



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL  
ECUADOR**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EFFECTOS DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS  
(*Paecilomyces spp*) y (*Metarhizium spp*) SOBRE LA  
POBLACIÓN DE (*Monalonion spp*) EN EL CULTIVO DE CACAO**

**ING. AGR. DANIEL ANTONIO GUEVARA ACOSTA**

**GUAYAQUIL, ECUADOR**

**2024**

**ESCUELA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA  
DEL ECUADOR  
CERTIFICACIÓN**

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EFFECTOS DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS (*Paecilomyces spp*) y (*Metarhizium spp*) SOBRE LA POBLACIÓN DE (*Monalonion spp*) EN EL CULTIVO DE CACAO** el mismo que ha sido elaborado y presentado por el/la estudiante, **Ing. Agr. Daniel Antonio Guevara Acosta;** quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

**Ing. Braulio Carrera Maridueña, M.Sc.**

Guayaquil, 29 de mayo del 2024

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**ESCUELA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL**  
**ECUADOR**

**TEMA**

**EFFECTOS DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS (*Paecilomyces spp*) y**  
**(*Metarhizium spp*) SOBRE LA POBLACIÓN DE (*Monalonion spp*) EN EL**  
**CULTIVO DE CACAO**

**AUTOR**

**ING. AGR. DANIEL ANTONIO GUEVARA ACOSTA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO COMO**  
**REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Ing. César Morán Castro, PhD.**  
**PRESIDENTE**

**Ing. Yoansy García Ortega, MSc.**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Alex Castro García, MSc.**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Braulio Carrera Maridueña, MSc.**  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

Es imperativo iniciar expresando mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y fortaleza han sido fundamentales en este arduo camino académico. Asimismo, deseo extender mi gratitud al DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de esta travesía. A mi distinguido tutor, el ING. BRAULIO CARRERA MARIDUEÑA, le debo un reconocimiento especial por su dedicación y sabiduría, que han sido pilares en la culminación exitosa de este estudio. Además, mi reconocimiento se extiende a todos los docentes y personas que colaboraron de manera directa o indirecta, que han sido partícipes para mi obtención del título de maestría. Su influencia y apoyo han dejado una marca indeleble en mi camino hacia la excelencia académica.

## **DEDICATORIA**

Con profunda gratitud, dedico este trabajo a mis padres, cuyo inquebrantable apoyo y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de cada logro en mi vida académica. A mi querida esposa, agradezco su incansable aliento y comprensión durante los momentos de dedicación intensa a este proyecto. A mis queridos hijos, les dedico este esfuerzo como un tributo a su inspiración constante y como un compromiso para construir un futuro mejor. A mi hermana, agradezco su constante respaldo y motivación en este trayecto. Su amor y respaldo han sido pilares fundamentales en la consecución de este logro académico.

## **RESPONSABILIDAD**

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

**Ing. Daniel Antonio Guevara Acosta**

**C. I. 0924884059**

## RESUMEN

El propósito de esta investigación "Efectos de los hongos entomopatógenos en el cultivo de cacao" aborda la problemática de controlar la población del insecto *Monalonia spp* en el cacao de manera sostenible. Los objetivos específicos incluyen monitorear la población inicial de *Monalonia spp*, evaluar el efecto de los hongos *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en su control, y analizar la eficacia de estos hongos en la reducción del daño en las mazorcas. Los resultados revelaron que *Metarhizium spp*, a una concentración de 300 cc, mostró una eficacia significativamente mayor en la reducción de la incidencia del insecto en estudio en comparación con *Paecilomyces spp*. Ambos hongos demostraron impacto en el control biológico del insecto, siendo *Metarhizium spp*, que destacó por su efectividad en la reducción del daño en las mazorcas. En la discusión, se resalta la importancia de considerar estrategias de control biológico en la agricultura de cacao para mejorar la producción de manera sostenible. Además, se menciona que las condiciones climáticas favorables, como la humedad y la temperatura adecuadas, son cruciales para el desarrollo y eficacia de los hongos entomopatógenos. Las conclusiones indican que la hipótesis alternativa fue aceptada, confirmando la eficacia de *Metarhizium spp* en el control del insecto *Monalonia spp*.

**Palabras claves:** Control biológico, *Monalonia spp*, Hongos entomopatógenos, Cacao, Manejo integrado de plagas.

## SUMMARY

The purpose of this research, "Effects of Entomopathogenic Fungi on Cacao Cultivation," addresses the issue of sustainably controlling the population of the insect *Monalonion spp* in cacao. The specific objectives include monitoring the initial population of *Monalonion spp*, evaluating the effect of the fungi *Paecilomyces spp* and *Metarhizium spp* on their control, and analysing the efficacy of these fungi in reducing damage to the pods. The results revealed that *Metarhizium spp*, at a concentration of 300 cc, showed significantly greater efficacy in reducing the incidence of the insect in comparison to *Paecilomyces spp*. Both fungi demonstrated an impact on the biological control of the insect, with *Metarhizium spp* standing out for its effectiveness in reducing damage to the pods. In the discussion, the importance of considering biological control strategies in cacao agriculture to improve production sustainably is highlighted. Additionally, it is mentioned that favourable climatic conditions, such as adequate humidity and temperature, are crucial for the development and efficacy of entomopathogenic fungi. The conclusions indicate that the alternative hypothesis was accepted, confirming the efficacy of *Metarhizium spp* in controlling the insect *Monalonion spp*.

**Keywords:** Biological control, *Monalonion spp*, Entomopathogenic fungi, Cacao, Integrated pest management.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
Caracterización del tema .....	17
Planteamiento de la situación problemática.....	17
Justificación e importancia del estudio.....	18
Delimitación del Problema .....	18
Formulación del Problema .....	19
Objetivos .....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos .....	19
Hipótesis o Idea a Defender.....	19
Aporte Teórico o Conceptual .....	19
Aplicación Práctica.....	20
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
1.1. Estado del Arte.....	21
1.2. Bases Científicas y Teóricas .....	23
1.2.1. Historia y origen del cultivo de cacao .....	23
1.2.2. Características morfológicas y botánicas .....	25
1.2.3. Morfología.....	25
1.2.4. Botánica.....	25
1.2.5. Plagas y enfermedades.....	26
1.2.6. Control de plagas y enfermedades.....	30
1.2.7. Descripción general HE ( <i>Paecilomyces spp</i> ).....	31
1.2.8. Descripción general HE ( <i>Metarhizium spp</i> ) .....	33

1.3. Fundamentación Legal.....	36
1.3.1. Constitución de la República del Ecuador .....	36
1.3.2. Ley orgánica de sanidad agropecuaria.....	36
1.3.3. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario .....	37
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>39</b>
<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
2.1. Métodos .....	39
2.1.1. Modalidad y Tipo de Investigación. ....	40
2.1.2. Métodos de evaluación.....	40
2.2. Variables .....	41
2.2.1. Variable independiente:.....	41
2.2.2. Variable dependiente:.....	41
2.2.3. Operacionalización de las Variables.....	42
2.3. Población y Muestra.....	44
2.3.1. Población.....	44
2.3.2. Muestra.....	44
2.4. Técnicas de Recolección de Datos .....	45
2.4.1. La observación .....	45
2.5. Estadística Descriptiva e Inferencial .....	45
2.6. Diseño Experimental .....	46
2.7. Cronograma de Actividades .....	47
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>56</b>

**ANEXOS ..... 61**

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalizaciones de las variables.....	42
Tabla 2.Población dedicada a la agricultura en la zona de estudio .....	44
Tabla 3.Finca en estudio .....	45
Tabla 4.Modelo del análisis de varianza.....	46
Tabla 5.Tratamientos a tratar en el ensayo .....	47
Tabla 6. Cronograma del proyecto realizado.....	47
Tabla 7. Medias de la población inicial .....	48
Tabla 8. Porcentaje de incidencia y mortalidad .....	49
Tabla 9. Escala de severidad en daño mazorca de cacao .....	51
Tabla 10. Mazorcas afectadas.....	51

## INDICE DE FIGURA

<i>Figura 1.</i> .....	50
------------------------	----

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos tomados para análisis del estudio. ....	66
Anexo 2. Tratamientos.....	66
Anexo 3. Delimitación de los tratamientos inicio del proyecto .....	67
Anexo 4. Productos a utilizarse ( <i>Paecilomyces spp</i> y <i>Metarhizium spp</i> ), .....	67
Anexo 5. Aplicación de hongos entomopatógenos de manera foliar .....	68
Anexo 6. Monitoreo del ( <i>Monalonia spp</i> ) en mazorca del cacao. ....	68
Anexo 7. Presencia del <i>Monalonia spp</i> afectado por entomopatógeno,.....	69
Anexo 8. Aplicación de entomopatógenos.....	69
Anexo 9. Monitoreo de afectación de mazorca por ( <i>Monalonia spp</i> ).....	70
Anexo 10. Afectación en poca proporción de mazorcas.....	70
Anexo 11. Aplicación de entomopatógenos.....	71
Anexo 12. Video llamada e instrucciones dadas por tutor el Ing. Braulio Carrera .....	71
Anexo 13. Monitoreo de daño a mazorcas por insecto ( <i>Monalonia spp</i> ), (31/03/24).....	72
Anexo 14. Toma de datos insectos muertos y daño de mazorca .....	72
Anexo 15. Indicaciones del Dr. César Morán a cerca de los daños producidos por ( <i>Monalonia spp</i> ) .....	73
Anexo 16. Culminación de proyecto tesis.....	73

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es un cultivo nativo de América, de la Amazonía específicamente de la parte alta, que abarca las regiones de Colombia, Ecuador y Venezuela. Requiere tierras húmedas y cálidas para su crecimiento. Este cultivo representa la principal fuente de ingresos para aproximadamente 4,5 millones de familias, especialmente para las comunidades indígenas que se dedican a su producción. Estas comunidades desempeñan un papel crucial al suministrar la materia prima que abastece la industria del chocolate, el cual, junto con sus derivados, utiliza el cacao como su ingrediente principal en diversas presentaciones. En Ecuador, se han cultivado un total de 243.146 hectáreas de cacao. De ellas, 236.402 hectáreas se encuentran en su etapa productiva, y se ha cosechado un área de 227.756 hectáreas, lo que ha generado una producción de 46.582 toneladas métricas. Dentro del país, la región de la sierra cuenta con 19.156 hectáreas cultivadas, mientras que la región de la costa tiene 205.413 hectáreas dedicadas a este cultivo (Infante, 2019).

En la actualidad, hay un aumento significativo del interés en el uso de hongos entomopatógenos (HE), debido a las políticas internacionales por la conservación del medio ambiente. Donde se debe subrayar la importancia de desarrollar una agricultura sostenible que garantice la preservación de los recursos naturales y del entorno para las futuras generaciones. En numerosos países, se ha comprobado el impacto tanto agronómico como ecológico de las aplicaciones de hongos parasitarios de insectos en la mayoría de las extensiones de cultivos. Existen alrededor de 750 especies de (HE), agrupados en 115 géneros, destacando *Metarhizium*, *Lecanicillium* e *Hirsutella*, *Tolypocladium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Beauveria*, debido a su relevancia en el ámbito agronómico. Estos hongos se han identificado en insectos plagas que se encuentran en plantas, suelos y cuerpos de agua. Se trata de microorganismos que actúan como parásitos facultativos, lo que significa que tienen la capacidad de infectar todas las etapas de desarrollo del ciclo biológico de los insectos. Asimismo, el uso de (HE) en la agricultura representa una estrategia de manejo orgánico del insecto plagas agrícolas los mismos que permiten proteger los cultivos de manera fitosanitaria.

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión adecuada de los principales HE utilizados para el control biológico de las plagas, poniendo en énfasis su presencia natural, caracterización y evaluación en condiciones de campo (Estrada, 2019).

Además, los (HE) *Paecilomyces spp* es ampliamente reconocido por su eficacia en el control de nematodos, pero también se ha observado su capacidad como parásito de insectos y su habilidad para combatir bacterias y hongos fitopatógenos mediante diferentes mecanismos de acción. En esta revisión exhaustiva, se proporcionará una amplia información sobre el género *Paecilomyces spp* como agente de control biológico de enfermedades y plagas, abordando todos los aspectos relevantes de este tema (Moreno, 2022).

En esta situación, es importante mencionar a *Metarhizium spp*, un tipo de hongo filamentoso ampliamente reconocido y utilizado para el control de plagas. Además, las enzimas derivadas de este hongo se emplean como catalizadores biológicos en la industria. *Metarhizium spp* es una de las especies más investigadas, estudiadas y aplicadas a nivel global, especialmente como agente de control biológico (ACB) (Hernández et al., 2019).

Con el propósito de determinar los efectos positivos de estas dos especies de hongos y su utilización como agentes de control biológico, este estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de cepas de los (HE), *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en la regulación de las poblaciones de insectos plaga en entornos de campo. Se busca establecer esta estrategia como una alternativa efectiva y económica que beneficie tanto al sector productivo como al medio ambiente y la salud.

Tal como indican Góngora et al. (2020), en el grupo de Hemiptera, se encuentra el género *Monalonion* en la subfamilia *Bryocorinae*, cuya distribución se concentra en la región Neotropical. En las áreas de Sur América y Centro, se han registrado situaciones en las que varias especies de *Monalonion* representan una amenaza para cultivos de alto valor económico, incluyendo cacao (*Theobroma cacao*), guayaba (*Psidium guajava*) y el aguacate (*Persea americana*). En particular, *Monalonion velezungeli*, una plaga de hábitos alimenticios variados, ha sido detectada en

Colombia, afectando una amplia gama de plantas, que incluyen especies ornamentales, malezas, maderables y frutales. De notable interés es su presencia en cultivos de gran importancia, como el café (*Coffea arabica*).

### **Caracterización del tema**

La aplicación de (HE), específicamente las especies *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp*, con el propósito de controlar las plagas de insectos como *Monalonion spp*, en los cultivos de cacao en Ecuador, emerge como un tema de considerable relevancia. Dada la importancia económica de la producción de cacao en esta zona, la presencia de plagas puede ocasionar daños sustanciales en los cultivos, lo que podría mermar tanto la calidad como la cantidad de la producción.

El uso de entomopatógenos para el control de *Monalonion spp*, es una alternativa ecológica y efectiva a los pesticidas químicos, ya que estos hongos son seguros para el medio ambiente y la salud humana. Además, su uso puede contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y a la protección del medio ambiente y la salud humana en la producción de cacao.

### **Planteamiento de la situación problemática**

El incremento de las enfermedades y plagas en los cultivos constituye un desafío global en constante aumento. Se estima que estas problemáticas provocan una disminución de entre el 20% y el 40% en la productividad agrícola a nivel mundial. A pesar de la creciente demanda de cacao, su productividad ha sufrido una marcada reducción debido a diversos factores, entre ellos el aumento de plagas y enfermedades, la disminución de la fertilidad natural del suelo, así como un clima cada vez más cálido y seco. Entre las principales enfermedades y plagas que afectan el cultivo del cacao se encuentran, *Phytophthora*, *Moniliasis*, los perforadores del fruto y el virus de los brotes inflamados del cacao (CSSVD) (Sandoval et al., 2020).

En Sudamérica, la temperatura, la humedad relativa y la radiación ultravioleta son factores cruciales que influyen en el desarrollo y la efectividad de los (HE). Sin embargo, la variabilidad de temperatura, la fluctuación de la humedad relativa y la intensa radiación ultravioleta pueden dificultar su establecimiento y eficacia en el control de plagas en campo en esta región (Espinel et al., 2019).

Una problemática específica en Ecuador es la falta de conocimiento y conciencia sobre el potencial de los hongos entomopatógenos en el control de plagas. Esto lleva a una dependencia excesiva de insecticidas químicos y a un uso insuficiente de alternativas más seguras y efectivas.

### **Justificación e importancia del estudio**

Los (HE) como *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp*, brindan una justificación sólida para su uso en el control de insectos plaga en el cultivo de cacao y otros cultivos. Su mecanismo de acción específico, al penetrar y desarrollarse dentro del cuerpo del insecto, demuestra una alta eficacia en el control de plagas. Su baja toxicidad para los humanos, animales y el medio ambiente garantiza un enfoque seguro y respetuoso con la salud y la sostenibilidad. Al utilizar (HE) los agricultores pueden reducir la dependencia de insecticidas químicos y adoptar prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente, lo que resulta en la producción de cultivos saludables y de alta calidad (Pacheco et al., 2019).

Además, (HE) juegan un papel importante y tienen una gran relevancia en la regulación natural de las plagas agrícolas. Gracias a la acción de estos microorganismos, se ha logrado mantener millones de hectáreas libres de tratamientos químicos. Esta estrategia de control biológico no solo permite proteger los cultivos de manera efectiva, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente (Estrada, 2019).

En la localidad de Milagro, Ecuador, el empleo de entomopatógenos (HE) en el control de plagas en cultivos de cacao y otros se respalda debido a su notable eficacia, su mecanismo de acción específico y su reducida toxicidad. Esto subraya la crucial relevancia de su uso como una opción segura y efectiva, con el beneficio adicional de disminuir la dependencia de insecticidas químicos y fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

### **Delimitación del Problema**

El estudio se realizó en Milagro, Roberto Astudillo, Ecuador, durante la culminación de temporada invernal de la corriente del Niño, en los meses de marzo y abril del 2024. Esta localidad desempeña un papel importante en la producción de

cacao y enfrenta un problema significativo relacionado con la presencia de *Monalonia* spp en las plantaciones de cacao. Esta plaga tiene un impacto adverso en el potencial agronómico de la finca y ocasionan pérdidas económicas considerables para el productor.

### **Formulación del Problema**

¿Cuál es la eficacia del control biológico con hongos entomopatógenos (*Paecilomyces* spp y *Metarhizium* spp) para el manejo de *Monalonia* spp en el cultivo de cacao Milagro-Ecuador?

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Analizar el control de *Monalonia* spp con entomopatógenos *Paecilomyces* spp y *Metarhizium* spp en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) Milagro-Ecuador.

#### **Objetivos Específicos**

- Monitorear la población inicial de *Monalonia* spp en el cultivo de cacao.
- Indicar el efecto de *Paecilomyces* spp y *Metarhizium* spp en el control biológico de *Monalonia* spp.
- Evaluar la eficacia de *Paecilomyces* spp y *Metarhizium* spp contra *Monalonia* spp, observando la reducción del daño en las mazorcas antes y después de la aplicación del producto.

### **Hipótesis o Idea a Defender**

**Hi:** El uso efectivo de *Metarhizium* spp en el cultivo de cacao resultó en una significativa reducción de la incidencia del insecto *Monalonia* spp, lo que, a su vez, se tradujo en una notable mejora en el daño de mazorcas afectadas por el insecto y mortalidad del mismo.

**Ho:** La aplicación de *Paecilomyces* spp en el cultivo de cacao, no generó una disminución significativa de *Monalonia* spp, siendo este (HE)

### **Aporte Teórico o Conceptual**

El aporte teórico o conceptual radica en el conocimiento profundo de los (HE) *Paecilomyces* spp y *Metarhizium* spp como herramientas eficaces en el control de

insectos plagas *Monalonion spp* en el cultivo de cacao. Además, destaca la importancia de adoptar enfoques de control biológico para una producción de cacao más sostenible y amigable con el medio ambiente.

### **Aplicación Práctica**

Una aplicación práctica del uso de los entomopatógenos *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en el control de *Monalonion spp* en el cultivo de cacao en Milagro es recomendable tener en cuenta programas de manejo integrado de plagas. La aplicación estratégica de estos entomopatógenos en combinación con otras medidas de control permite reducir eficazmente la presencia de plagas, reduciendo al mínimo el uso de insecticidas químicos y protegiendo así la calidad y la productividad del cacao.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Estado del Arte

Hausrao et al. (2022) realizaron un estudio cuyo objetivo principal era caracterizar y evaluar un aislado autóctono del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para combatir la plaga de gorgojo del cacao (*H. theivora*). En sus bioensayos in vitro, demostraron que el aislado TMBMA1 (una cepa específica de *Metarhizium anisopliae*) era altamente efectivo contra *H. theivora*, causando una mortalidad del 100% en los insectos tratados con suspensiones de conidios de  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  después de 6 días de inoculación. Además, en evaluaciones de campo realizadas durante dos años consecutivos, se observó que el TMBMA1 redujo significativamente la incidencia de la plaga del gorgojo del cacao. En conclusión, los resultados de este estudio revelan que el aislado autóctono de *M. anisopliae*, TMBMA1, tiene un gran potencial para el control del gorgojo del cacao *H. theivora* y puede considerarse como una alternativa ecológica y sostenible para el manejo de esta plaga en plantaciones de cacao y otras plantaciones en India.

En un análisis realizado por Torres (2022), se encontró que la cepa nativa de *Metarhizium spp* LLM-M2 presentaba características fisiológicas favorables, como un alto porcentaje de germinación del 98%, un crecimiento radial de 43.15 mm y un nivel de esporulación de  $9.8 \times 10^7$  esporas/ml. Además, las cepas nativas aisladas mostraron las características morfológicas macroscópicas y microscópicas esperadas del género *Metarhizium spp*, como el tipo de esporulación, la textura de la colonia, el color y la pigmentación. En particular, se observó que las cepas nativas de *Metarhizium spp* (TOR-M17, TOR-M10, MMR-M1, CMR-M8 y MMR-M16) demostraron patogenicidad contra adultos de broca del café (*Hypothenemus hampei*), lo que indica su potencial para investigaciones adicionales en el control biológico de esta plaga. Según Fernández et al. (2005), en un estudio realizado en Cuba se demostró la eficacia del hongo *Paecilomyces lilacinus* como agente de control biológico contra nematodos del agallamiento de las raíces (*Radopholus similis*) y nematodos que causan nudos en las raíces (*Meloidogyne incognita*) en cultivos de plátano y banano.

Durante un año, las poblaciones de plagas no mostraron aumentos significativos y hubo un aumento del 25% en los rendimientos de los cultivos en condiciones in vitro. Además, en plantaciones con poblaciones iniciales bajas de nematodos, los tratamientos con *P. lilacinus* lograron reducciones notables de las poblaciones de *R. similis* y *M. incognita*, en un rango del 75% al 85% en quince meses. Estos hallazgos resaltan el potencial de *P. lilacinus* como una opción comercialmente viable para el control de nematodos.

De acuerdo con los estudios realizados por InfoAgro (2020), se menciona que *Paecilomyces lilacinus* es un hongo que se encuentra de forma natural en el suelo y tiene la capacidad de sobrevivir en materia orgánica. Este hongo se encuentra comúnmente en áreas con alta humedad y presencia de plagas en los campos. Aunque *P. lilacinus* también puede ser patógeno para insectos, su principal importancia radica en su capacidad para controlar fitonemátodos.

Asimismo, se destaca que existen bioplaguicidas desarrollados a partir de *P. lilacinus*, los cuales se utilizan de manera similar a los plaguicidas convencionales. La dosis recomendada para su aplicación es de 50 g por cada 100 m<sup>2</sup>, lo que equivale a aproximadamente 1 billón de conidias de *P. lilacinus*. Esta cantidad es necesaria para lograr un control efectivo de los nematodos en los cultivos (Ordoñez, 2020).

Los estudios de Góngora et al. (2020) indican que se evaluó la patogenicidad de la cepa B de *Beauveria bassiana* a una concentración de  $1 \times 10^7$  conidios/ml en *Monalonion velezangeli* mediante la inmersión. Este hongo provocó una tasa de mortalidad del 84% en los insectos. Además, se infestaron plantas de *Cissus verticillata* con *M. velezangeli* y se aplicó el hongo a una concentración de  $4 \times 10^{10}$  conidios/L, lo que resultó en una mortalidad promedio del 84% en los insectos tratados con el hongo.

En el estudio para el control de chinches en cultivos de cacao *Monalonion spp*, se aplicaron *Beauveria bassiana* (proveniente de Probioma y Asociación Siempre), Tecsil y agua, todos a una concentración de  $1 \times 10^{12}$  conidios ml<sup>-1</sup> y utilizando un coadyuvante. Después de 8 días, se observó una mayor mortalidad en los chinches adultos (37%) en comparación con las ninfas (25%). Las cepas de *Beauveria bassiana*,

especialmente la de Probioma, demostraron ser efectivas, logrando tasas de mortalidad del 62% y 37%, respectivamente. El agua y Tecsil tuvieron tasas de mortalidad más bajas (entre el 9% y el 16%). Probioma logró un 50% de mortalidad en 5 días para adultos y 7 días para ninfas, mientras que Asociación Siempre necesitó 8 días para adultos y 14 días para ninfas para alcanzar este nivel de mortalidad (Quispe et al., 2021).

## **1.2. Bases Científicas y Teóricas**

### **1.2.1. Historia y origen del cultivo de cacao**

De acuerdo a la historia se ha aceptado que la domesticación del cacao tuvo lugar en Mesoamérica, específicamente en México, Guatemala y Honduras su uso se remonta a alrededor del año 2000 antes de Cristo. Han surgido investigaciones recientes que indican que una variedad de *Theobroma cacao* tiene su origen en la Amazonía Alta y ha sido cultivada en esa región durante más de 5000 años (Alarcón, 2019). Abad et al. (2020) destacan que Ecuador, gracias a las condiciones climáticas y geográficas únicas de las zonas de producción, ha logrado posicionar su cacao nacional en el mercado mundial como sinónimo de sabores y aromas excepcionales. Este cacao, reconocido como un grupo genético distintivo, es considerado fino y de aroma, y se atribuye a los antiguos habitantes de la cultura Mayo Chinchipe en Ecuador el uso cultural del cacao con fines alimentarios hace aproximadamente 5.300 años. Estudios como los de Loor et al. (2009), Loor et al. (2012) y Zarrillo et al. (2018) respaldan esta evidencia histórica del largo tiempo de uso del cacao en la región. La calidad y distinción del cacao ecuatoriano han sido reconocidas a nivel internacional, consolidando a Ecuador como un importante productor en el mercado mundial. En la producción de cacao, se destacan tres variedades que se reconocen ampliamente como "cacao fino y de aroma": criollo, forastero y trinitario. A nivel mundial, la mayor parte del cacao comercializado corresponde al cacao forastero, representando aproximadamente el 95% del total, mientras que el cacao fino, derivado de las variedades criolla y trinitaria, solo constituye alrededor del 5%. Los principales productores mundiales de cacao son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia, quienes abastecen aproximadamente el 66% de la producción total. Los diez países que exportan cacao en bajas escalas son Camerún, Costa de Marfil,

Ecuador, Holanda, Malasia, Nigeria, Perú, República Dominicana, Bélgica y Ghana (Sánchez et al., 2019).

En Ecuador, la producción de cacao se concentra principalmente en las regiones costeras y amazónicas. Las provincias más destacadas por su producción son Guayas, Sucumbios, Manabí, Los Ríos. En el país se cultivan dos tipos de cacao:

- Cacao Fino de Aroma, conocido como Criollo o Nacional, se caracteriza por su color amarillo distintivo y posee un aroma y sabor únicos. Es fundamental para la producción de chocolate gourmet de alta calidad, muy apreciado a nivel mundial.

- Cacao CCN-51, conocido como Colección Castro Naranjal, se distingue por su color rojo. Esta variedad es reconocida por su alto rendimiento en la extracción de insumos semielaborados, que son ingredientes esenciales para la producción a gran escala de chocolates y otros productos (Martínez y Yuliza, 2019).

#### **1.2.1.1. Taxonomía**

La taxonomía está descrita por La Organización Europea y Mediterránea para la Protección Vegetal sus siglas en inglés (EPPO).

**Reino:** Plantas (1 PLAK)

**Filo:** Magnoliophita (1MAGP)

**Clase:** Angiospermas (1ANGC)

**Categoría:** Malvides (1MAVD)

**Orden:** Malvales (1MAVO)

**Familia:** Malváceas (1MAVF)

**Subfamilia:** Byttnerioideae (1BYTS)

**Género:** *Theobroma* (1THOG)

**Especies:** *Theobroma cacao* (THOCA)

(EPPO, 2023a).

## **1.2.2. Características morfológicas y botánicas**

### **1.2.3. Morfología**

El cacao es un árbol que se encuentra de manera natural en una amplia franja geográfica, que abarca desde los 26 grados al norte hasta los 26 grados al sur del Ecuador. El cacao silvestre tiende a ser más alto, ya que los árboles cultivados son sometidos a podas para facilitar las labores agrícolas. En promedio, la altura del cacao puede oscilar entre 6 y 8 metros, pero cuando crece en condiciones naturales bajo la sombra, puede llegar a alcanzar los 20 metros. Suelen presentar una copa densa con un diámetro aproximado de 4 a 5 metros. El tronco del cacao es recto y desarrolla ramificaciones de formas diversas según las condiciones ambientales (Arias y Quevedo, 2021).

### **1.2.4. Botánica**

#### **1.2.4.1. Árbol**

*Theobroma cacao* tiene una altura que puede alcanzar de 12 a 20 metros, aunque en condiciones de cultivo generalmente se mantiene a una altura de 4 a 8 metros. El tallo, en su estado joven, puede ser liso o parcialmente presentar pelos o vellosidades finas. La corteza se caracteriza por ser de color oscuro, gris-café, mientras que las ramas presentan una textura pubescente y tienen un color café (Dostert et al., 2019).

#### **1.2.4.2. Hojas**

Las hojas son de textura firme y delgadas, de color verde oscuro en los árboles adultos. Sin embargo, las hojas jóvenes cuelgan verticalmente de sus pecíolos, son blandas y suaves, y pueden tener tonalidades de verde claro o rojo. Las estípulas, visibles en las hojas tiernas, pueden persistir en presencia de enfermedades, aunque normalmente se desprenden temprano. En los pecíolos, se observa una hinchazón en cada extremo que posiblemente facilita el movimiento de las hojas en respuesta a estímulos fototrópicos. Estas suelen persistir durante dos brotes y luego caen a partir del tercer brote contando desde la yema terminal, lo que resulta en la presencia de hojas de tres edades distintas en cada rama (Castillo y Siles, 2021).

#### **1.2.4.3. Flores**

Las flores del cacao son pequeñas y de color rosado a blanco. Son hermafroditas, lo que significa que tienen ambos sexos. Su estructura floral incluye cinco sépalos, cinco

pétalos y un androceo, (parte masculina de la flor) compuesto por diez filamentos, cinco de los cuales son fértiles (estambres) y los otros cinco son infértiles (estaminoides). El gineceo, (parte femenina de la flor) o pistilo, está formado por un ovario súpero con cinco compartimentos fusionados desde la base, cada uno de los cuales puede contener entre 5 y 15 óvulos. Además, es importante destacar que estas flores no poseen nectarios (García, 2020).

#### **1.2.4.4. Fruto**

Los frutos del cacao son bayas de tamaño variable, que pueden medir entre 10 y 42 cm, su superficie puede ser lisa o rugosa. En su etapa inmadura, los frutos pueden ser de color rojo o verde, dependiendo de los diferentes genotipos. El ápice del fruto puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, ahuecado o dentado. La cáscara puede ser gruesa o delgada, y los surcos en la superficie pueden ser superficiales o profundos. El epicarpio y el endocarpio son carnosos y están separados por un mesocarpio delgado y leñoso. La pigmentación de la cáscara cambia según la variedad del cacao (Loor, 2022).

#### **1.2.4.5. Semillas**

Las semillas o almendras del cacao están cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso. Estas semillas varían en tamaño, oscilando entre 1.2 y 3 cm. Además, presentan una variedad de aromas y sabores, como floral y frutal, y exhiben diferentes niveles de dulzura, astringencia y acidez. Al abrir las almendras, se revelan los cotiledones en su interior, los cuales pueden tener tonalidades blancas, rosadas, violetas o moradas, dependiendo del genotipo (Sosa, 2021).

### **1.2.5. Plagas y enfermedades**

#### **1.2.5.1. El chinche rojo (*Monalonion spp*)**

La chinche del cacao es considerada una plaga de gran importancia debido a que tanto las ninfas como los adultos se alimentan directamente de los brotes, tallos tiernos y frutos de cacao, extrayendo la savia.

Esto la convierte en un vector significativo en la transmisión de diversos patógenos, como *Monilia* y mazorca negra, entre otros. Se ha identificado su participación en la propagación de los hongos patógenos *Monilia spp* y *Phytophthora*

*spp.* Esta plaga se presenta de manera estacional y ocasionalmente se vuelve problemática, especialmente en condiciones de altas temperaturas, humedad y en cacaotales con poca sombra (Sermeño et al., 2019).

#### **1.2.5.2. Taxonomía**

La taxonomía está descrita por La Organización Europea y Mediterránea para la Protección Vegetal sus siglas en inglés (EPPO)

**Reino:** Animalia (1ANIMK)

**Filo:** Artrópodos (1ARTHP)

**Subfilo:** Hexápoda (1HEXAQ)

**Clase:** Insectos (1INSEC)

**Orden:** Hemípteros (1HEMIO)

**Suborden:** Heterópteros (1HETER)

**Familia:** Míridae (1MIRIF)

**Género:** *Monalonion* (1MONAG)

**Especies:** *Monalonion sp.* (MONASP)

(EPPO, 2023).

#### **1.2.5.3. Ciclo Biológico**

*Monalonion spp.*, pasa por varios estadios en su ciclo de vida, que incluyen el huevo, la ninfa y el adulto.

- **Huevo**

Inicialmente, el huevo es alargado y blanco, con dos apéndices filiformes para la respiración. A medida que el embrión se desarrolla, estos apéndices se vuelven anaranjados. La fase de incubación dura de 6 a 10 días.

- **Ninfas**

Las ninfas, por otro lado, tienen una coloración anaranjada clara con partes rojas en la cabeza, abdomen, patas y antenas. Experimentan cinco estadios ninfales, con un aumento en su tamaño desde 1.5 mm en el primer estadio hasta 12 mm en el

quinto. Cada estadio ninfa tiene una duración de aproximadamente 4 días. Las ninfas son frágiles y presentan apéndices negros, que son más evidentes en los estados III y IV, donde se pueden observar paquetes alares definidos.

- **Adultos**

Finalmente, los adultos muestran una cabeza negra, antenas negras excepto el último segmento que es amarillo, pronoto negro, hemiélitros amarillo anaranjado con manchas negras transversales y alas con franjas negras. Las hembras tienen una longitud de 11 a 12 mm, mientras que los machos miden alrededor de 10 mm. Los adultos utilizan un estilete bucal para perforar la corteza del fruto y depositar sus huevos (Rabanal, 2023).

#### **1.2.5.2. Barrenador o broca del cacao (*Xyleborus ferrugineus*)**

El tamaño del adulto de *Xyleborus ferrugineus* varía entre 2 y 3 mm de longitud, y su tonalidad puede oscilar desde café oscuro hasta rojo parduzco. Se alimenta del micelio de hongos que se encuentra en las galerías donde se desarrolla. Las hembras adultas perforan la madera de los árboles, creando orificios cilíndricos con un diámetro de alrededor de 1 mm. Puede tener varias generaciones al año, únicamente las hembras tienen la capacidad de volar, ya que los machos carecen de alas funcionales (Cañarte y Navarrete, 2021).

El adulto de este barrenador ocasiona daños al crear múltiples galerías en el tronco y las ramas del cacao. Estas galerías pueden ser independientes, aunque en ocasiones se entrecruzan, adquiriendo una apariencia similar a la de una serpiente. El daño provocado por esta plaga es más notorio en la base del tallo y puede extenderse hasta las raíces superficiales. Se ha observado que estos escarabajos se asocian con el hongo *Ceratocystis cacaofunesta*, el cual es el agente causante de la enfermedad conocida como "mal del machete". Esta enfermedad provoca el marchitamiento vascular y la muerte de los árboles infectados (Cañarte y Navarrete, 2021).

#### **1.2.5.3. Pulgón (*Toxoptera aurantii*)**

El pulgón *Toxoptera aurantii* es una especie que causa daños significativos en los cultivos de cacao debido a su hábito de succionar la savia de las hojas, flores y pequeños frutos. Este proceso de alimentación debilita la planta y reduce su capacidad de producir y desarrollar frutos de manera óptima, lo que resulta en una disminución en

los rendimientos del cultivo. Además, puede transmitir enfermedades virales a través de su alimentación, lo que agrava los efectos negativos en las plantas de cacao (Tapia, 2021).

#### **1.2.2.4. Escoba de bruja**

La presencia de la enfermedad conocida como "escoba de bruja" se debe a la acción del hongo *Moniliophthora perniciosa*. Este hongo penetra en las células del cacao y los síntomas aparecen después de tres semanas hasta cuatro meses. La severidad de los síntomas puede cambiar dependiendo de la susceptibilidad de las diferentes variedades de cacao, el hongo *M. perniciosa* para causar daño debe estar en condiciones ambientales favorables, donde infectan los brotes del cacao, se generan ramificaciones laterales con entrenudos cortos y engrosamientos, mientras que la corteza se seca y se agrieta, lo que se conoce como "cáncer". Las mazorcas del cacao son susceptibles a la enfermedad en cualquier etapa de crecimiento, pero los primeros tres meses son especialmente críticos. Los frutos infectados durante las primeras semanas pueden alargarse e hincharse, adquiriendo una apariencia similar a una "zanahoria" (Solís et al., 2021).

Las mazorcas afectadas exhiben una amplia gama de síntomas, que incluyen, amarillamiento prematuro, manchas necróticas en los bordes y deformaciones. El tejido seco puede permanecer en el árbol de manera indefinida, mientras que, en su interior, el micelio del hongo forma agrupaciones que, en condiciones favorables, producen estructuras llamadas basidiocarpos que generan esporas. Estas esporas tienen la capacidad de iniciar nuevas infecciones en brotes, yemas florales y frutos, a lo largo del ciclo de vida de la planta (Solís et al., 2021).

#### **1.2.5.5. Moniliasis**

La enfermedad Moniliasis, es causada por el hongo *Moniliophthora roreri* y se cree que tuvo su origen en Ecuador antes de propagarse a otros países como Perú, Venezuela y Colombia. Esta enfermedad afecta únicamente a los frutos del cacao y no se propaga a toda la planta, representa un importante obstáculo para una producción eficiente y adecuada. En relación a los síntomas, se ha observado que la infección por *Monilia* ocurre principalmente durante los primeros meses de crecimiento de las mazorcas. Conforme las mazorcas continúan su desarrollo, adquieren mayor resistencia

al hongo. Cuando la infección se produce en las etapas tempranas del crecimiento del fruto, el hongo logra penetrar en su interior y los síntomas externos se manifiestan de forma gradual. En breve período de tiempo, aparecen repentinamente las manchas características de la enfermedad. Surgen en la superficie de la mazorca puntos o manchas que dan la apariencia de una maduración prematura, a pesar de estar en una etapa temprana de su desarrollo, lo cual constituye uno de los primeros indicios de una infección oculta (Mendoza et al., 2021).

#### **1.2.5.6. Mal de machete**

La enfermedad denominada "mal del machete" es ocasionada por el hongo *Ceratocystis cacaofunesta*, el cual se considera un patógeno de poca agresividad y oportunista. Su aparición está asociada principalmente a heridas provocadas por herramientas contaminadas utilizadas en tareas como la limpieza, poda o eliminación de chupones en los árboles de cacao.

Es importante destacar que la presencia de esta enfermedad suele estar vinculada a la actividad de insectos perforadores barrenador del tallo (*Xyleborus spp*), los cuales contribuyen a la diseminación del hongo en el interior del árbol. Un indicio característico de la enfermedad son los pequeños orificios con virutas y aserrín fino presentes en la región del tronco o del cuello de las plantas afectadas. En el interior de la zona afectada, es posible observar la presencia de orificios, galerías necróticas y diferentes etapas del desarrollo del insecto, como huevos y larvas. Cabe destacar que las esporas del hongo pueden penetrar a través de las heridas ocasionadas por el corte del machete durante las labores realizadas en el cultivo. Por consiguiente, resulta fundamental desinfectar adecuadamente las herramientas utilizadas con el fin de prevenir la propagación de la enfermedad (Solís et al., 2021).

### **1.2.6. Control de plagas y enfermedades**

#### **1.2.6.1. Control cultural**

El control cultural en el cultivo de cacao es una estrategia integral que combina diversas labores agrícolas, el manejo de la sombra, control de malezas, poda, el riego, fertilización, destrucción de mazorcas afectadas y eliminación de frutos enfermos. Además, incluye prácticas como la selección de variedades resistentes, la rotación de cultivos, el manejo adecuado de residuos y la implementación de buenas prácticas

agrícolas. Estas acciones combinadas no solo contribuyen al control de plagas y enfermedades, sino que también promueven un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas, garantizando así una producción de cacao de alta calidad (Espinoza, 2020)

#### **1.2.6.2. Control químico**

El uso de plaguicidas en la agricultura acarrea una serie de beneficios significativos. Son reconocidos por su eficiencia en el control de plagas, rápida acción, facilidad de uso y flexibilidad en su aplicación. Su amplio espectro de acción les permite abordar de manera simultánea múltiples plagas, incluyendo vectores y patógenos que amenazan los cultivos. Esto resulta en un menor gasto de tiempo y energía para los agricultores, al tiempo que se logra un aumento significativo en el rendimiento y calidad de los productos agrícolas obtenidos. A su vez se busca constantemente mejorar las tecnologías utilizadas en la aplicación de los plaguicidas, asegurando su seguridad tanto para los aplicadores, los consumidores y el medio ambiente (Morante, 2022).

#### **1.2.6.3. Control biológico**

El control biológico consiste en utilizar organismos vivos o compuestos naturales derivadas de ellos para disminuir los efectos dañinos de los patógenos en los cultivos. Esta estrategia depende de las interacciones entre la planta, el patógeno, el organismo biocontrolador y el entorno. El objetivo principal es reducir el uso de agroquímicos y promover un enfoque ambientalmente sostenible. Para lograrlo, los agentes de control biológico deben ser capaces de crecer y mantenerse activos en las áreas afectadas por los fitopatógenos (Vinchira et al., 2019).

#### **1.2.7. Descripción general HE (*Paecilomyces spp*)**

La base de datos Fungorum en la actualidad incluye una lista de 151 especies de *Paecilomyces*. Algunas de estas especies conservan su nombre original, mientras que otras han sido reclasificadas en otros géneros (Fungorum, 2023).

El género *Paecilomyces* se estableció originalmente en 1907 y estaba compuesto por una única especie, *P. variotii*. Sin embargo, investigaciones posteriores han revelado la presencia de numerosas especies dentro de este género. El género *Paecilomyces* se divide en dos secciones principales: *Paecilomyces* e *Isarioidea*. La sección

*Paecilomyces* comprende especies termotolerantes, termófilas y mesófilas con colonias de color amarillo-marrón. Algunas especies dentro de esta sección, como *Paecilomyces lilacinus* o *P. fumosoroseus*, son conocidas por ser nematófagas o entomopatógenas, lo que significa que pueden parasitar nematodos y plagas de insectos. El género *Paecilomyces* tiene importancia en diversos campos, como la agricultura. Algunas especies de *Paecilomyces*, incluida *Paecilomyces lilacinus*, se utilizan en el control de enfermedades y plagas en los cultivos. Además, *Paecilomyces* puede actuar como endófito en las plantas, proporcionando beneficios para su desarrollo, mejorando su salud y protegiéndolas contra fitopatógenos. El género *Paecilomyces* se caracteriza por tener hifas septadas, conidióforos verticilados o ramificados y conidios unicelulares en cadenas. Presenta una alta capacidad de esporulación y puede crecer en diversas condiciones y sustratos. Además, *Paecilomyces* produce una amplia variedad de metabolitos secundarios con diversas actividades biológicas, como herbicidas, insecticidas, bactericidas, fungicidas y nematocidas (Moreno et al., 2020).

#### **1.2.7.1. Taxonomía**

**Reino:** Hongos (1FUNGK)

**Filo:** Ascomicota (1ASCOP)

**Subfilo:** Pezizomicotina (1PEZIQ)

**Clase:** Eurotiomicetos (1EUROC)

**Subclase:** Eurotiomycetidae (1EUOML)

**Orden:** Eurotiales (1EUROO)

**Familia:** *Trichocomaceae* (1TRCMF)

**Género:** *Paecilomyces* (1PAECG)

(EPPO, 2023c).

#### **1.2.7.2. Especies *Paecilomyces* utilizados en la agricultura**

Según los registros de Fungorum (2023), se ha documentado la existencia de un total de 151 especies pertenecientes al género *Paecilomyces*. Entre estas especies,

algunas han demostrado ser de gran utilidad en la agricultura debido a sus propiedades benéficas para el control de plagas y enfermedades en los cultivos.

Dentro de las especies más destacadas y ampliamente utilizadas en la agricultura, se encuentran:

- ***Paecilomyces lilacinus***: *Paecilomyces lilacinus* es un hongo que parasita y predador de larvas de nematodos, se dirige a los distintos estadios de desarrollo, desde los huevos hasta las etapas juveniles y adultas, sin generar sustancias tóxicas. Sus esporas germinan en contacto con los nematodos, penetrando en su interior y afectando el sistema nervioso del mismo provocando deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento, llevándolos finalmente a la muerte (Rendón, 2020).
- ***Paecilomyces fumosoroseus***: *Paecilomyces* es un género de hongos que se caracteriza por tener conidióforos simples o como estructuras ramificadas, sosteniendo fiálides con una estructura similar a un "cuello". Los conidios pueden ser unicelulares, hialinos o pigmentados, y las colonias presentan diversas coloraciones. Algunas especies de *Paecilomyces* pueden actuar como patógenos de insectos, ácaros y nemátodos de plantas. Estos hongos penetran en el organismo huésped a través del tegumento, utilizando su apresorio y gancho de penetración (Vega, 2021).
- ***Paecilomyces variotii***: El hongo mencionado pertenece al orden Eurotiales y es clasificado como Ascomycota. Forma colonias de color marrón oliva en forma de limón con una textura aterciopelada y elipsoidales. Sus conidióforos son ramificados de manera irregular con fialidas en los extremos. Produce conidios individuales y, ocasionalmente, clamidiosporas en cadenas cortas. Es un hongo termofílico que puede crecer a altas temperaturas 50-60°C. Se encuentra comúnmente en productos alimenticios, suelos, compost y también puede habitar en, tierra, polvo de alfombras y madera (Amate, 2020).

#### 1.2.8. Descripción general HE (*Metarhizium spp*)

*Metarhizium*, un hongo ascomiceto filamentoso conocido científicamente como *Metarhizium (Metschnikoff)* Sorokin, 1883, abarca un grupo diverso de especies que se encuentran ampliamente distribuidas en los suelos además se encuentran presentes en

regiones de climas templados, subtropicales y tropicales. En cuanto a su forma de actuar, las esporas asexuales, también llamadas conidios, de estos hongos entomopatógenos penetran directamente a través de la cubierta externa del hospedador por contacto, iniciando así una infección que, con el tiempo, provoca la muerte del mismo. *Metarhizium spp.* es un género de hongos que desarrolla microesclerocios, estructuras compactas y resistentes compuestas por hifas pigmentadas. Estos microesclerocios son propágulos ideales para controlar plagas de insectos que se transmiten por el suelo. Su producción tiene ventajas significativas, ya que permite la formación de conidios secundarios en el lugar de aplicación, mejorando la efectividad del hongo como agente de control biológico. Los microesclerocios también poseen una buena capacidad de supervivencia en condiciones ambientales adversas, como altas temperaturas y radiación UV, lo que contribuye a su persistencia a largo plazo en el suelo y al control continuo de las poblaciones de plagas.

Estudios recientes han demostrado que los hongos del género *Metarhizium* tienen la capacidad de colonizar las raíces de plantas, estableciendo una asociación mutualista en la cual transfieren nitrógeno de los insectos a las raíces. Esta colonización endofítica estimula el sistema de defensa de las plantas y promueve la producción de compuestos vegetales secundario. Específicamente, *Metarhizium robertsii* es conocido por su habilidad para colonizar raíces y desempeñar un papel importante en el cuidado de las plantas. Estos hallazgos sugieren que estos hongos podrían tener aplicaciones en la agricultura como biocontrolador de plagas y biofertilizantes (Lira et al., 2020).

#### **1.2.8.1. Taxonomía**

**Reino:** Hongos (1FUNGK)

**Filo:** Ascomicota (1ASCOP)

**Subfilo:** Pezizomicotina (1PEZIQ)

**Clase:** Sordariomicetos (1SORDC)

**Subclase:** Hipocreomicetos (1HYPRL)

**Orden:** Hipocreales (1HYPRO)

**Familia:** *Clavicipitaceae* (1CLAVF)

**Género:** *Metarhizium* (1MTRHG)

(EPPO, 2023b).

### **1.2.8.2. Especies *Metarhizium* utilizados en la agricultura**

El género *Metarhizium* comprende un número considerable de especies. Estos hongos ascomicetos filamentosos se encuentran comúnmente en los suelos y se han utilizado ampliamente como agentes de control biológico en la agricultura para combatir plagas de insectos. Entre los de mayor uso en la agricultura tenemos:

- ***Metarhizium anisopliae*:** Este (HE) perteneciente a la subdivisión *Deuteromycotina* y la clase *Hyphomycetes*, es de color verde oliva y se reproduce asexualmente mediante conidióforos que surgen de hifas ramificadas. Este hongo tiene la capacidad de adherirse a la cutícula de los insectos y penetrar a través de partes blandas o por vía oral, sus cuerpos son completamente cubiertos por micelio de color blanco. A medida que el hongo se desarrolla y produce esporas, este micelio blanco se vuelve verde. Debido a su amplio espectro de insectos hospederos, incluyendo aquellos de importancia agrícola, *Metarhizium* se utiliza ampliamente como bioinsecticida (Sánchez y Vélez, 2021).
- ***Metarhizium flavoviride*:** Es una especie utilizada en la agricultura para controlar una variedad de insectos como pulgones, trips, ácaros y gorgojos. Este hongo coloniza el suelo y persiste en el ambiente, brindando un control a largo plazo de las plagas. Infecta a los insectos por contacto directo o ingestión, ampliando sus opciones de aplicación. Este produce conidios, estructuras de dispersión asexuales, para infectar a los insectos. Estos conidios se pueden aplicar en formulaciones comerciales o directamente en el suelo.
- ***Metarhizium brunneum*:** Beneficia el crecimiento de las plantas al encontrarse asociado en la rizosfera. Durante las interacciones con insectos y plantas, el hongo se enfrenta a barreras defensivas y compuestos tóxicos, lo que desencadena eventos de diferenciación y transporte de organelos para mantener la homeostasis. La polaridad celular y el citoesqueleto microtubular desempeñan un papel crucial en el transporte intracelular y el crecimiento del

hongo. *Metarhizium brunneum* es un hongo entomopatógeno que promueve el crecimiento de las plantas y enfrenta desafíos para sobrevivir y adaptarse en su entorno (Jiménez, 2022).

### 1.3. Fundamentación Legal

#### 1.3.1. Constitución de la República del Ecuador

**Artículo 1.- Aprobar el "MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO, EXTRACTOS VEGETALES, PREPARADOS MINERALES Y SEMIOQUÍMICOS"** que consta como Anexo y que forma parte integrante de la presente Resolución. **Artículo 2.-** El incumplimiento a las disposiciones establecidas en la presente Resolución será causa para la aplicación de las sanciones contempladas en la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. **DISPOSICIONES GENERALES Primera.** - Dadas las características de dinamismo de las acciones que contempla el manual y todos aquellos aspectos que en determinado momento pueden ser objeto de reglamentación, se requiere una constante actualización mediante la sustitución de páginas y/o apartados. Cualquier modificación del manual requerirá de la aprobación del Director Ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario. Las páginas y/o apartados que sean modificadas serán sustituidas por nuevas, las cuales deberán ser reportadas en el cuadro de control de cambios que debe llevar la fecha en la cual se efectuó la modificación, especificar los cambios realizados y el responsable de la modificación. Las modificaciones se publicarán en la página web de la Agencia.

**Segunda.** - El texto de la presente Resolución se publicará en el Registro Oficial

**Artículo 1.- "MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO, EXTRACTOS VEGETALES, PREPARADOS MINERALES Y SEMIOQUÍMICOS"**, se publicará en la página web de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, para lo cual de la presente disposición encárguese a la Coordinación General de Registros de Insumos Agropecuarios (Agrocalidad, 2022a).

#### 1.3.2. Ley orgánica de sanidad agropecuaria

**TITULO PRELIMINAR Art. 1.- Objeto.** - La presente Ley regula la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades; promover el bienestar animal, el control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a los vegetales y animales y que podrían representar riesgo fito y zoonosanitario. Regula también el desarrollo de actividades, servicios y la aplicación de medidas fito y zoonosanitarias, con base a los principios técnico-científicos para la protección y mejoramiento de la sanidad animal y vegetal,

así como para el incremento de la producción, la productividad y garantía de los derechos a la salud y a la vida; y el aseguramiento de la calidad de los productos agropecuarios, dentro de los objetivos previstos en la planificación, los instrumentos internacionales en materia de sanidad agropecuaria, que forman parte del ordenamiento jurídico nacional (Asamblea Nacional, 2019).

### **1.3.3. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario**

#### **Artículo 18.- USO CORRECTO Y MANEJO RESPONSABLE DE LOS PLAGUICIDAS Y PRODUCTOS BIOLÓGICOS**

- a) Todos los productos utilizados para el control de plagas deben estar registrados y autorizados por la ANC.
- b) No se deben utilizar plaguicidas prohibidos según la legislación ecuatoriana.
- c) En la aplicación de plaguicidas y productos biológicos se debe considerar la rotación de productos, teniendo en cuenta el grupo químico e ingrediente activo para evitar la resistencia de las plagas.
- d) Si las condiciones climáticas no son favorables (temperatura, viento o lluvia), se debe suspender la aplicación de los plaguicidas.
- e) Se deben adquirir los plaguicidas solamente en sus envases originales, en lugares de venta autorizados, con asesoramiento del profesional técnico y documentos de respaldo.
- f) Se deben establecer todas las medidas de aplicación necesarias, para disminuir los impactos ambientales (agua, suelo y aire).
- g) Las personas encargadas de la manipulación, el transporte del plaguicida al campo, la elaboración de la mezcla, la aplicación, la calibración, la limpieza y custodia de los equipos; deben usar EPP completo (mascarilla, gafas, guantes, traje y botas, gorra o sombrero de protección, botas plásticas, entre otros).
- h) Se prohíbe que las mujeres en período de gestación o lactancia, los adolescentes y los niños manipulen plaguicidas.
- i) Los envases vacíos de los plaguicidas, deben ser recuperados de la UPA, sometidos a un proceso de triple lavado, perforados, almacenados temporalmente en un lugar exclusivo con buena ventilación; y, posteriormente entregados a los centros de acopio primarios de los comercializadores, distribuidores, fabricantes o almacenes agrícolas de plaguicidas, quienes a su vez entregarán a los gestores ambientales autorizados acorde a lo establecido por la AAC.
- j) Se prohíbe quemar, desechar como basura común o enterrar los envases vacíos de plaguicidas.

k) Se prohíbe la reutilización o comercialización de los envases vacíos de plaguicidas para contener alimentos, bebidas, aguas o producto alguno para uso y consumo humano, animal y doméstico.

l) Se prohíbe la entrega de los envases vacíos de plaguicidas a gestores ambientales no autorizados por la AAC.

m) Se debe llevar un registro de la aplicación de plaguicidas en el cual conste: nombre del cultivo, fecha y localización de la aplicación, nombre del producto, ingrediente activo, el responsable de aplicación, justificación técnica, dosis aplicada, maquinaria y equipos utilizados, la plaga a controlar y los plazos de seguridad precosecha (Agrocalidad, 2022b).

## CAPÍTULO 2

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 2.1. Métodos

- Teóricos

##### **Inductivo-deductivo**

El enfoque metodológico consistió en recolectar datos empíricos sobre los insectos plagas presentes en el cultivo de cacao y realizar un análisis preciso en busca de patrones y tendencias. A partir de estos datos, se dedujeron principios y conclusiones generales que eran aplicables al control de *Monalonion spp* utilizando los entomopatógenos seleccionados.

##### **Analítico-sintético**

Con el fin de descomponer el problema en sus diferentes situaciones y lograr una comprensión más profunda de la interacción entre los insectos plagas, los entomopatógenos y el cultivo de cacao, se utilizó el método analítico-sintético. A través de este enfoque, pude sintetizar la información obtenida para desarrollar estrategias de control integrado que aprovecharan las fortalezas de los entomopatógenos, al tiempo que minimizaban los posibles impactos negativos en el cultivo.

##### **Empírico-experimental**

Se realizó la recopilación de datos tanto observacionales como experimentales con el objetivo de obtener pruebas empíricas sobre la eficacia de los entomopatógenos *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en el control de *Monalonion spp* en el cultivo de cacao. Estos datos se obtuvieron a través de experimentos cuidadosamente diseñados, ya sea en un entorno de condiciones de campo controladas. Durante estos experimentos, se aplicaron los entomopatógenos en cuestión y se evaluó su capacidad para controlar el insecto plaga.

##### **Hipotético-deductivo**

Se utilizó el enfoque hipotético-deductivo para investigar y probar hipótesis relacionadas. A través de experimentos cuidadosamente diseñados, se aplicaron los (HE) y se evaluó su efectividad en la reducción de la población de *Monalonion spp*. Los

resultados fueron analizados de manera lógica y adecuada para determinar si se respaldaban o refutaban las hipótesis planteadas.

### **2.1.1. Modalidad y Tipo de Investigación.**

La investigación sobre el control de *Monalonia spp* con entomopatógenos *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Milagro, Ecuador, se llevó a cabo mediante una modalidad de investigación experimental. En cuanto al tipo de investigación, se utilizó una investigación aplicada, ya que el objetivo principal era abordar un problema específico en el ámbito agrícola, encontrar soluciones prácticas y aplicables al control de plagas en el cultivo de cacao. El enfoque estuvo centrado en la recolección de datos mediante la realización de experimentos controlados en condiciones de campo. Se aplicaron los entomopatógenos de manera controlada y se midió su efectividad en la reducción de las poblaciones de insectos plagas. Los datos recopilados fueron analizados y evaluados de forma rigurosa para obtener conclusiones basadas en evidencia científica.

### **2.1.2. Métodos de evaluación**

#### **Presencia del chinche en las mazorcas**

La técnica que se utilizó al inicio del ensayo fue la captura del chinche con red entomológica en cada tratamiento, para evaluar la población del chinche (*Monalonia spp*) en las mazorcas de cacao. Durante la captura inicial, se contabilizaron exclusivamente los chinches en etapa adulta. Se realizaron cinco repeticiones para cada tratamiento con el objetivo de obtener datos representativos. Los resultados de esta evaluación permitieron determinar la presencia y la densidad de chinches al inicio del ensayo.

$$INCIDENCIA (\%) = \frac{\text{NÚMERO DE PLANTAS CON INSECTOS VIVOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE PLANTAS}} \times 100$$

### **Muestreo visual directo mortalidad del insecto (%).**

Para el control del insecto se realizaron cinco aplicaciones de los productos a utilizar de acuerdo a las dosis de los tratamientos. Durante el ensayo, se contabilizaron los insectos muertos colonizados por los entomopatógenos. Esta evaluación se realizó en las mazorcas. La fórmula para calcular la mortalidad en porcentaje es una fórmula estándar que se demostró de la siguiente manera

$$MORTALIDAD (\%) = \frac{\text{NÚMERO DE INSECTOS MUERTOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE INSECTOS AL INICIO}} \times 100$$

### **Muestreo visual directo número de mazorcas afectadas por planta (%).**

Se procedió a implementar el método de visualización donde se verificó el número de mazorcas por plantas afectadas con *Monalonia spp.* Esta evaluación se realizó al inicio y después de la aplicación de los tratamientos. Se utilizó la fórmula propuesta por (James, 1974) para expresar en forma porcentual el número de mazorcas infectadas por insectos por planta.

$$MAZORCAS AFECTADAS (\%) = \frac{\text{NÚMERO DE MAZORCAS AFECTADAS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE MAZORCAS POR PLANTA}} \times 100$$

## **2.2. Variables**

### **2.2.1. Variable independiente:**

Control de insectos plagas con *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp.*

- Entomopatógenos

### **2.2.2. Variable dependiente:**

Cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)

- Incidencia del insecto vivo (%).
- Mortalidad del insecto (%).
- Mazorcas afectadas por planta (%).

### 2.2.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 1. Operacionalizaciones de las variables

	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>Entomopatógeno</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Paecilomyces spp</i></li> <li>• <i>Metarhizium spp</i></li> </ul>	<p><i>Paecilomyces spp</i> y <i>Metarhizium spp</i> son efectivos para controlar plagas en el cultivo de cacao, causando alta mortalidad en insectos reduciendo la incidencia de plagas y aumentando los rendimientos de los cultivos tratados.</p>	<p><i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i> son (HE) entomopatógenos eficaces en el control de plagas. Estudios demuestran su alta efectividad, con tasas de mortalidad del 100% y 80% respectivamente. Existen bioplaguicidas desarrollados a partir de <i>P. lilacinus</i> para el control de nematodos en cultivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biológico, físico.</li> <li>• <i>Metarhizium spp</i> patogenicidad contra insectos adultos</li> <li>• Meses marzo a abril del 2024.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantitativo</li> <li>• Cualitativo</li> <li>• Ordinal</li> </ul>	Observación
<b>DEPENDIENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umbral incidencia insecto de por</li> <li>• Porcentaje Mortalidad insecto. de del</li> <li>• Producción mazorca bloques. de por</li> </ul>	<p>Estos entomopatógenos son alternativas ecológicas y sostenibles para el manejo de plagas en el cultivo de cacao y otros cultivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de control con (HP).</li> <li>• Eficacia del control biológico en el cultivo.</li> <li>• Producción favorable y biológica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de mortalidad</li> <li>• Índice de infestación</li> <li>• Eficiencia productiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantitativo</li> <li>• Cualitativo</li> </ul>	Inspección técnica

**Elaborado por: Guevara, 2024**

## 2.3. Población y Muestra

En el cultivo de cacao en Roberto Astudillo, se investigó el uso de entomopatógenos *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* como agentes de control biológico para reducir el insecto plaga *Monalonion spp* en el cultivo de cacao. Se realizó un estudio poblacional para identificar y cuantificar el insecto plaga presentes en las plantaciones de cacao. La muestra consistirá en una selección representativa de plantas presentes en la finca. Los resultados de esta investigación proporcionarán información necesaria para diseñar estrategias de control con entomopatógenos y brindar herramientas efectivas a los agricultores, mejorando la productividad del cacao en la zona.

### 2.3.1. Población

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Milagro, cuenta con una superficie de 226,02 km<sup>2</sup>, es la tercera ciudad más grande y poblada de la provincia. La población total del cantón es de aproximadamente 166.634 habitantes, que se distribuyen entre el área urbana y las zonas rurales según (GAD Milagro, 2023). La población de interés para este estudio está compuesta por las plantaciones de cacao en el cantón Milagro, Estas plantaciones se encuentran a altitudes promedio entre 8 a 11 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), y están sujetas a condiciones climáticas específicas, en temporada seca que se empezara desde los meses julio a noviembre del 2023.

**Tabla 2. Población dedicada a la agricultura en la zona de estudio**

Cantón	Parroquia	Finca	Número de pobladores	Número de pobladores(agricultores)
Milagro	Roberto Astudillo	Lote36	16.000	1500

Fuente: GAD Milagro, 2023. Elaborado por: Guevara, 2024

### 2.3.2. Muestra

La muestra en este estudio estuvo compuesta por un número específico de plantaciones de cacao seleccionadas de manera aleatoria en el cantón Milagro. Se buscó incluir diferentes tamaños de plantaciones y ubicaciones geográficas dentro del

cantón para garantizar la representatividad de los resultados. La selección de la muestra se realizó considerando criterios como la diversidad de condiciones ambientales, prácticas de manejo agrícola y la presencia de plagas de insectos en cada plantación. Se recopilieron datos sobre la presencia y abundancia de las plagas, para tomar en cuenta los resultados del proyecto.

**Tabla 3. Finca en estudio**

<b>Terreno</b>	<b>Recinto</b>	<b>Propietario</b>	<b>Finca</b>	<b>Coordenadas WGS84 UTM 17S</b>
Finca	El Guabo	Washington Adolfo Carrera Flores	Lote 36	9755.250E-664.650S

Elaborado por: Guevara, 2024

## **2.4. Técnicas de Recolección de Datos**

En el estudio se utilizaron diversas técnicas de recolección de datos para obtener información relevante sobre los tipos de manejo utilizados en la zona de Milagro. Estas técnicas incluyeron la observación y la entrevista.

### **2.4.1. La observación**

Los datos que se recopilieron a través de la observación proporcionaron información detallada sobre los diferentes enfoques de manejo utilizados y su impacto en la incidencia de las plagas de insectos en el cultivo de cacao. Además, permitieron evaluar la efectividad de los entomopatógenos en comparación con otras prácticas de manejo. Esta técnica de recolección de datos estableció una base sólida para el análisis científico del fenómeno en estudio y ofreció información relevante para el desarrollo de estrategias de control de plagas más eficaces y sostenibles en el cultivo de cacao en Milagro.

## **2.5. Estadística Descriptiva e Inferencial**

Se utilizó un análisis de estadística descriptiva para organizar y caracterizar los datos obtenidos. En este estudio, se compararon los datos entre el efecto de los entomopatógenos contra los insectos en el cultivo de cacao. Los datos fueron tabulados y ordenados, y se emplearon programas como Infostat y Microsoft Excel

para realizar cálculos de medias, medianas y gráficos utilizando diferentes tipos de representación visual, como cuadros y barras, entre otros. En las variables en las que se corroboró la normalidad e igualdad de varianzas se aplicó el análisis de varianza para detectar diferencias significativas entre las alternativas de control propuestas; cuyo modelo se indica en la tabla 4. También se aplicó la prueba de Tukey en la comparación de medias. Estos análisis se realizaron al 5% de error tipo 1.

**Tabla 4. Modelo del análisis de varianza**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	$(rt^2-1)$	99
Tratamientos	$(t-1)$	4
Filas	$(f-1)$	4
Columnas	$(c-1)$	4
Error experimental	$(rt^2-3t-r+3)$	87

**Elaborado por: Guevara, 2024**

## **2.6. Diseño Experimental**

Para llevar a efecto este estudio se utilizó el diseño cuadrado latino, dentro del cual se evaluaron los cinco tratamientos que se indican en la tabla 5. Cada unidad experimental estuvo representada por cuatro plantas de cacao CCN-51 de edad 6 años. Todo el ensayo abarcó un total de 100 plantas. El croquis referencial del experimento se mostró en el anexo 1.

Tabla 5. Tratamientos a tratar en el ensayo

NÚMERO	DESCRIPCION
1	<i>Metarhizium spp</i> aplicando en concentración de 150 ml/ha cada 7 días entre cada aplicación
2	<i>Metarhizium spp</i> aplicando en concentración de 300 ml/ha cada 7 días entre cada aplicación
3	<i>Paecilomyces spp</i> aplicando en concentración de 150 ml/ha cada 7 días entre cada aplicación
4	<i>Paecilomyces spp</i> aplicando en concentración de 300 ml/ha cada 7 días entre cada aplicación
5	Tratamiento de referencia o testigo absoluto

Elaborado por: Guevara, 2024

Se aplicaron dos concentraciones de 150 ml/ha y 300ml/ha\* 200L de agua, para los lotes donde se realizó el ensayo con entomopatógenos *Metarhizium spp* y *Paecilomyces spp*, se lo realizó de manera foliar utilizando bomba de mochila CP3, se tomó las muestras de los insectos muertos, vivos y a su vez se realizó la aplicación de los (HE), por el lapso de 5 semanas, 5 aplicaciones.

## 2.7. Cronograma de Actividades

Tabla 6. Cronograma del proyecto realizado

Actividades	JUL	NOV	DIC	MAR	MAR	MAR	MAR	ABR	MAY	JUN
Sustentación anteproyecto										
Corrección anteproyecto										
Monitoreo de <i>Monaloniion spp</i>										
Aplicación entomopatógeno										
Recolección datos										
Aplicación entomopatógeno										
Recolección datos										
Aplicación entomopatógeno										
Recolección datos										
Aplicación entomopatógeno										
Recolección datos										
Aplicación entomopatógeno										
Recolección datos										
Presentación resultados										
Culminación tesis										

Elaborado por: Guevara, 2024

## RESULTADOS

### Población inicial de *Monalonion spp* en el cultivo de cacao

El monitoreo inicial del insecto *Monalonion spp*, se llevó a cabo utilizando una red entomológica en cada uno de los tratamientos del estudio. Este método de monitoreo entomológico consistió en la prospección sistemática de las áreas de cultivo, donde se agitaban las plantas específicas para estimular el vuelo de los insectos presentes. Para cada tratamiento, se seleccionaron cuatro plantas, y de cada planta se evaluaron al azar cinco mazorcas, sumando un total de 20 mazorcas por tratamiento. En la fase inicial de captura, se contabilizaron únicamente los chinches adultos. Con el fin de obtener datos representativos, se realizaron cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados de esta evaluación permitieron determinar la presencia y densidad de chinches al comienzo del ensayo. En la tabla 7. se indica las medias obtenidas al inicio del ensayo sobre la población del insecto en estudio.

**Tabla 7. Medias de la población inicial**

<b>Tratamientos</b>	<b>Resumen</b>	<b>P. inicial</b>
T1 Metarhizium 150	Media	3,60
T2 Metarhizium 300	Media	3,80
T3 Paecilomyces 150	Media	3,50
T4 Paecilomyces 300	Media	3,60
T5 Testigo	Media	3,60

Elaborado por: Guevara, 2024

### Indicar el efecto de *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en el control biológico del insecto.

El estudio presenta una evaluación significativa sobre la eficacia de diferentes tratamientos, específicamente el uso de microorganismos, para controlar la incidencia y mortalidad del chinche en cultivos de cacao. La tabla 8. presenta las medias sobre la incidencia y mortalidad del insecto en distintas dosis los tratamientos.

- **Incidencia**

El análisis estadístico de la incidencia de chinches en los cultivos de cacao, según los datos de la Tabla 8, reveló que no hubo diferencias significativas entre los

tratamientos ( $p > 0.05$ ). Los tratamientos evaluados, que incluyeron T1 (*Metarhizium* 150 cc), T2 (*Metarhizium* 300 cc), T3 (*Paecilomyces* 150 cc), T4 (*Paecilomyces* 300 cc) y el testigo T5, presentaron medias de incidencia de 3.60%, 3.48%, 3.72%, 3.92% y 4.00%, respectivamente. Estas medias similares indican una efectividad comparable de los tratamientos en términos de reducción de la incidencia de chinches, aunque el tratamiento T2 (*Metarhizium* 300) registró la menor incidencia con un valor de 3.48%. La variabilidad de los datos fue aceptable, con un coeficiente de variación (CV) de 19.2%. Estos resultados sugieren que, a pesar de las diferencias numéricas observadas, los tratamientos no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en la incidencia de chinches, demostrando una homogeneidad en el control de la plaga entre las distintas estrategias aplicadas.

- **Mortalidad**

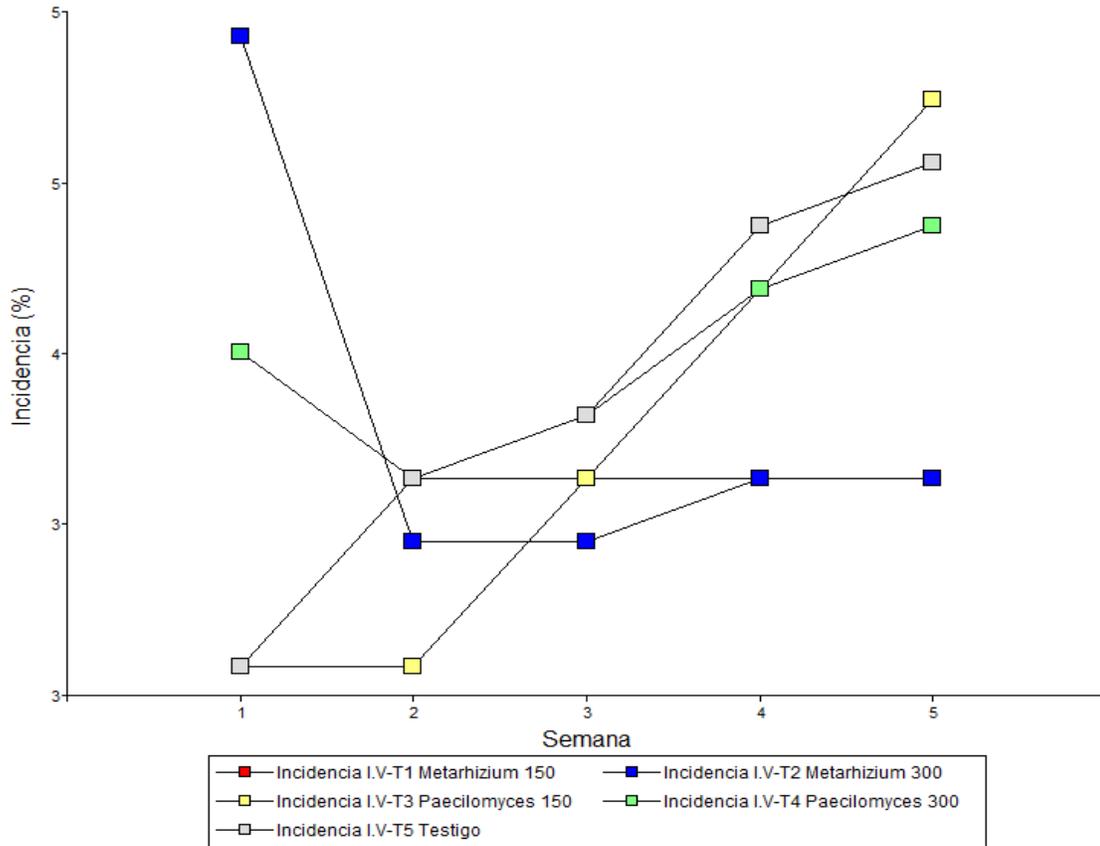
El análisis de la mortalidad de chinches en los cultivos de cacao reveló diferencias significativas entre los tratamientos, como se detalla en la Tabla 7. Se aplicó un ajuste logarítmico a los datos originales para verificar la significancia, lo cual redujo el coeficiente de variación (CV) de 95.2% a 2.03%, mejorando la precisión de los resultados. El tratamiento T2 (*Metarhizium* 300 cc) mostró la mayor mortalidad con una media de 1.67%, y el testigo T5 presentaron mortalidades significativamente menores a 0.00%, respectivamente. Estos resultados indican que el tratamiento T2 es notablemente más efectivo en la reducción de la población de chinches en comparación con los otros tratamientos evaluados.

**Tabla 8. Porcentaje de incidencia y mortalidad**

Nº Trat.	Identificación	Incidencia	Mortalidad
1	T1 <i>Metarhizium</i> 150	3.60 a	0.71 b
2	T2 <i>Metarhizium</i> 300	3.48 a	1.67 a
3	T3 <i>Paecilomyces</i> 150	3.72 a	0.05 c
4	T4 <i>Paecilomyces</i> 300	3.92 a	0.43 bc
5	T5 Testigo	4.00 a	0.00 c
	CV (%)	19.2	2.03 (aj.)
	Significancia	ns	**

ns Diferencias no significativas ( $p > 0.05$ )

Medias con letras iguales no difieren significativamente de acuerdo a Tukey ( $p > 0.05$ )  
 Elaborado por: Guevara, 2024.



**Figura 1.**

Se puede evidenciar que el tratamiento que presentó el efecto más favorable en la incidencia y la mantuvo durante el tiempo de estudio fue el T2 (*Metarhizium 300cc*). Esta situación fue distinta para el resto de tratamientos, los cuales mostraron una tendencia al incremento de la incidencia.

**Evaluar la eficacia de *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* contra *Monalonion spp*, observando la reducción del daño en las mazorcas antes y después de la aplicación del producto.**

La tabla proporciona un resumen de los resultados obtenidos en el estudio sobre el número de mazorcas afectadas por el insecto chinche en cultivos de cacao, bajo la influencia de diferentes tratamientos. Los tratamientos se identifican por número y descripción, especificando la dosis y el tipo de agente utilizado. Se realizó el conteo de piquetes (pequeñas manchas negras y circulares) que causa el chinche y se clasificó el nivel de daño según el número de piquetes por mazorca. Además, se

presentan las medias de mazorcas afectadas para cada tratamiento, junto con medidas de dispersión como la desviación estándar y la significancia estadística del análisis.

**Tabla 9. Escala de severidad en daño mazorca de cacao**

Grado	Nivel de daño (piquetes)	Observaciones
1	0	Mazorca sin daño visible
2	1-25	Mazorca con daño mínimo
3	26-50	Mazorca con daño intermedio
4	51-75	Mazorca con mucho daño
5	76-100	Mazorca con daño extremo

Nivel de daño por piquetes.  
Elaborado por: Murrieta y Palma, 2018.

La tabla presenta una escala de evaluación del daño en mazorcas de cacao causado por piquetes de insectos, dividiéndose en cinco grados: Grado 1 (0 piquetes, sin daño visible), Grado 2 (1-25 piquetes, daño mínimo), Grado 3 (26-50 piquetes, daño intermedio), Grado 4 (51-75 piquetes, mucho daño) y Grado 5 (76-100 piquetes, daño extremo). Esta clasificación permite cuantificar el impacto de los insectos en las mazorcas y evaluar la eficacia de los tratamientos de control de plagas, como los hongos entomopatógenos, facilitando un análisis detallado del daño y la efectividad de las estrategias de manejo integrado de plagas.

**Tabla 10. Mazorcas afectadas**

Nº Trat.	Identificación	Medias
1	T1 Metarhizium 150	3.28 c
2	T2 Metarhizium 300	3.12 c
3	T3 Paecilomyces 150	3.96 ab
4	T4 Paecilomyces 300	3.44 bc
5	T5 Testigo	4.52 a
	CV	19.62%
	Significancia	**

Medias con letras iguales no difieren significativamente de acuerdo a Tukey ( $p > 0.05$ )  
Elaborado por: Guevara, 2024.

Los resultados revelan que los tratamientos con *Metarhizium spp* a 300cc, tienen las medias más bajas de mazorcas afectadas, con 3.12. Estas cifras sugieren una potencial eficacia en el control del chinche en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, es importante destacar que las letras que acompañan a las medias (ab, a, b) indican grupos estadísticamente homogéneos, lo que significa que las diferencias entre estas medias no son significativas desde un punto de vista estadístico. La significancia estadística indicada por el asterisco (\*\*) señala diferencias significativas entre tratamientos en términos de mazorcas afectadas, lo que confirma la relevancia de los hallazgos.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la eficacia de los tratamientos con *Metarhizium spp* y *Paecilomyces spp* para controlar la incidencia del chinche en cultivos de cacao presentan similitudes y diferencias con los hallazgos descritos por otros autores.

Hausrao et al. (2022) reportaron que el aislado autóctono de *Metarhizium anisopliae* fue altamente efectivo contra la plaga de gorgojo del cacao (*H. theivora*), con una reducción significativa en la incidencia de la plaga. El estudio, también se observó una reducción significativa en la incidencia del chinche con el tratamiento de *Metarhizium spp*, especialmente a una concentración de 300cc. Esto sugiere que *Metarhizium spp*, tiene un potencial prometedor para el control del chinche en cultivos de cacao, lo cual está respaldado por esta investigación.

Por otro lado, Torres (2022) encontró que las cepas nativas de *Metarhizium spp* mostraron patogenicidad contra la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Aunque el estudio no evaluó específicamente la patogenicidad contra la broca del café, los resultados sugieren que *Metarhizium spp* también puede ser efectivo contra otras plagas de insectos, como el chinche del cacao, lo que respalda la eficacia observada en el presente estudio.

En cuanto a *Paecilomyces spp*, demostró en su estudio cierto grado de eficacia en la reducción de la incidencia del chinche en cultivos de cacao, no logró alcanzar los mismos niveles de control que el tratamiento con *Metarhizium spp*. Esto contrasta con los hallazgos de Fernández et al. (2005), quienes demostraron la eficacia de *Paecilomyces lilacinus* como agente de control biológico contra nematodos en cultivos de plátano y banano. Esto sugiere que la eficacia de *Paecilomyces spp* puede variar según la plaga objetivo y el contexto de aplicación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSION:

Basándonos en los resultados obtenidos, se puede concluir que la hipótesis alternativa (Hi) es aceptada, mientras que la hipótesis nula (Ho) es rechazada. El estudio destacó la importancia de monitorear cuidadosamente la población inicial de *Monalonion spp* en los cultivos de cacao, proporcionando una base crucial para evaluar el impacto de los tratamientos con *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp* en el control de este insecto y permitiendo establecer comparaciones claras antes y después de la aplicación de los productos. Los resultados confirmaron que ambos hongos tenían un efecto en el control biológico de *Monalonion spp*, pero *Metarhizium spp*, a una concentración de 300cc, mostró una eficacia significativamente mayor en la reducción de la incidencia del chinche y del daño en las mazorcas en comparación con *Paecilomyces spp*. Estos hallazgos sugieren que *Metarhizium spp* podría ser una herramienta más efectiva para el manejo de *Monalonion spp* en cultivos de cacao, especialmente cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de los hongos entomopatógenos, como una adecuada humedad y temperatura.

## **RECOMENDACION:**

Se enfatiza la importancia de llevar a cabo un monitoreo regular y sistemático de la población inicial de *Monalonia spp* en los cultivos de cacao para detectar tempranamente la presencia del insecto y facilitar la implementación oportuna de medidas preventivas o correctivas, recomendando este enfoque proactivo para mantener el control efectivo de *Monalonia spp* y minimizar los daños en los cultivos. Además, se sugiere realizar estudios adicionales para evaluar en detalle el efecto de *Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp*, incluyendo la durabilidad de su efecto, su impacto en otras especies no objetivo y su viabilidad en diferentes condiciones ambientales y culturales. Esto proporcionaría información crucial para comprender mejor la eficacia y seguridad de estos agentes de control biológico. Asimismo, se propone investigar específicamente la eficacia de estos hongos en la reducción del daño en las mazorcas de cacao, determinando la dosis óptima, el momento de aplicación y la frecuencia de tratamiento necesarios para lograr el mejor control del insecto y minimizar los daños en la producción. La realización de tales investigaciones contribuiría a desarrollar estrategias más efectivas y precisas en el manejo de *Monalonia spp*, mejorando la rentabilidad y sostenibilidad de la producción de cacao.

## BIBLIOGRAFIA

- Agrocalidad. (2022a). *Agencia de control y registro fitosanitario*.  
<https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/DAJ-202225A-0201.0105.pdf>
- Agrocalidad. (2022b). *Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario Artículo 18.- Uso correcto y manejo responsable de los plaguicidas y productos biológicos a) Todos los productos utilizados para el control de plagas deben estar registrados y autorizados por la ANC*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/DAJ-202225A-0201.0105.pdf>
- Alarcón, G. (2019). *Evaluación del comportamiento agro morfológico de cuatro clones de Theobroma cacao L. (cacao) con tres distanciamientos de siembra*. [Universidad Estatal Del Sur De Manabí].  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1550/1/Tema-cacao-original-titulaci%C3%B3n-final-dic-del-2019.pdf>
- Amate, C. C. (2020). *Análisis del efecto de hongos entomopatógenos como control biológico contra la plaga de Áfidos*. [Universidad De Almería].  
<http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/9746/CARRE%C3%91O%20A MATE%2C%20CRISTINA.pdf?sequence=1>
- Arias, A., y Quevedo, J. (2021). *Manejo Integrado Cultivo De Cacao (Theobroma cacao L.): Enmiendas Edáficas, Efecto En La Floración Y Cuajado De Fruto*. [Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16538/1/TTUACA-2021-IA-DE00004.pdf>
- Asamblea Nacional, H. (2019). *Ley Orgánica De Sanidad Agropecuaria*.  
[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf)
- Cañarte, E., y Navarrete, J. (2021). *Reconocimiento De Artrópodos - Plaga Y Controladores Biológicos Como Herramienta Para El Manejo Ecológico De*

- Plagas En Cacao. INIAP, Ministerio de agricultura y ganadería, 176.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5750>
- Castillo, M., y Siles, O. (2021). “*Caracterización Morfoagronómica De Árboles De Cacao (Theobroma Cacao L.) En Plantaciones Establecidas Por Semilla Sexual En El Caserío Valle Sagrado, Ucayali 2021*” [Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Huánuco].  
<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8100>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2019). *Hoja botánica: Cacao Theobroma cacao L.*  
<https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/185/BIV01202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EPPO. (2023a). *Base de datos mundial de la EPPO* [dataset].  
<https://gd.eppo.int/taxon/THOCA>
- EPPO. (2023b). *Metarhizium (1MTRHG) [Resumen]* Base de datos mundial de la EPPO. <https://gd.eppo.int/taxon/1MTRHG>
- EPPO. (2023c). *Paecilomyces (1PAECG) [Resumen]* Base de datos mundial de la EPPO. <https://gd.eppo.int/taxon/1PAECG>
- Espinel, C., Torres, L., Villamizar, L., & Bustillo Alex. (2019). *Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga*. 357.
- Espinoza, J. M. (2020). *Control cultural de Moniliophthora roreri en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.), en la zona de Catarama* [BachelorThesis, Babahoyo: UTB,2020]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8376>
- Fungorum. (2023). *Sociedad Index Fungorum*.  
<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- GAD Milagro. (2023, mayo 22). *GAD Milagro – La ciudad más dulce del Ecuador*.  
<https://milagro.gob.ec/>
- García, L. A. (2020). *Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (Theobroma cacao L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador* [BachelorThesis, Babahoyo: UTB,2020].  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8493>

- Góngora, C., Laiton, L., Gil, Z., y Benavidez, P. (2020). Evaluation of *Beauveria bassiana* for *Monalonion velezangeli* (Hemíptera: Míridae) control in coffee crop. *Revista Colombiana De Entomología*, 46(1).  
<https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.7685>
- Infante, C. A. (2019). “*Manejo integrado de los principales insectos-plagas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), en la zona de Mata de Cacao*”. [Universidad Técnica De Babahoyo].  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6867/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jiménez, H. S. (2022). *Análisis de la dinámica de los microtúbulos en el hongo entomopatógeno Metarhizium brunneum* [Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California].  
[https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3701/1/tesis\\_Alejandra%20Irene%20Hern%C3%A1ndez%20Saiz\\_01%20abril%202022.pdf](https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3701/1/tesis_Alejandra%20Irene%20Hern%C3%A1ndez%20Saiz_01%20abril%202022.pdf)
- Lira, A. C. de, Mascarín, G. M., & Delalibera Júnior, Í. (2020). Microsclerotia production of *Metarhizium spp.* For dual role as plant biostimulant and control of *Spodoptera frugiperda* through corn seed coating. *Fungal Biology*, 124(8), 689-699.  
<https://doi.org/10.1016/j.funbio.2020.03.011>
- Loor, Y. (2022). *Aprovechamiento Del Mucílago Y Placenta De Cacao (Theobroma Cacao L) En La Formulación De Una Bebida No Alcohólica En Combinación Con Frutos Amarillos Piña (Ananas Comosus) Y MANGO (Mangifera Indica)*.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6701/1/T-UTEQ-149.pdf>
- Martínez, F., y Yuliza, N. (2020). *Caracterización de estrategias de marketing internacional para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia- una revisión*. 6.
- Morante, E. (2022). *Uso de plaguicidas químicos en el cultivo de cacao (Theobroma cacao) y su influencia con el medio ambiente en el Ecuador*.  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13269/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000471.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Moreno, A., Huertas, V., Diáñez, F., Sánchez-Montesinos, B., & Santos, M. (2020). Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. *Plants*, 9(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/plants9121746>
- Rendón, L. F. (2020). Capacitación a productores sobre el nematodo fitoparásito *Radopholus similis*, en cultivos de musáceas y su respectivo biocontrolador, *Paecilomyces lilacinus*, en el municipio de Andes-Antioquia, Colombia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/18372>
- Rosero, W. (2022). *Monitoreo De Los Principales Daños Físicos, Biológicos Y Químicos Durante El Proceso De Empaque De Banano (Musa Aaa) En La Zona De Los Ríos* [Universidad Agraria Del Ecuador]. [https://Cia.Uagraria.Edu.Ec/Archivos/Rosero%20villavicencio%20washington%20javier%20\(1\).Pdf](https://Cia.Uagraria.Edu.Ec/Archivos/Rosero%20villavicencio%20washington%20javier%20(1).Pdf)
- Sánchez, J. G., y Vélez, A. M. (2021). Incidencia del *Metarhizium anisopliae* sobre la entomofauna benéfica de cultivos de maíz bajo condiciones de campo controladas en la ESPAM MFL [BachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1627>
- Sánchez, V., Iglesias, C., y Zambrano, J. (2019). *La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe* (José Vaca). Dirección de Investigaciones – Gestión del Conocimiento Científico del INIAP. [https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe\\_CACAO\\_linea\\_base.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf)
- Sandoval, E. Y. A., Merchán, P. J. A., Rodríguez, A. F. B., Díaz, E. P., y Cely, P. A. S. (2020). Estado actual de la cacaocultura: Una revisión de sus principales limitantes. *Ciencia y Agricultura*, 17(2). <https://www.redalyc.org/journal/5600/560063241002/html/>
- Solís, K., Peñaherrera, S., y Vera, D. (2021). Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo. INIAP, *Ministerio de agricultura y ganadería*, 178. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5747>
- Sosa, E. (2021). “*Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (Theobroma cacao L.) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco*”. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4206>

- Tapia, K. (2021). *Evaluación de efectos letales y subletales de extractos de neem y tabaco en el control del pulgón del cacao (Toxoptera aurantii)*. [Bachelor Thesis, Quevedo: UTEQ]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6492>
- Vega, C. A. (2021). *Control de estados inmaduros de Moscas de las Frutas Anastrepha fraterculus y Ceratitis capitata con hongos entomopatógenos en el suelo*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4644>
- Vinchira, D. M., Moreno-Sarmiento, N., Vinchira-Villarraga, D. M., y Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2-5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.80860>

## ANEXOS

### Análisis de la varianza

#### Incidencia I.V

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Incidencia I.V	125	0,14	0,08	19,19

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,94	8	1,24	2,41	0,0193
Tratamientos	4,69	4	1,17	2,27	0,0658
Repetición	5,25	4	1,31	2,54	0,0434
Error	59,87	116	0,52		
Total	69,81	124			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56310

Error: 0,5161 gl: 116

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5 Testigo	4,00	25	0,14 A
T4 Paecilomyces 300	3,92	25	0,14 A
T3 Paecilomyces 150	3,72	25	0,14 A
T1 Metarhizium 150	3,60	25	0,14 A
T2 Metarhizium 300	3,48	25	0,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Mazorcas Afectadas (T)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Mazorcas Afectadas (T)	125	0,40	0,36	19,62

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,94	8	4,99	9,66	<0,0001
Tratamientos	32,85	4	8,21	15,89	<0,0001
Repetición	7,09	4	1,77	3,43	0,0109
Error	59,95	116	0,52		
Total	99,89	124			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56348

Error: 0,5168 gl: 116

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5 Testigo	4,52	25	0,14 A
T3 Paecilomyces 150	3,96	25	0,14 A B
T4 Paecilomyces 300	3,44	25	0,14 B C
T1 Metarhizium 150	3,28	25	0,14 C
T2 Metarhizium 300	3,12	25	0,14 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Análisis de la varianza

### Mortalidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Mortalidad	105	0,58	0,55	95,17

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,32	8	4,92	16,62	<0,0001
Tratamientos	38,67	4	9,67	32,68	<0,0001
Repetición	0,65	4	0,16	0,55	0,6973
Error	28,39	96	0,30		
Total	67,71	104			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46663

Error: 0,2958 gl: 96

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 Metarhizium 300	1,67	21	0,12 A
T1 Metarhizium 150	0,71	21	0,12 B
T4 Paecilomyces 300	0,43	21	0,12 B C
T3 Paecilomyces 150	0,05	21	0,12 C
T5 Testigo	5,7E-04	21	0,12 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Moralidad trans

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Moralidad trans	105	0,59	0,55	2,03

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	8	0,01	17,19	<0,0001
Tratamientos	0,06	4	0,01	33,78	<0,0001
Repetición	1,0E-03	4	2,6E-04	0,60	0,6662
Error	0,04	96	4,3E-04		
Total	0,10	104			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01784

Error: 0,0004 gl: 96

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2 Metarhizium 300	1,06	21	4,5E-03 A
T1 Metarhizium 150	1,03	21	4,5E-03 B
T4 Paecilomyces 300	1,02	21	4,5E-03 B C
T3 Paecilomyces 150	1,00	21	4,5E-03 C
T5 Testigo	1,00	21	4,5E-03 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Medias población inicial resumen

Tratamientos	Resumen	Inicial
T1 Metarhizium 150	Media	3,60
T2 Metarhizium 300	Media	3,40
T3 Paecilomyces 150	Media	3,00
T4 Paecilomyces 300	Media	3,60
T5 Testigo	Media	3,60

Tratamientos	Repetición	Incidencia I.V	Mortalidad	Mazorcas Afectadas(T)
T1 Metarhizium 150	1	3	0	3
T2 Metarhizium 300	1	2	0	4
T3 Paecilomyces 150	1	3	0	3
T4 Paecilomyces 300	1	4	0	4
T5 Testigo	1	4	0	4
T1 Metarhizium 150	2	4	0	3
T2 Metarhizium 300	2	4	0	3
T3 Paecilomyces 150	2	2	0	2
T4 Paecilomyces 300	2	4	0	4
T5 Testigo	2	3	0	4
T1 Metarhizium 150	3	3	0	4
T2 Metarhizium 300	3	3	0	3
T3 Paecilomyces 150	3	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	3	3	0	3
T5 Testigo	3	4	0	3
T1 Metarhizium 150	4	4	0	3
T2 Metarhizium 300	4	3	0	2
T3 Paecilomyces 150	4	3	0	4
T4 Paecilomyces 300	4	3	0	3
T5 Testigo	4	4	0	4
T1 Metarhizium 150	5	4	0	3
T2 Metarhizium 300	5	5	0	3
T3 Paecilomyces 150	5	3	0	4
T4 Paecilomyces 300	5	4	0	3
T5 Testigo	5	3	0	3
<b>T1 Metarhizium 150</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
T2 Metarhizium 300	1	2	1	4
T3 Paecilomyces 150	1	3	0	4
T4 Paecilomyces 300	1	4	0	4
T5 Testigo	1	4	0	4
T1 Metarhizium 150	2	4	0	3
T2 Metarhizium 300	2	4	1	3
T3 Paecilomyces 150	2	2	0	2
T4 Paecilomyces 300	2	4	1	4
T5 Testigo	2	3	0	4
T1 Metarhizium 150	3	3	0	4
T2 Metarhizium 300	3	3	1	3
T3 Paecilomyces 150	3	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	3	3	0	3
T5 Testigo	3	4	0	4

T1 Metarhizium 150	4	4	1	3
T2 Metarhizium 300	4	3	1	2
T3 Paecilomyces 150	4	3	0	4
T4 Paecilomyces 300	4	3	0	3
T5 Testigo	4	4	0	5
T1 Metarhizium 150	5	4	1	3
T2 Metarhizium 300	5	5	1	3
T3 Paecilomyces 150	5	3	0	4
T4 Paecilomyces 300	5	4	0	3
T5 Testigo	5	3	0	3
T1 Metarhizium 150	1	3	1	3
T2 Metarhizium 300	1	2	1	4
T3 Paecilomyces 150	1	4	0	5
T4 Paecilomyces 300	1	4	0	4
T5 Testigo	1	4	0	4
T1 Metarhizium 150	2	4	0	3
T2 Metarhizium 300	2	4	2	3
T3 Paecilomyces 150	2	3	0	2
T4 Paecilomyces 300	2	4	0	4
T5 Testigo	2	4	0	5
T1 Metarhizium 150	3	3	0	4
T2 Metarhizium 300	3	3	2	3
T3 Paecilomyces 150	3	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	3	4	0	3
T5 Testigo	3	4	0	5
T1 Metarhizium 150	4	4	1	3
T2 Metarhizium 300	4	3	1	2
T3 Paecilomyces 150	4	4	0	5
T4 Paecilomyces 300	4	3	1	3
T5 Testigo	4	4	0	5
T1 Metarhizium 150	5	4	1	4
T2 Metarhizium 300	5	5	1	3
T3 Paecilomyces 150	5	3	0	3
T4 Paecilomyces 300	5	4	0	3
T5 Testigo	5	3	0	4
T1 Metarhizium 150	1	3	1	3
T2 Metarhizium 300	1	3	2	5
T3 Paecilomyces 150	1	4	0	5
T4 Paecilomyces 300	1	4	0	4
T5 Testigo	1	4	0	5
T1 Metarhizium 150	2	4	0	3

T2 Metarhizium 300	2	4	2	3
T3 Paecilomyces 150	2	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	2	4	1	4
T5 Testigo	2	4	0	5
T1 Metarhizium 150	3	3	0	4
T2 Metarhizium 300	3	3	2	3
T3 Paecilomyces 150	3	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	3	4	0	3
T5 Testigo	3	5	0	6
T1 Metarhizium 150	4	4	1	3
T2 Metarhizium 300	4	3	1	2
T3 Paecilomyces 150	4	5	0	5
T4 Paecilomyces 300	4	4	1	3
T5 Testigo	4	5	0	5
T1 Metarhizium 150	5	4	1	3
T2 Metarhizium 300	5	5	2	3
T3 Paecilomyces 150	5	4	0	4
T4 Paecilomyces 300	5	5	1	3
T5 Testigo	5	4	0	4
T1 Metarhizium 150	1	3	2	4
T2 Metarhizium 300	1	3	3	5
T3 Paecilomyces 150	1	5	0	5
T4 Paecilomyces 300	1	4	1	4
T5 Testigo	1	4	0	5
T1 Metarhizium 150	2	4	1	3
T2 Metarhizium 300	2	4	2	4
T3 Paecilomyces 150	2	4	0	5
T4 Paecilomyces 300	2	4	1	4
T5 Testigo	2	5	0	5
T1 Metarhizium 150	3	3	1	4
T2 Metarhizium 300	3	3	3	3
T3 Paecilomyces 150	3	5	0	4
T4 Paecilomyces 300	3	5	0	3
T5 Testigo	3	5	0	6
T1 Metarhizium 150	4	4	1	3
T2 Metarhizium 300	4	3	3	2
T3 Paecilomyces 150	4	5	1	5
T4 Paecilomyces 300	4	4	1	3
T5 Testigo	4	5	0	6
T1 Metarhizium 150	5	4	2	3
T2 Metarhizium 300	5	5	3	3

T3 Paecilomyces 150	5	5	0	4
T4 Paecilomyces 300	5	5	1	4
T5 Testigo	5	4	0	5

**Anexo 1. Datos tomados para análisis del estudio.**

<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>		<b>T5</b>
<b>T5</b>		<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>
<b>T4</b>		<b>T5</b>		<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>
<b>T3</b>		<b>T4</b>		<b>T5</b>		<b>T1</b>		<b>T2</b>
<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>		<b>T5</b>		<b>T1</b>

**Anexo 2. Tratamientos**  
 Elaborado por: Guevara, 2024



**Anexo 3. Delimitación de los tratamientos inicio del proyecto (10/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



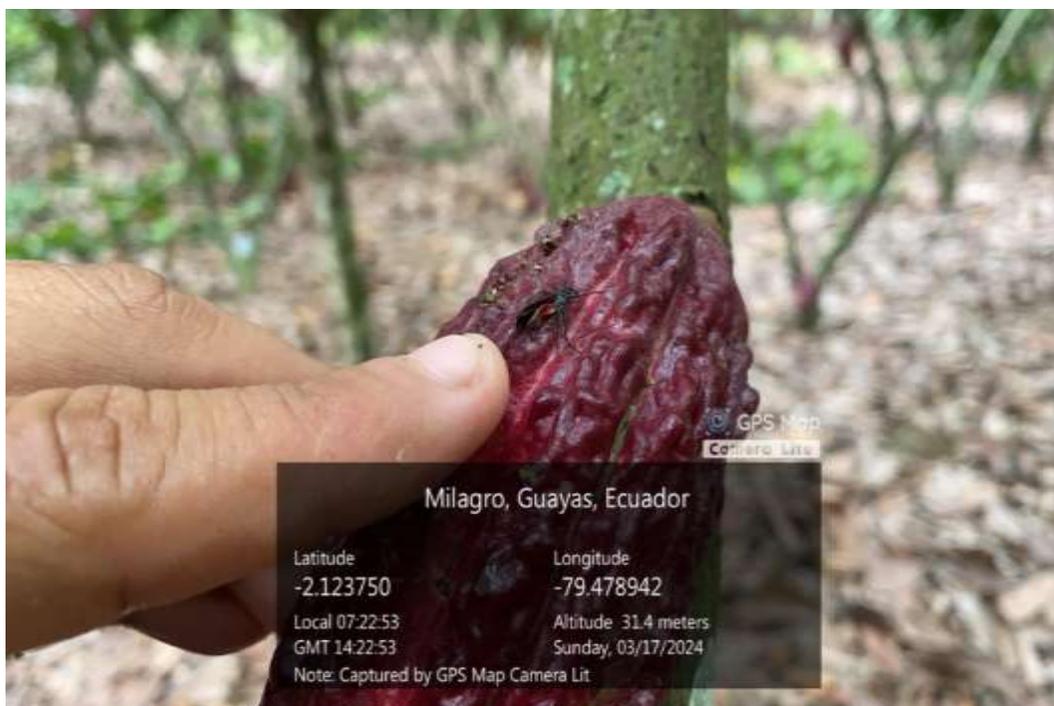
**Anexo 4. Productos a utilizarse (*Paecilomyces spp* y *Metarhizium spp*), (10/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 5. Aplicación de hongos entomopatógenos de manera foliar (10/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 6. Monitoreo del (*Monalonion spp*) en mazorca del cacao, (17/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 7. Presencia del *Monalonion spp* afectado por entomopatógeno, (17/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 8. Aplicación de entomopatógenos, (17/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



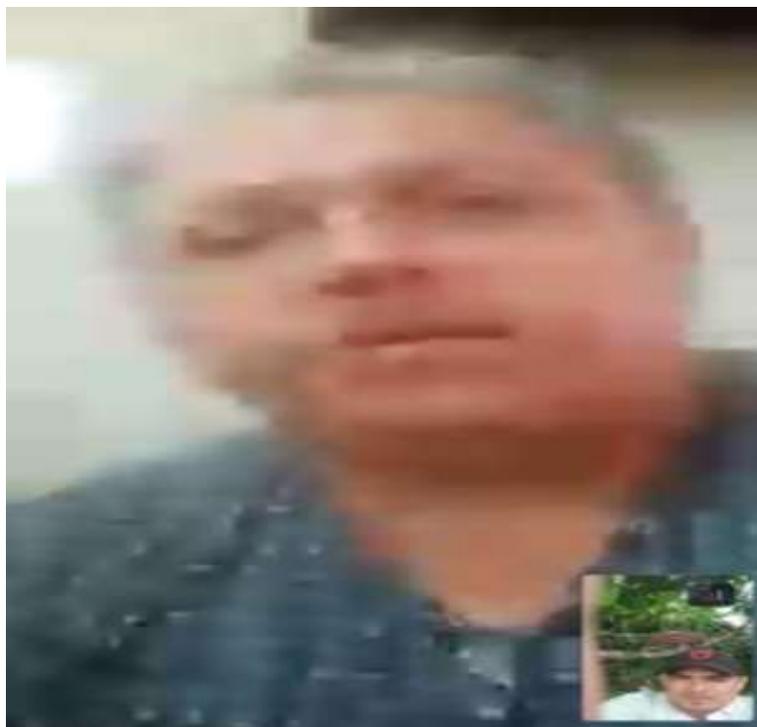
**Anexo 9. Monitoreo de afectación de mazorca por (*Monalonion spp*), (24/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 10. Afectación en poca proporción de mazorcas, (24/06/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 11. Aplicación de entomopatógenos, (24/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



**Anexo 12. Video llamada e instrucciones dadas por tutor el Ing. Braulio Carrera (31/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024**



Anexo 13. Monitoreo de daño a mazorcas por insecto (*Monalonion spp*), (31/03/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024



Anexo 14. Toma de datos insectos muertos y daño de mazorca  
Elaborado por: Guevara, 2024



Anexo 15. Indicaciones del Dr. César Morán a cerca de los daños producidos por (*Monalonion spp*), (04/07/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024



Anexo 16. Culminación de proyecto tesis, (04/07/24).  
Elaborado por: Guevara, 2024