidas por el hongo *M. perniciosa*

En Brasil, la estrecha base filogenética del cacao que se estableció en los principales sectores cacaoteros, ocasionó que *M. perniciosa* generase afectación en varios volúmenes de almendra cosechada; suceso por el cual la zona de Bahía que producía alrededor del 80% de la producción en este país, se redujo al 62%. En Ecuador ocurrió algo similar, durante la década de los 50, puesto que, se cruzaron clones de cacao alto amazónico; sin embargo, entre los años 60 y 70 luego de su distribución, este material empezó a presentar problemas con escoba de brujas e incompatibilidad. Mientras que, en Venezuela esta enfermedad vascular es considerada el principal problema en el cultivo de cacao (Chávez & Zambrano, 2018).

*M. perniciosa* se encuentra ligada a las condiciones climáticas; puesto que, por lo general en la época lluviosa, la incidencia tiende a incrementarse en comparación con



la época seca. Motivo por el cual, se han planteado diversos métodos de control como: las labores culturales, el control químico y el control biológico (Ramírez & Santos, 2020).

(Ocampo & Pazmiño, EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES VASCULARES EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L. Cv. CCN-51), 2017) y (Ramírez & Santos, 2020) aplicaron estas tres alternativas de control durante la época seca y la época lluviosa respectivamente, en la zona de Valle Hermoso; sin embargo, no hallaron diferencias significativas en la incidencia de la escoba de bruja, en ambos casos; pero sí en moniliasis y mazorca negra. Lo que demuestra la falta de información para el control de *Moniliophthora perniciosa*.

Con fundamento en los antecedentes anteriormente citados; el presente estudio pretende aportar con resultados que permitan ampliar el estado del arte, referente al cultivo de cacao que es de especial importancia para la economía del país.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### **El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)**

El cacao es un árbol que tolera las condiciones de sombreado; se cultiva en el trópico húmedo, de los continentes: oceánico, asiático, africano y americano. Su centro de domesticación, se dio en Centroamérica, gracias al uso que le dieron los Aztecas y Toltecas. Sin embargo, han sido hallados ciertos vestigios arqueológicos de esta especie que datan de hace 5300 años; en la zona de Santa Ana-La Florida, provincia amazónica-ecuatoriana de Zamora Chinchipe (García, Pico, & Jaimez, 2021).

Esta especie, pertenece a la familia de las malváceas, que son árboles que se ramifican y poseen hojas simples. Las plantas de cacao pueden llegar a medir hasta 10 metros de altura (Ocampo & Pazmiño, Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L. Cv. CCN-51)", 2017); mientras que, sus hojas alcanzan una longitud entre 17 a 48 cm con un ancho de 8 a 10 cm. Las flores son pequeñas, hermafroditas y actinomorfas persistentes y su fruto es una mazorca o baya grande, que puede llegar a medir hasta 20 o 35 cm de largo con 200 a 1 000 gramos de peso; las almendras, son de color pardo-rojizo y pueden llegar a pesar 1 gramo aproximadamente (Bernal, 2021).

## Requerimientos edafoclimáticos

**Tabla 1**

*Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de cacao.*

Temperatura	23° a 30°C
Precipitaciones	1000 a 2500 mm/año
Tipo de suelo	Profundos
Topografía	Regular
pH	6,0 a 7,0
Luminosidad	2000 ho luz/año

Nota: La presente tabla muestra los requerimientos del cultivo de cacao (Ramírez & Santos, 2020).

### **Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)**

Es una enfermedad que se originó en Surinam (1985); diseminándose posteriormente hacia el territorio sudamericano restante, convirtiéndose en endémica. En Ecuador, se registró a partir de 1918, fue durante esta época, que la producción fue mermada entre un 60 a 70% (Abad, Alvarado, & Gallardo, 2018); actualmente, su efecto es devastador ya que tiene efecto hasta en el 80% de la producción según (Solis, Peñaherrera, & Vera, 2021); no obstante, (Abad, Alvarado, & Gallardo, 2018) citan tasas entre el 50% y 90% en américa tropical. A menudo se asocia con otras enfermedades como la mazorca negra y la moniliasis (Solis, Peñaherrera, & Vera, 2021).

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica de M. pernicioso.*

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Marasmiaceae
Género	Moniliophthora
Especie	M. pernicioso

Nota: La presente tabla muestra la clasificación taxonómica de *M. pernicioso*. Obtenida de: (Mora & Espinola, 2016).

### **Morfología**

El hongo *M. pernicioso* es frágil de coloración roja-carmesí, a medida que va madurando pierde la coloración; en la parte central, sobresale una parte manchada de color rojo oscuro que posee líneas de tipo radial que son del mismo color, campanulada, con un borde convexo y cóncavo, y con el centro hundido de 2 a 2,5 mm; y un diámetro de 5 a 15 mm que se arruga cuando se deshidrata y se vuelve turgente cuando está húmedo (Mora & Espinola, 2016).

### **Epidemiología de M. pernicioso**

Al ser *M. pernicioso* un saprófito que habita sobre la rizosfera, las basidiósporas le permiten propagarse y provocar infecciones en las áreas meristemáticas de la planta. Los biotipos más conocidos son: el biotipo H, que ataca a las Malpighiaceae; el biotipo C, que causa problemas en cacao; y, el biotipo L que se asocia con la familia Bignoniaceae (Mora & Espinola, 2016).

Por lo general, los hongos que permanecen latentes en tejidos secos; pueden proliferar con alta humedad relativa (>80%), temperaturas medias de 22 a 28°C y precipitaciones que van de los 1000 a 2000 mm (Solis, Peñaherrera, & Vera, 2021).

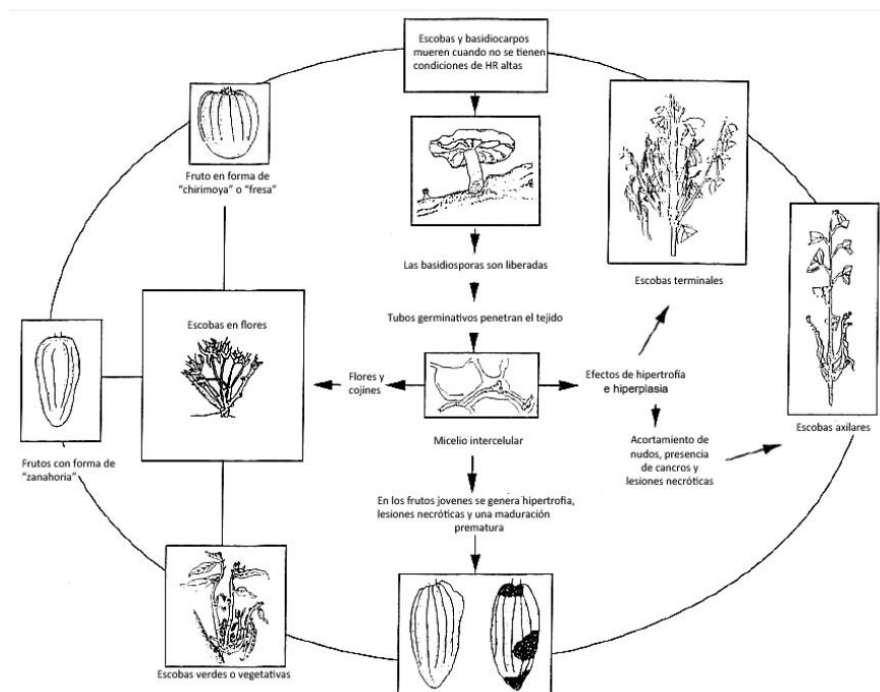
Según (Mora & Espinola, 2016), las basidiosporas en cacao se liberan durante la noche; sobre todo durante el período entre las 18:00 y 06:00 horas, aunque la mayoría se libera a partir de las 22:00 hasta las 04:00 am, cuando por supuesto, la humedad relativa es suficiente y la temperatura, óptima. Bajo dichas condiciones, las esporas pueden liberarse de forma favorable por 2 o 4 días, con una producción de entre 2 a 3,5 millones de esporas.

### ***Ciclo de vida***

El ciclo de vida de este hongo presenta dos fases; la biotrófica, que se produce por la infección de los tejidos y órganos (flores, brotes, frutos); donde, el micelio coloniza los tejidos durante al menos 3 semanas; entre tanto, el tejido infectado continúa creciendo, aparentemente sano. Desde la tercera hasta la semana 14, se empieza a inducir hipertrofias e hiperplasias, que se muestran a manera de abultamientos, ramificaciones o deformaciones; a partir de esta parte, se presenta la fase saprobia, que se da cuando la escoba se necrosa, dándole paso al período de dormancia del hongo en la parte interna del tejido, donde logra sobrevivir entre 2 a 16 meses, hasta que las condiciones sean propicias para su reaparición (Solis, Peñaherrera, & Vera, 2021). Según (Murrieta & Palma, 2018) los basidiocarpos de la escoba de bruja en condiciones óptimas para su desarrollo, puede producir entre 2 a 3,5 millones de esporas.

Figura 1

Ciclo de vida de la escoba de bruja (*M. perniciososa*) en cacao.



Nota: La presente figura representa el ciclo biológico de la escoba de bruja en cacao (Mora & Espinola, 2016).

### Sintomatología

*M. perniciososa* se caracteriza por provocar daño en los árboles de forma sistémica, puesto que, genera crecimiento anormal en frutos, brotes, cojinetes florales y ramas (Leandro, 2021). En la tabla, que se muestra a continuación, se detallan los síntomas ocasionados por este hongo:

**Tabla 3**

*Sintomatología de las partes de la planta afectadas por la escoba de bruja en cacao.*

<b>Órgano de la planta</b>	<b>Síntomas</b>
Hojas	Se forman a manera de espada y poseen una coloración verde clara
Cojinetes florales	Crecimiento anormal con yemas vegetativas que se convierten en escobas Las flores toman la forma de una estrella; el pedicelo engrosa y los sépalos necrosados persisten Pueden aparecer pequeños abultamientos amarillos que luego se necrosan
Fruto	En frutos de hasta 3 meses se produce deformación y engrosamiento del pedúnculo Forma de fresa de consistencia dura que se necrosan y mueren posteriormente En frutos maduros aparece una mancha negra brillante irregular de consistencia dura

Nota: La presente tabla muestra la sintomatología de las partes de la planta afectadas por la escoba de bruja en cacao. Adaptado de: (Mora & Espinola, 2016).

### **Manejo**

El manejo cultural, se basa en la eliminación de tejidos enfermos cada 6 meses durante la poda, estos se deben podar a una distancia de 15 o 20 cm desde la rama principal (Murrieta & Palma, 2018); cuidando siempre de que durante este período la escoba no alcance las 17 semanas del ciclo de vida. Además, es necesario realizar las podas para manejar un buen nivel de sombra y el control de malezas adicional (Ramírez & Santos, 2020).

### **Evaluación de la enfermedad**

La evaluación de *M. pernicioso*, en plantas híbridas u obtenidas a través de semilla; se debe realizar al sexto mes a partir de la siembra en campo abierto; mientras que, en plantas clonales, esta se evalúa durante el primer año. En el caso de la incidencia de escobas en árboles élite, se recomienda realizar una evaluación durante el primer, segundo y tercer año de edad (Loor, Casanova, & Avellán, 2014). A continuación, se presenta un cuadro, para la estimación de la severidad del ataque de *M. pernicioso*:



**Tabla 4**

*Escala de severidad de escoba de bruja en función del estado evolutivo de las escobas vegetativas.*

<b>Escala</b>	<b>Representación</b>	<b>Característica</b>
1	Infección leve	Engrosamiento anormal del brote apical
2	Infección moderada	Engrosamiento anormal de brote apical con deformaciones en hojas del brote
3	Infección elevada	Escoba formada por completo

Nota: La presente tabla presenta la escala para la evaluación de la severidad de la escoba de bruja en brotes. Obtenida de: (Loor, Casanova, & Avellán, 2014).

### **Control químico de enfermedades vasculares**

Para el control de las enfermedades en cacao, existen dos tipos de fungicidas que son: sistémicos y de contacto; en la tabla 3, que se muestra a continuación se observan los fungicidas más utilizados en este cultivo:

**Tabla 5**

*Fungicidas químicos comúnmente aplicados para el control de enfermedades vasculares en cacao.*

<b>Tipo de fungicida</b>	<b>Grupo Químico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ingrediente activo</b>
De contacto	Inorgánico, Cúprico	Ataca a la raíz, tallo, hojas y frutos ingresando vía foliar o radicular hacia el sistema vascular Inhibe la germinación de esporas, limitando la producción energética para la respiración Resiste al lavado por lluvias sobre la planta debido a su baja solubilidad en agua	Sulfato de cobre pentahidratado Ejemplo: Phyton Oxicloruro de cobre Ejemplo: Cuprofix 30
	Cloronitrilos		Ftalonitrilo Ejemplo: Clorotalonil
Sistémico	Fosfonatos	Actúa de forma ascendente y descendente; no se	Fosetil aluminio Ejemplo: Aliette

---

		debe mezclar con	
		fertilizantes	
		nitrogenados	
		Acción rápida sobre	
	Metil	hongos endo y	2-il carbamato
	Benzimidazol	ectoparásitos, a	Ejemplo: Carbendazin
	Carbamatos	través de raíces y	
		tejidos verdes	
		Inhiben la	
		respiración del	Pyraclostrobin
		hongo en el	Ejemplo: Comet
	Estrobirulina	complejo citocromo	
		bc1	
		Actúa sobre la	Azoxystrobin
		respiración de los	Ejemplo: Amistar
		hongos	
Sistémico y de		Inhiben la enzima	
contacto		ergosterol que	Difeconazole
	Triazoles	forma la pared	Ejemplo: Aval
		celular del hongo	

---

Nota: La presente tabla muestra los fungicidas químicos más aplicados en el control de enfermedades vasculares del cacao (Palacios, 2018); (Ocampo & Pazmiño, Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51)", 2017); (BASF, 2020).

## Control biológico de enfermedades vasculares

El control biológico se ha desarrollado de forma satisfactoria, durante los últimos años para el control de hongos parasíticos, debido a su alta eficiencia (Tirado, Lopera, & Ríos, 2016). A continuación, la tabla 3, expone algunos agentes de control utilizados para las enfermedades vasculares en cacao:

**Tabla 6**

*Medidas de control biológico aplicadas en enfermedades vasculares del cultivo de cacao.*

<b>Enfermedad</b>	<b>Agente de control</b>
Escoba de bruja	Trichoderma harzianum,
Moniliophthora perniciosa	Trichoderma viride
Moniliasis	Trichoderma asperellum
Moniliophthora roreri	Trichoderma sp
	T. stromaticum
	T. hamatum
	T. ovalisporum
	Fusarium solani
	Acremonium sp.
	B. subtilis
	B. thuringiensis
	B. cereus
	Xenorhabdus poinari
Mazorca negra	Trichoderma viridae

---

Phytophthora palmívora

Trichoderma martiale

Clonostachys rosea

---

Nota: La presente tabla muestra los agentes de control biológico que poseen acción sobre las enfermedades vasculares del cultivo de cacao. (León, 2020); (Murrieta & Palma, 2018); (Murrieta Median & Palma, 2018); (Suárez, Últimos avances en el control de mazorca negra, 2014).

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del lugar de investigación

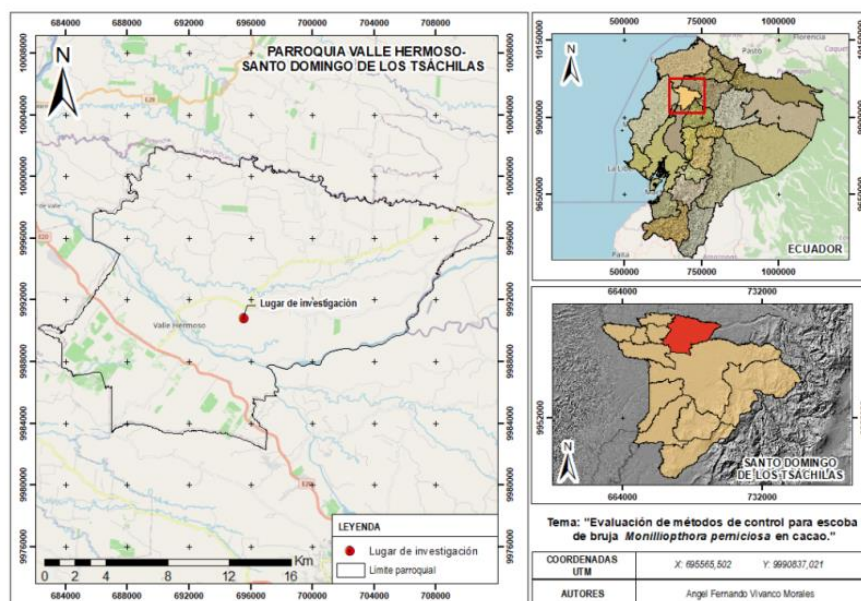
##### *Ubicación política*

País	:	Ecuador
Provincia	:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	:	Santo Domingo
Parroquia	:	Valle Hermoso
Sector	:	Recinto Cristóbal Colon km 6

##### *Ubicación geográfica*

#### Figura 2

*Mapa de ubicación de la investigación.*



**Ubicación ecológica**

Zona de vida	:	Bosque húmedo tropical (bh-T).
Altitud	:	370 msnm
Temperatura	:	24,8°C
Precipitación	:	3200 mm/año
Suelos	:	Suelos limo arcillosos y arenosos.

**Materiales****Materiales de campo****Tabla 7**

*Materiales e insumos utilizados en la investigación.*

Materiales		Equipos
Tijera de podar	Piola	Bomba a motor
Podera	Baldes	Bomba electrostática
Estacas	Equipo de protección	Balanza gramera
Jeringas	Machete	Chapeadora
Vaso dosificador	Material de oficina	

**Insumos**

- Fungicidas químicos: Fosetil aluminio, Azoxystrobin, Pyraclostrobin + Metiram, Metalaxil-M + Mancozeb.
- Adherente agrícola
- Herbicida

## Métodos

### *Diseño experimental*

#### Factores a probar

En la presente investigación, el factor a probar fue la aplicación de cuatro fungicidas químicos para el control de escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) más un testigo.

Se aplicó los fungicidas químicos en base a su molécula activa y su acción en contra de la familia de los Basidiomicetos a la que pertenece la escoba de bruja.

El testigo se probó mediante la aplicación de labores culturales, como es la limpieza manual de escobas con el uso de una podera y tijeras de podar.

#### Tratamientos a comparar

**Tabla 8**

*Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.*

Tratamiento	Frecuencia	Dosis	Descripción
T1	C/15 días		Remoción manual de escobas
T2	C/20 días	1,7 gr/Lt	Fosetil aluminio
T3	C/20 días	1 ml/Lt	Azoxystrobin
T4	C/20 días	1 gr/Lt	Pyraclostrobin + Metiram
T5	C/20 días	2 gr/Lt	Metalaxil-M + Mancozeb
T6	C/25 días	1,7 gr/Lt	Fosetil aluminio
T7	C/25 días	2 ml/Lt	Azoxystrobin
T8	C/25 días	3 gr/Lt	Pyraclostrobin + Metiram
T9	C/25 días	4 gr/Lt	Metalaxil-M + Mancozeb



**Tipo de diseño**

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

**Repeticiones o bloques**

Conformado por nueve tratamientos con el testigo, los cuales presentan tres repeticiones, con un total de 27 unidades experimentales.

**Características de la UE**

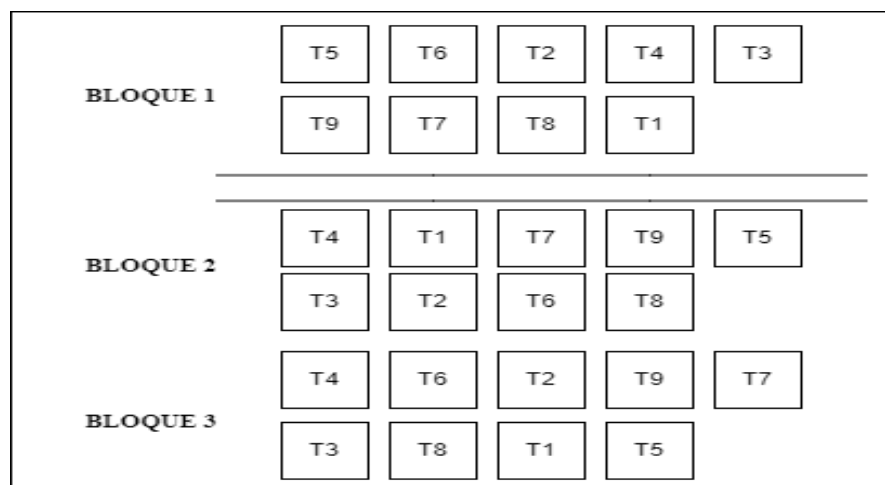
Número de unidades experimentales	:	27
Área de la unidad experimental	:	144 m <sup>2</sup>
Largo	:	12 m
Ancho	:	12 m
Forma de la UE	:	Cuadrada
Área total del ensayo	:	3888 m <sup>2</sup>
Forma del ensayo	:	Rectangular

**Croquis del diseño**

Una vez identificadas las dimensiones de las unidades experimentales se procedió a plasmarlas gráficamente en un croquis.

**Figura 3**

*Croquis de distribución de unidades experimentales.*



### **Análisis estadístico**

En la investigación se evaluaron nueve tratamientos experimentales entre ellas un testigo al cual se le realizó la remoción de escobas, con tres repeticiones, siendo un total de 27 unidades experimentales.

### **Tipo de diseño**

Se empleó un esquema bifactorial 4x2 (cuatro opciones de productos y dos frecuencias de aplicación) más un testigo conducido por un diseño de bloques completos al azar (DBCA) distribuido en tres bloques, 8 tratamientos más un testigo, lo que generó un total de 27 unidades experimentales.

El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_1 + \beta_1 + ( ) + \epsilon_{ij}$$

## Esquema del análisis de varianza

**Tabla 9**

*Esquema de análisis de varianza.*

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Tratamiento	8
Error Experimental	16
Total	26

### **Coefficiente de variación**

La fórmula empleada para el cálculo fue:

$$cv = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde;

$cv$  = Coeficiente de variación

$CMe$  = Cuadrado medio del error

$\bar{x}$  = Media de tratamiento

### **Análisis funcional**

Las variables estadísticas que tengan diferencia significativa serán sometidas a la prueba de significancia de Duncan al 5 % de probabilidad de error y comparaciones.

### ***Variables a medir***

- Incidencia de escoba de bruja
- Grado de severidad

### **Incidencia de escoba de bruja**

La incidencia se obtiene mediante la fórmula que consiste en dividir el número de plantas enfermas con el número total de plantas evaluadas multiplicado por cien.

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ plantas afectadas}}{N^{\circ} \text{ total de plantas}} \times 100$$

### **Grado de severidad**

La severidad se obtiene mediante la fórmula, que divide el número de ramas afectadas por “Escoba de bruja” por el número total de ramas de la planta.

$$\text{Grado de severidad} = \frac{N^{\circ} \text{ ramas afectadas}}{N^{\circ} \text{ total de ramas}} \times 100$$

### **Análisis económico**

Se realizó el análisis económico por hectárea en los cuatro meses de investigación, para lo cual se consideró el rendimiento por tratamiento multiplicado por el número de mazorcas promedio por planta evaluada y adicionalmente se empleó valores de los productos utilizados. Se llegó a obtener el total de ingresos para comparar con los egresos y obtener el balance costo-beneficio.

### **Actividades realizadas**

#### **Delimitación de parcelas**

Estas fueron realizadas, según como se ve la imagen del croquis, se realizaron tres bloques con los nueve tratamientos.

### **Marcación de plantas de evaluación**

Las plantas evaluadas se identificaron con cintas y un orden numérico para el registro de los datos, cada tratamiento estuvo compuesto por 16 plantas evaluando cuatro plantas centrales que se denominó la parcela neta.

### **Etiquetado de parcelas**

Se procedió a ubicar letreros de identificación en el centro de cada parcela.

### **Limpieza de plantas**

Fueron realizadas antes de la aplicación de los tratamientos, consistió en eliminar frutos secos, enfermos, cojinetes florales y terminales vegetativos con escoba de bruja.

### **Control de malezas**

Se realizó en todos los tratamientos de forma mecánica con el empleo de una chapeadora. Cada 21 días se realizó un control de malezas.

### **Limpieza de escobas**

La limpieza de las escobas se las realizó cada 30 días, luego de cada toma de datos en cada uno de los tratamientos.

### **Aplicación de los tratamientos**

Antes de empezar con la aplicación de los tratamientos se realizó una limpieza de las escobas a todos los tratamientos. La primera aplicación se realizó el 22 de septiembre del 2021.

Se utilizó una bomba a motor con turbo, y calibrada para la aspersión de los productos de acuerdo al tamaño de las plantas y la dosificación por hectárea, en conjunto con los fungicidas se aplicó un adherente, la aspersión se realizó sobre el área foliar y tallos. La frecuencia de aplicación estuvo en función de cada tratamiento.

### **Fase de evaluación**

Antes de empezar con la aplicación de los tratamientos se realizó una limpieza de las escobas a todas las plantas de los tratamientos.

Las evaluaciones se realizaron cada 30 días evaluando el porcentaje de incidencia que consistió en dividir el número de plantas afectadas para el total de plantas del tratamiento; el grado de severidad se calculó dividiendo el número de ramas afectadas para el número total de ramas de la planta evaluada.

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### Porcentaje de incidencia

En la tabla 7 se observa el resumen del análisis de varianza para la variable incidencia de escoba de bruja, observando que para esta variable existe diferencia estadística significativa en la tercera y cuarta toma.

**Tabla 10**

*Resumen de ADEVA para la variable porcentaje de incidencia de Escoba de bruja en cacao.*

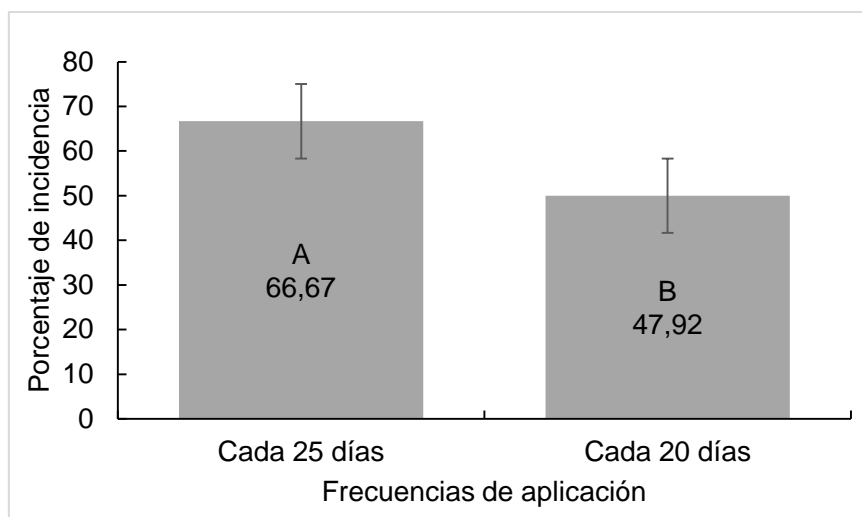
Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		1	2	3	4
Bloque	2	648,15ns	1944,44ns	1689,81ns	1688,37ns
Tratamiento	8	839,12ns	312,5ns	717,59ns	2384,26**
Factor A	3	1137,15ns	95,49ns	164,93ns	234,38ns
Fosetil aluminio vs Azoxystrobin, Pyraclostrobin - Metiram, Metalaxil-M - Mancozeb	1	3133,68ns	78,13ns	8,68ns	217,01ns
Azoxystrobin vs Pyraclostrobin - Metiram, Metalaxil-M - Mancozeb	1	277,78ns	95,49ns	17,36ns	434,03ns
Pyraclostrobin - Metiram vs Metalaxil-M - Mancozeb	1	1137,15ns	208,33ns	468,75ns	52,08ns
Factor B	1	234,38ns	26,04ns	2109,38*	4401,04**
Lineal	1	234,38ns	26,04ns	2109,38*	4401,04**
Producto*Frecuencia	3	859,38ns	720,49ns	442,71ns	581,6ns
Testigo vs resto	1	489ns	26,04ns	1808,45	12225,12**
Error	16	309,61ns	720,49ns	309,61ns	126,16ns
Total	26				
CV		20	33,32	29,24	28,34

En la tabla 10 se observa que en las evaluaciones realizadas el factor A que son los productos, no tiene diferencia significativa en la incidencia de escoba de bruja teniendo todos un p-valor >0,05, mientras que el Factor B que es frecuencia de

aplicación tuvieron diferencia significativa en las evaluación tres y altamente significativa en la toma cuatro con un p-valor  $<0,05$ .

#### Figura 4

*Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja comparando las frecuencias de aplicación en tercera toma de datos.*

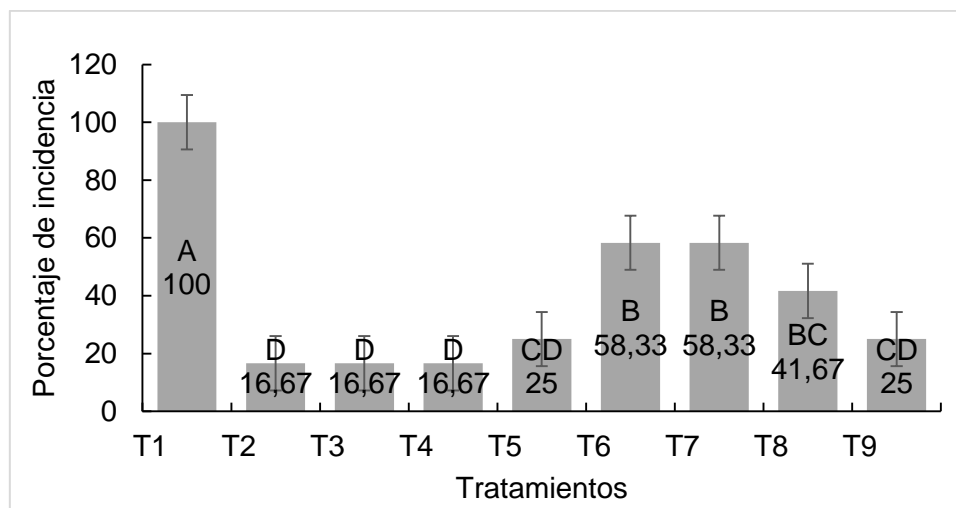


En la figura 4, que corresponde a la evaluación tres se observa diferencia estadística entre frecuencias, siendo la frecuencia cada 20 días la que presenta menor porcentaje de incidencia de escoba de bruja con una media de 47,92%, mientras que la frecuencia 25 días obtuvo una media de porcentaje de incidencia de 66,67%.



**Figura 5**

*Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos.*

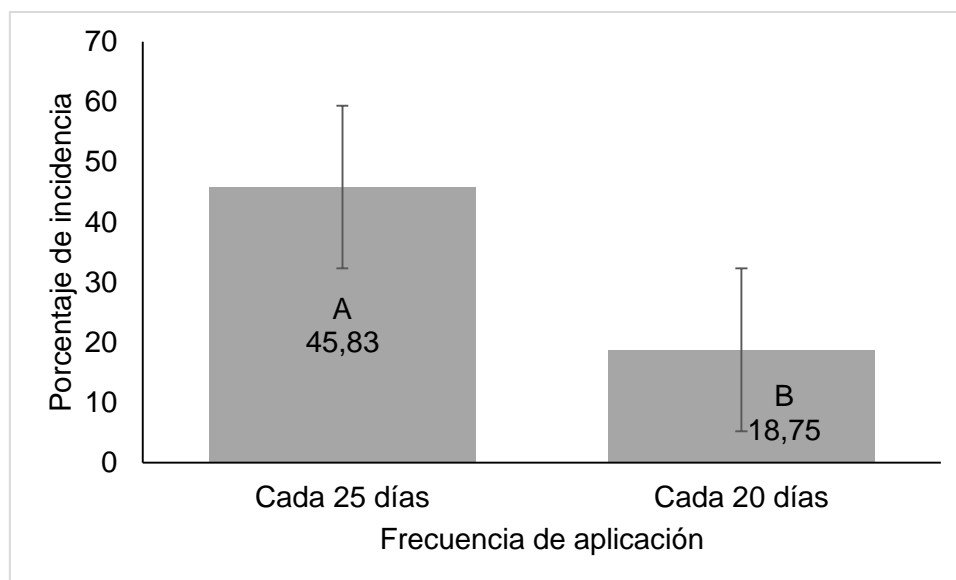


En la figura 5, se observa diferencia estadística entre los tratamientos, siendo el testigo el que presentó mayor incidencia de escoba de bruja con un 100% de incidencia, mientras que los tratamientos que presentaron menor incidencia fueron el T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxystrobin/20 días), T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días), T5 (Metalaxil-M + Mancozeb/ 20 días) y T9 (Metalaxil-M + Mancozeb/25 días) con 16,67% - 16,67% - 16,67% - 25% - 25% respectivamente.

La incidencia de escoba de bruja, puede variar en función del sitio y sus condiciones climáticas; la incidencia del sector (testigo) es comparable a la de la parroquia San Antonio en el cantón La Troncal de la provincia del Cañar (Abad, Alvarado, & Gallardo, 2018). Conforme a (Tirado, Lopera, & Ríos, 2016) la aplicación de fungicidas químicos a base de cobre como el oxathiin flutolanil, hidróxido de cobre y otros como el propiconazole y la azoxistrobina han demostrado una alta eficiencia para el control tanto de escoba de bruja como para moniliasis.

**Figura 6**

*Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la cuarta toma de datos.*



En la figura 6, se observa diferencia altamente significativa entre las frecuencias de aplicaciones, siendo la frecuencia cada 20 días la que presenta menor porcentaje de incidencia de escoba de bruja con una media de 18,75%, mientras que la frecuencia 25 días obtuvo una media de porcentaje de incidencia de 45,83%.

Las diferencias de la incidencia obtenida a través de las cuatro tomas de datos con respecto a las frecuencias de aplicación, pueden estar ligada al tiempo de incubación de la escoba de bruja; puesto que esta varía entre 3 a 14 semanas en función de las condiciones ambientales a las que esté expuesto el cultivo de cacao (Bauer, Meinhardt, & Parra, 2008), siendo la humedad el factor más relevante para su desarrollo y el más alto durante esta época del año.

**Tabla 11**

*Porcentaje de incidencia de escoba de bruja en cada una de las evaluaciones realizadas.*

Tratamientos	Tomas de datos			
	1	2	3	4
Testigo	100	83,33	83,33	100,00
T2	50	83,33	41,67	16,67
T3	100	83,33	41,67	16,67
T4	91,67	91,67	58,33	16,67
T5	91,67	58,33	50,00	25,00
T6	83,33	83,33	75,00	58,33
T7	75	75,00	75,00	58,33
T8	100	75,00	66,67	41,67
T9	100	91,67	50,00	25,00

En la tabla 11, se observa el porcentaje de incidencia de escoba de bruja en cada toma de datos, teniendo que el T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxystrobin/20 días) y T4 (pyraclostrobin + metiram/20 días) obtuvieron un menor porcentaje de incidencia al finalizar la investigación con un porcentaje de incidencia de 16,67% cada una, mientras que el testigo presentó mayor incidencia con un promedio de 91,67% seguido del T6 (Fosetil aluminio/25 días) y T7 (Azoxistrobin/25 días) con 58,33% para cada una al final de la investigación.

Con los resultados obtenidos se pudo observar que si tuvimos una diferencia estadística entre tratamientos, pero la cual fue marcada por las frecuencias debido a que los productos no tuvieron mayor diferencia, además que en investigaciones pasadas no se han obtenido buenos resultados evaluando controles químicos en escoba de bruja, por lo que no se pudo evaluar productos que anteriormente hayan tenido efecto, por lo cual los productos utilizados en la investigación fueron escogidos

en base a su acción en contra del filum Basidiomicetos que es a la cual pertenece *Moniliophthora perniciosa*. Murrieta & Palma, (2018) dicen que para tener un control de escoba se es necesaria las limpiezas manuales, que consisten en la eliminación de los tejidos infectados en la planta, podemos destacar el Metalaxil-M + Mancozeb que es el que logro una menor incidencia en las dos frecuencias utilizadas logrando diferencia significativa en ambos con respecto al testigo y los tratamientos con frecuencia de 25 días, por lo que se es necesario seguir investigando estos productos por un periodo más prolongado de tiempo para esperar una diferencia o probar algunas rotaciones para evitar una posible resistencia a la molécula activa.

Las diferencias entre los tratamientos con respecto al testigo se evidenciaron a partir de la segunda toma de datos, siendo lo tratamientos T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxystrobin/20 días) y T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) terminaron con los mejores rendimientos, en base a la prueba de Duncan al 5%, pudimos constatar que fue la frecuencia de 20 días la que tuvo mayor eficiencia al momento de disminuir la incidencia de escoba de bruja, sabiendo que el tiempo de colonización del micelio dura un periodo de tiempo de tres semanas lo dicho por Solis, Peñaherrera, & Vera, (2021), es por esto que al aplicar los productos con mayor frecuencia logramos interferir en su desarrollo dentro de la planta, teniendo mayor residualidad del producto dentro del sistema de la planta actuando así la molécula en contra del patógeno. Esto acompañado con la limpieza manual de escobas es lo que permite disminuir la propagación del micelio, en la investigación se tuvo un alto porcentaje de incidencia en la primera toma debido a que al no haber tenido un control anterior el hongo pudo completar su ciclo de vida llegando a su la fase saprobia, liberando así sus esporas contaminando nuevas ramas y plantas.

## Grado de severidad

En la tabla 12 se observa el resumen del análisis de varianza para la variable grado de severidad de escoba de bruja, observando que para esta variable existe diferencia estadística significativa en la tercera y cuarta toma.

**Tabla 12**

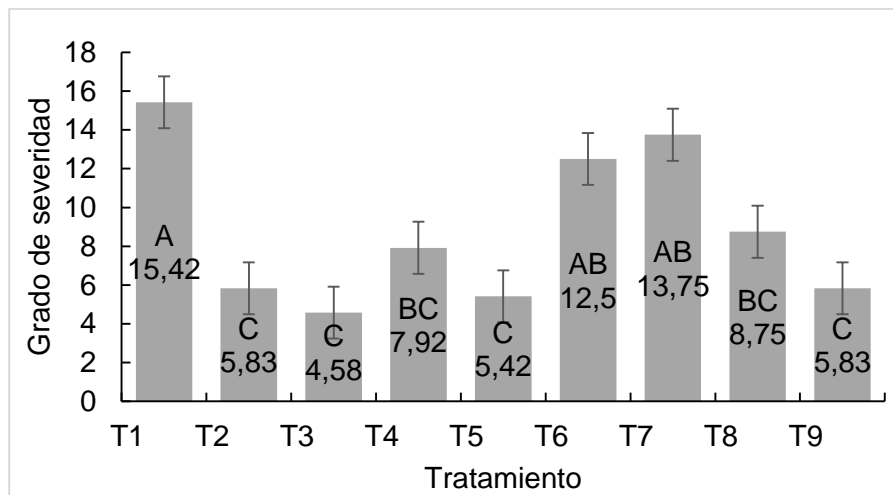
*Resumen de ADEVA para la variable grado de severidad de Escoba de bruja en cacao.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		1	2	3	4
Bloque	2	193,92ns	56,48ns	56,77ns	20,09ns
Tratamiento	8	85,03ns	31,62ns	48,57**	82,67**
Factor A		70,55ns	18,75ns	16,91ns	16,17ns
Phos al vs Azoxystrobin, Pyraclostrobin - Metiram, Metalaxil-M - Mancozeb	1	122,07ns	5,56ns	9,57ns	37,92ns
Azoxystrobin vs Pyraclostrobin - Metiram, Metalaxil-M - Mancozeb	1	1,56ns	8,51ns	19,14ns	7,34ns
Pyraclostrobin - Metiram vs Metalaxil- M - Mancozeb	1	88,02ns	42,19ns	22,01ns	3,26ns
Factor B	1	11ns	1,04ns	109,44**	141,38**
Lineal	1	11ns	1,04ns	109,44**	141,38**
Producto*Frecuencia	3	3,02ns	46,18ns	28,19ns	15,23ns
Testigo vs resto	1	448,5	7,41	143,82*	425,74**
Error	16	40,34ns	61,43ns	10,29ns	6,01ns
Total	26				
CV		21,99	35,12	36,08	41,14

En la tabla 12 se observa que en las evaluaciones realizadas el factor A los productos no tiene diferencia significativa en la incidencia de escoba de bruja teniendo todos un p-valor >0,05, mientras que el Factor B, las frecuencias de aplicación tuvieron un p-valor <0,05 mostrando diferencia altamente significativa en las evaluaciones tres y cuatro.

### Figura 7

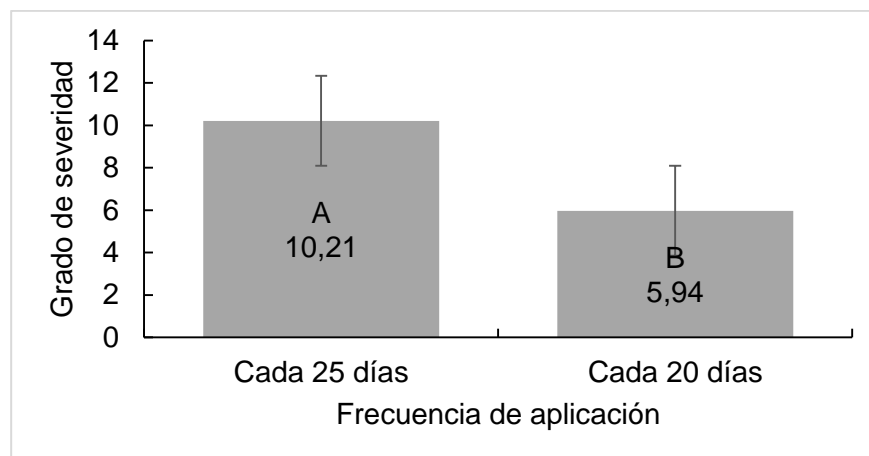
*Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la tercera toma de datos.*



En la figura 7, observamos diferencia estadística entre los tratamientos contra el testigo, siendo el testigo el que presentó mayor grado de severidad de escoba de bruja con un 15,42%, mientras que los tratamientos que presentaron menor grado de severidad fueron el T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxystrobin/20 días), T5 (Metalaxil-M + Mancozeb/ 20 días) y T9 (Metalaxil-M + Mancozeb/25 días) con 5,83% - 4,58% – 5,42% – 5,83% respectivamente.

**Figura 8**

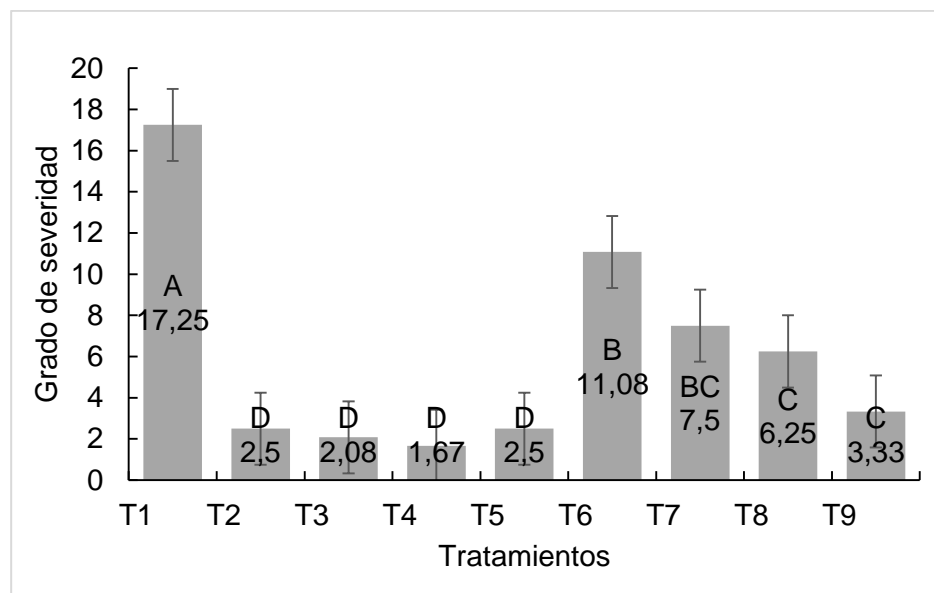
*Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la tercera toma de datos.*



En la figura 8, observamos la comparación de media para las frecuencias de aplicaciones, se observa diferencia significativa siendo la frecuencia cada 20 días la que presenta menor grado de severidad de escoba de bruja con una media de 5,94, mientras que la frecuencia 25 días obtuvo una media de grado de severidad de 10,21%.

**Figura 9**

*Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos.*

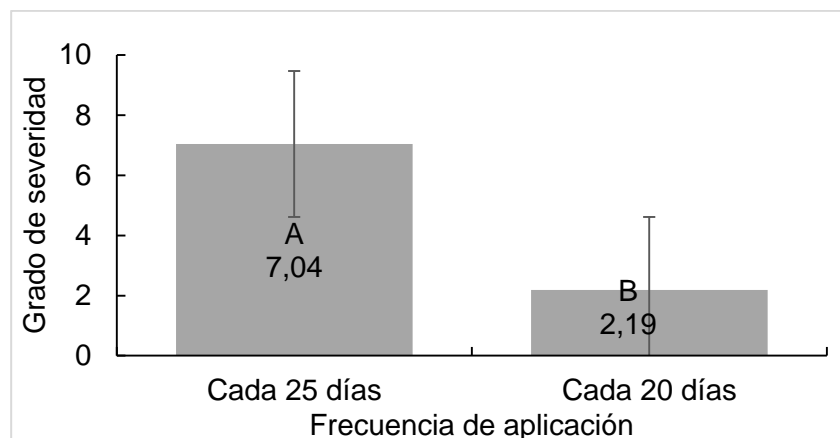


En la figura 9 observamos diferencia estadística entre los tratamientos con respecto al testigo presentando un 17,25%, mientras que los tratamientos que presentaron menor grado de severidad fueron el T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxystrobin/20 días) y T5 (Metalaxil-M + Mancozeb/ 20 días) con 2,5% - 2,08% - 1,67% - 2,5% respectivamente.



**Figura 10**

*Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de frecuencias de aplicación en la cuarta toma de datos.*



En la figura 10 observamos la comparación de media para las frecuencias de aplicaciones, estas presentan diferencia estadística siendo la frecuencia cada 20 días la que presenta menor grado de severidad de escoba de bruja con una media de 2,19%, mientras que la frecuencia 25 días obtuvo una media de grado de severidad de 7,04%.

**Tabla 13**

*Grado de severidad de escoba de bruja en cada toma de datos.*

Tratamientos	Tomas de datos			
	1	2	3	4
Testigo	40,42	20,83	15,42	17,25
T2	22,92	23,33	5,83	2,50
T3	29,17	23,33	4,58	2,08
T4	30,83	25,83	7,92	1,67
T5	24,17	16,67	5,42	2,50
T6	24,17	23,33	12,50	11,08
T7	29,17	19,17	13,75	7,50
T8	31,67	23,33	8,75	6,25
T9	27,50	25,00	5,83	3,33

En la tabla 13 se observa el grado de severidad de escoba de bruja en cada toma de datos, teniendo que el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) obtuvo un menor grado de severidad al finalizar la investigación con 1,67%, notándose la disminución con respecto a los demás tratamientos a partir de la tercera evaluación, mientras que el testigo presentó mayor grado de severidad con respecto a los demás tratamientos teniendo un 17,25% de grado de severidad al finalizar la investigación.

Con los resultados obtenidos en base a la prueba de Duncan al 5%, no revela que producto tuvo un mayor efecto en contra del grado de severidad de escoba de bruja, todos tuvieron menor grado de afectación en relación al tratamiento testigo, siendo Pyraclostrobin + Metiram el de menor grado de severidad, aun así esta diferencia no es altamente significativa como para denominar el producto como el más óptimo, ya que este mejora su efectividad con mayor frecuencia de aplicaciones. Asimismo con los demás productos que tienen una efectividad mayor con la frecuencia de 20 días.

La prueba de Duncan al 5%, nos sigue mostrando que la mayor eficiencia del control de escoba de bruja es la frecuencia de aplicaciones de los productos, esto notándose a partir de la tercera toma de datos, encontramos menos severidad de afectación en las plantas, podemos evitar lo dicho por Murrieta & Palma, (2018), que los basidiocarpos de la escoba puede producir 2 a 3,5 millones de esporas. Al usar fungicidas sistémicos que pueden permanecer dentro de la planta por hasta 25 días, evitamos el desarrollo del micelio. Es por esto que al realizar aplicaciones más frecuentes logramos una mayor eficacia al momento de bajar el grado de severidad de la escoba de bruja.

## Costos

Tabla 14

Relación Costo/Beneficio

Descripción	Cantidad /ha	TRATAMIENTOS								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Fosetil aluminio (kg)	0,31		\$ 83,46				\$ 59,61			
Azoxystrobin (Kg)	0,20			\$					\$ 93,45	
Pyraclostrobin + Metiram (Kg)	0,20				\$ 50,12					\$ 35,80
Metalaxil-M + Mancozeb (Kg)	0,41					\$				\$ 73,80
		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Mano de obra Indirectos		120,00	225,00	225,00	225,00	225,00	195,00	195,00	195,00	195,00
			\$ 19,00	\$ 19,00	\$ 19,00	\$ 19,00	\$ 14,00	\$ 14,00	\$ 14,00	\$ 14,00
<b>Total egresos</b>		<b>\$ 120,00</b>	<b>\$ 327,46</b>	<b>\$ 374,83</b>	<b>\$ 294,12</b>	<b>\$ 347,32</b>	<b>\$ 268,61</b>	<b>\$ 302,45</b>	<b>\$ 244,80</b>	<b>\$ 282,80</b>
		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Ingresos (ha)		440,64	1.247,0	1.248,4	1.263,1	1.261,2	1.028,0	1.057,5	1.061,3	1.116,2
			1	8	7	8	0	3	2	9
Utilidad		\$ 320,64	\$ 919,55	\$ 873,65	\$ 969,05	\$ 913,96	\$ 759,39	\$ 755,08	\$ 816,52	\$ 833,49
Relación costo beneficio		3,67	4,07	3,33	4,29	3,63	3,83	3,50	3,79	3,95

En la tabla 14, se observa la relación costo-beneficio, nos indica que el costo por tratamiento obtenido en relación al control manual (testigo) y los insumos se encuentra en los rangos de 120 y 374,83 USD. Para obtener la cantidad de libras cosechadas se tomó en base a la cantidad de mazorcas cosechadas en cada tratamiento por el total de plantas que conforman la hectárea de acuerdo al arreglo espacial del cultivo. El valor considerado para el cálculo de ingreso fue de \$90 por quintal de cacao seco. (Siendo este el precio del mercado al momento de realizar la investigación).

El tratamiento de mayor utilidad económica fue el T4 Pyraclostrobin + Metiram con \$969,05 y una relación costo-beneficio de \$4,29; mientras que el testigo tuvo una menor utilidad con \$320,64.

## **Capítulo V**

### **Conclusiones**

Se concluyó que los tratamientos evaluados de la mano con las labores culturales del cultivo lograron reducir la incidencia y el grado de severidad de escoba de bruja en el cultivo de cacao.

Los tratamientos T2 (Fosetil aluminio/20 días), T3 (Azoxytrobín/20 días), T4 (Pyraclostrobín + Metiram/20 días), fueron los que tuvieron el mejor control de la incidencia de escoba de bruja con un promedio igual de 16,67% en la última toma de datos, frente al Testigo que llega al 100% de incidencia.

Se determinó que el grado de severidad de escoba de bruja tuvo un decrecimiento en todos los tratamientos incluido el testigo desde la toma dos, logrando el menor grado el T4 (Pyraclostrobín + Metiram/20 días) con 1,67% en la última evaluación, mientras que el T6 (Fosetil aluminio/25 días) con 11,08% fue el tratamiento de alto grado de severidad solo por debajo del testigo que alcanzó un grado de 17,25%.

Se determinó que las frecuencias de aplicación impactan más que los insumos utilizados, en el control de la enfermedad, siendo la frecuencia de 20 días con el 47,92% mejor a la frecuencia 25 días con el 66,67% de incidencia de escoba de bruja.

Respecto al grado de severidad de escoba de bruja, la frecuencia de 20 días con el 5,94% fue mejor que la frecuencia de 25 días con el 10,21%, igualmente independientemente de los insumos utilizados.

El análisis económico reflejó valores de utilidad económica representativos en comparación del Testigo y de los tratamientos, considerándose rentable; el costo de mantenimiento paga el mantenimiento del tratamiento mejorando los ingresos por cada dólar invertido.

Es el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) el tratamiento de mayor utilidad por hectárea de \$969,05.

## Capítulo VI

### Recomendaciones

Para mantener una baja incidencia de escoba de bruja en el cultivo de cacao, es recomendable la aplicación de fungicidas sistémicos, con una frecuencia de alrededor de 20 días.

Se recomienda realizar labores culturales como podas fitosanitarias, control de malezas, erradicación de árboles que generen demasiada sombra a la plantación y limpiezas manuales de brotes infectados, para evitar que el patógeno tenga condiciones óptimas para su desarrollo.

Se recomienda el uso de cualquiera de los insumos probados en esta investigación puesto que todos tuvieron control de la enfermedad, primando el análisis de costos para la selección del insumo así como la frecuencia de aplicación.

Se recomienda continuar con este estudio durante la época lluviosa, considerando las frecuencias de aplicación y las dosis, ya que las aplicaciones pueden verse afectadas por las lluvias y alterar el efecto.

Para un manejo adecuado de escoba de bruja en cacao se recomienda las podas anuales, realizarlas en el mes de abril, así logramos reducir la humedad y sombra mejorando la entrada de luz.

## Capítulo VII

### Bibliografía

- Abad, M., Alvarado, A., & Gallardo, A. (2018). Análisis comparativo sobre la incidencia de las tres principales enfermedades en el cacao CCN-51, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 12(1): 20-30. ISSN: 1390-8413.
- Alcívar, K., Quezada, J., Barrezueta, S., Garzón, V., & Carvaja, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *Polo del Conocimiento*, 6(3). pp. 2430-2444. DOI: 10.23857/pc.v6i3.2522.
- Andrade, J., Rivera, J., Chire, G., & Ureña, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4). 1-12- DOI: 10.29019/enfoque.v10n4.462.
- ANECACAO. (2015). ANECACAO. Obtenido de La exportación de cacao cayó 14% por las plagas: <http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/la-exportacion-de-cacao-cayo-14-por-plagas.html>
- Antolinez, E., Almanza, P., Baraona, A., Polanco, E., & Serrano, P. (2020). A review of its Main Limitations. *Revista UPTC*, DOI:10.19053/01228420.
- Anzules, V., Borjas, R., Alvarado, L., Castro, V., & Julca, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, 10(4). ISSN 2077-9917.
- BASF. (2020). *Hoja Técnica. Comet Top*. Quito: BASF Ecuatoriana S.A.
- Bauer, S., Meinhardt, E., & Parra, A. (2008). *Escoba de bruja del cacao. Moniliophthora perniciosa (Stahel) Aime*. Ciudad de México: SENASICA.



- Bernal, J. (2021). *Evaluación de extractos etanólicos de manzanilla, ajo, llantén, orégano, ruda en el control de moniliophthora roreri a nivel in vitro*. Machala: UTMACH.
- CFN. (2021). *AGRICULTURA E INDUSTRIA MANUFACTURERA. Cultivo de cacao. Elaboración de cacao, chocolate*. Quito: Corporación Financiera Nacional B.P.
- Chávez, E., & Zambrano, J. (2018). *Diagnóstico del Estado del Arte de la Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe*. INIAP.
- Figuerola, Y. (2017). *Estudio del daño de la Moniliophthora roreri (monilia) en la producción del cultivo de cacao en el Valle de Hacha. San Vicente*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Franzen, M., & Borgerhoff, M. (2007). Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodivers Conserv*, 16:3835–3849. DOI 10.1007/s10531-007-9183-5.
- García, A., Pico, B., & Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinerгия*, 4(2): 152-172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>.
- Leandro, M. (2021). *Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- León, R. (2020). *Manejo de la "escoba de bruja" en el cultivo de cacao*. Lima: AGROPERÚ.
- Loor, R., Casanova, T., & Avellán, L. (2014). *Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café*. Pichilingue: INIAP.

- Montagna, M., Diella, G., Triggiano, F., Caponio, G., De Giglio, O., Caggiano, G., . . .  
Portincasa, P. (2019). Chocolate, "Food of the Gods": History, Science, and Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24): 4960. doi: 10.3390/ijerph16244960.
- Mora, G., & Espinola, V. (2016). *Escoba de bruja del cacao*. SENASICA.
- Murrieta Median, E., & Palma, H. (2018). *Manejo Integrado de la "Mazorca negra" en el cultivo de cacao*. Lima: USAID.
- Murrieta, E., & Palma, H. (2018). *Manejo Integrado de la "Escoba de bruja" en el cultivo de cacao*. Lima: USAID.
- Ocampo, E., & Pazmiño, J. (2017). *EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES VASCULARES EN EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51)*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Ocampo, E., & Pazmiño, J. (2017). *Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51)*". Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- Osorio, M., Castillo, D., Rodríguez, L., & Terán, W. (2021). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Response to Water Stress: Physiological Characterization and Antioxidant Gene Expression Profiling in Commercial Clones. *Front. Plant. Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.700855>.
- Palacios, N. (2018). *Control químico de enfermedades fúngicas en plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), en etapa de vivero*. Manta: ULEAM.

- Parada, O., & Veloz, R. (2021). Análisis socioeconómico de productores de cacao, localidad Guabito, provincia Los Ríos, Ecuador. *Ciencias Holguín*, núm. 1, pp. 1-17.
- Peprah, K. (2019). *Cocoa Plant, People and Profit in Ghana, Theobroma Cacao - Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy*. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.81991. .
- Ramírez, S., & Santos, E. (2020). *EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES VASCULARES EN EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51), EN ÉPOCA LLUVIOSA*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- Solis, K., Peñaherrera, S., & Vera, D. (2021). *Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo*. Mocache: INIAP-Pichilingue.
- Suárez, C., & Espinoza, J. (2012). *Determinación del efecto de seis productos biorracionales sobre Moniliophthora perniciosa, agente causal de escoba de bruja en cacao (Theobroma cacao L. )*. Quevedo: UTEQ.
- Tirado, P., Lopera, A., & Ríos, L. (2016). Estrategias de control de Moniliophthora roreri y Moniliophthora perniciosa en Theobroma cacao L. *Corpoica Ciencia y Tecnología, Mosquera*, 17(3): 417-430. ISSN 2500-5308.
- Vera, J., Vera, S., Sánchez, F., Vásconez, G., Garcés, F., Ramos, R., . . . Vallejo, C. (2013). Efecto alelopático de escoba de bruja (Moniliophthora perniciosa Stahel.) inoculadas en siete especies de malezas. *Ciencia y Tecnología*, 6(1): 11-15.