



**Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Alurnus humeralis* en
el cultivo de palmito**

Morales Basantes, Victor Alfonso

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Falconí Saá, César Eduardo Ph. D

29 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: “**Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Alurnus humeralis* en el cultivo de palmito**” fue realizado por el señor **Morales Basantes, Victor Alfonso**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de enero de 2023



.....
Ing. Falconí Saá, César Eduardo Ph. D

C. C. 0601556459

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenido

29/1/23, 2:23

correccion urkund

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión de tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

VICTOR ALFONSO MORALES BASANTES

NOMBRE DEL ARCHIVO

correccion urkund

SE HA CREADO EL INFORME

29 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	1	0,1 %
Fragmentos citados o entrecuillados	0	0 %
Coincidencias de la Web		
cipotato.org	1	0,2 %



.....
Ing. Falconí Saá, César Eduardo Ph. D

C. C. 0601556459



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Morales Basantes, Victor Alfonso**, con cédula de ciudadanía n° 1721071635, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Alurnus humeralis* en el cultivo de palmito** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 29 de enero de 2023

.....
Morales Basantes, Victor Alfonso

C.C. 1721071635



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Morales Basantes, Victor Alfonso**, con cédula de ciudadanía n° 1721071635, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Alurnus humeralis* en el cultivo de palmito** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 29 de enero de 2023

.....
Morales Basantes, Victor Alfonso

C.C. 1721071635

Dedicatoria

A mi madre y hermanos por estar en los momentos más difíciles de mi vida, por creer en mí, por motivarme y darme todo su amor.

Agradecimientos

Agradezco A Dios por no dejarme, por dar luz a mí camino y brindarme la fuerza necesaria para enfrentar todos los inconvenientes que sucedieron a lo largo del trayecto.

A mi madre Elsa Basantes por nunca desampararme y estuvo junto a mí siempre, por su cariño, amor, apoyo y confianza.

A mis hermanos Erika y Christian, y a mi padre Alfonso por sus fuerza, amor y lealtad. Por sus consejos y siendo mi pilar.

A mi mejor amigo Augusto, por ser el hermano mayor, por ser mi maestro, por estar ahí siempre, por no abandonarme y ser la mejor persona.

A mis profesores Dr. Cesar Falconi, Ing. Claudio por las enseñanzas que fueron para mí, por sus consejos y sabiduría y el tiempo que invirtieron para que termine con el proyecto de investigación.

A mis amigos Siomara y Tamara por haber sido una apoyo incondicional y parte importante en mi vida universitaria por su confianza y apoyo incondicional en todo momento

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación:.....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenido.....	3
Responsabilidad de autoria.....	4
Autorizacion de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	13
Abstract.....	14
CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
Antecedentes.....	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
<i>General.....</i>	<i>17</i>
<i>Específicos.....</i>	<i>17</i>
Hipótesis.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO REFERENCIAL.....	18
Cultivo de Palmito.....	18
Condiciones agroclimáticas.....	20
Requerimientos nutricionales del palmito.....	20
Periodo vegetativo.....	21
Plagas del cultivo de palmito.....	21
<i>Picudo de caña (Metamasius hemipterus).....</i>	<i>21</i>
<i>Alurnus humeralis.....</i>	<i>21</i>
Taxonomía.....	22
<i>Descripción del insecto en sus diferentes estados.....</i>	<i>22</i>
<i>Etiología del Gusano cogollero (A. humeralis).....</i>	<i>23</i>

Enfermedades del cultivo de palmito.	24
<i>Bacteriosis del palmito (Pantonea stewarti), (Fusarium sp)</i>	24
<i>Pudrición del cogollo o de la flecha (Phytophthora plamivora) (Erwinia chrysanthemi)</i>	25
Métodos para el control de plagas	26
Control cultural	26
Control biológico.....	26
<i>Parásitos</i>	26
<i>Depredadores</i>	26
<i>Hongos entomopatógenos</i>	26
<i>Relación patógeno- hospedero</i>	27
<i>Mecanismo de acción de un hongo entomopatógeno</i>	27
<i>Grupos de hongos entomopatógenos</i>	28
<i>Beauveria bassiana</i>	29
<i>Metarhizium anisopliae</i>	31
Control químico	32
<i>Cipermetrina</i>	32
<i>Manejo integrado de plagas</i>	32
CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA	33
Ubicación del ensayo	33
<i>Instalación del ensayo</i>	33
Reactivación de <i>B. bassiana</i>	34
Recuento de conidios.....	35
<i>Control de calidad en B. bassiana</i>	36
<i>Reactivación del M. anisopliae</i>	37
<i>Propagación de Beauveria bassiana y M. anisopliae en arroz</i>	37
<i>Prueba de pureza</i>	39
<i>Fase de campo</i>	39
Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> en el cultivo de palmito.....	39
<i>Dinámica poblacional</i>	40
<i>Evaluación del ensayo</i>	40
Tratamientos a comparar	41
Variables a evaluar	41
Análisis de información	42

CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS	43
Contenido de esporas	43
Evaluación de cada lote frente a los tratamientos realizados	44
Número de larvas	53
Número de adultos	54
CAPÍTULO IV	55
DISCUSIÓN	55
CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
Conclusiones	57
Recomendaciones	57
Bibliografía	58

Índice de tablas

Tabla 1 Nutrientes del palmito y su contenido de fibra.....	18
Tabla 2 <i>Producción de palmito en el Ecuador</i>	19
Tabla 3 Requerimientos nutricionales del palmito (B. gasipaes).....	21
Tabla 4 <i>Taxonomía para el gusano cogollero (A. Humeralis)</i>	22
Tabla 5 <i>Duración de los diferentes estadios de desarrollo del gusano cogollero (A. humeralis)</i>	23
Tabla 6 <i>Hongos entomopatógenos y sus hospedantes</i>	29
Tabla 7 <i>Condiciones Favorables de crecimiento de B. bassiana</i>	30
Tabla 8 <i>Fases de colonización (B. bassiana)</i>	30
Tabla 9 <i>Descripción de los tratamientos dosis y aplicación</i>	34
Tabla 10 <i>Población de esporas de B. bassiana y M. anisopliae liberadas en el campo a lo largo de 7 aplicaciones, cada 15 días</i>	43
Tabla 11 <i>Resumen de mortalidad de larvas y adultos de A. humeralis por efecto de B. bassiana, M. anisopliae y Cipermetrina cada 15 días</i>	51
Tabla 12 <i>Media ± desviación estándar del nivel de infestación de larvas de A. humeralis por efecto de B. bassiana y M. anisopliae</i>	53
Tabla 13 <i>Media ± desviación estándar del nivel de infestación de adultos de A. humeralis por efecto de B. bassiana y M. anisopliae</i>	54

Índice de figuras

Tabla 1 Nutrientes del palmito y su contenido de fibra.....	18
Tabla 2 <i>Producción de palmito en el Ecuador</i>	19
Tabla 3 Requerimientos nutricionales del palmito (B. gasipaes).....	21
Tabla 4 <i>Taxonomía para el gusano cogollero (A. Humeralis)</i>	22
Tabla 5 <i>Duración de los diferentes estadios de desarrollo del gusano cogollero (A. humeralis)</i>	23
Tabla 6 <i>Hongos entomopatógenos y sus hospedantes.</i>	29
Tabla 7 <i>Condiciones Favorables de crecimiento de B. bassiana</i>	30
Tabla 8 <i>Fases de colonización (B. bassiana)</i>	30
Tabla 9 <i>Descripción de los tratamientos dosis y aplicación.</i>	34
Tabla 10 <i>Población de esporas de B. bassiana y M. anisopliae liberadas en el campo a lo largo de 7 aplicaciones, cada 15 días.</i>	43
Tabla 11 <i>Resumen de mortalidad de larvas y adultos de A. humeralis por efecto de B. bassiana, M. anisopliae y Cipermetrina cada 15 días.</i>	51
Tabla 12 <i>Media ± desviación estándar del nivel de infestación de larvas de A. humeralis por efecto de B. bassiana y M. anisopliae</i>	53
Tabla 13 <i>Media ± desviación estándar del nivel de infestación de adultos de A. humeralis por efecto de B. bassiana y M. anisopliae</i>	54

Resumen

Una plaga difícil de controlar la cual provoca daños importantes en la planta de palmito es el *A. humeralis* cuyo control con agroquímicos convencionales es costoso. En el presente trabajo se evaluó la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Alurnus humeralis* en el cultivo de palmito. La fase de laboratorio se realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE donde se efectuaron pruebas de reproducción y calidad de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* crecidos en medios de arroz. La fase de campo se realizó en la Hacienda María del Carmen. El experimento se dispuso en un diseño completamente al azar (DCA) con 3 réplicas. El efecto de los tratamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* a lo largo de siete aplicaciones se evaluó en base al nivel de infestación y porcentaje de mortalidad de *A. humeralis* comparado con un control químico (Cipermetrina). La dosis óptima media de aplicación de *Beauveria bassiana* fue de 2.85×10^9 UFC/g y de *Metarhizium anisopliae* 3.32×10^9 UFC/g. Luego de la quinta aplicación la población *A. humeralis* disminuyó el nivel de infestación en larvas con *B. bassiana* de (1.17 ± 0.38) , con *M. anisopliae* de (1.2 ± 0.26) y en adultos con aplicaciones de *B. bassiana* de (0.73 ± 0.31) , con *M. anisopliae* de (0.5 ± 0.35) . Finalmente, el porcentaje de mortalidad en larvas con *B. bassiana* fue de 86.3% y *M. anisopliae* de 86.6% en adultos con *B. bassiana* de 90.2%, con *M. anisopliae* de 90.5%.

Palabras clave: *Alurnus humeralis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, nivel de infestación, dinámica poblacional

Abstract

A. humeralis is a serious insect pest in palmito plant. It causes important damage to the palmito plant, which is costly to control with conventional agrochemicals treatments. The present study aims to evaluate the effect of applying *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control *Alurnus humeralis* in a palmito crop. The laboratory phase was carried out at the Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE where reproduction and quality tests of *B. bassiana* and *Metarhizium anisopliae* grown on rice media were performed. The field phase was implemented at Hacienda Maria del Carmen, Pedro Vicente Maldonado - Ecuador. The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD) with 3 replicates. The effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* treatments over seven applications was evaluated based on the level of infestation and percentage of mortality of *A. humeralis* compared to a chemical control (Cypermethrin). The mean optimum application rate was for 2.85×10^9 CFU/g for *Beauveria bassiana*, and 3.32×10^9 CFU/g for *Metarhizium anisopliae*. After the fifth application, the *A. humeralis* population decreased in terms of infestation level for larvae stage when using *B. bassiana* (1.17 ± 0.38) and *M. anisopliae* (1.2 ± 0.26); whereas *B. bassiana* applications (0.73 ± 0.31), and *M. anisopliae* (0.5 ± 0.35) for infestation by adults. In summary, the percentage of mortality in larvae stage was 86.3% when applying *B. Bassiana* and 86.6% using *M. anisopliae*; for adults the research showed a reduction in adult population of 90.2% using *B. bassiana*, and 90.5%, for *M. anisopliae* treatments.

Keywords: *Alurnus humeralis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, infestation level, population dynamics.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Según Villacis (1965) , en Ecuador por el año 1947, en la zona Costera el entomólogo Miguel Cevallos, observó y colectó el gusano chato o cogollero (*Alurnus humeralis* Rosemberg) en plantas de cocotero (*Cocus nucifera* L.). En el año 1958 Villacis (1965), afirma que, en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas, se realizaron registros de la presencia del gusano cogollero en plantas de palma de aceite.

Reyes (1990), indica que *A. humeralis* provoca daños en hojas jóvenes denominadas “flecha”, por lo tanto, este insecto en su fase larvaria provoca un daño entre un 30 a 50 % en el área foliar, reduciendo la capacidad fotosintética y por ende un crecimiento retardado de la planta. En su estado larval y adulto se considera una especie fitófaga la cual causa daños en palmeras y plantas de palmito por lo que su producción se evidencia con bajos estándares de cosecha, Zambrano (2015). Luego de un ataque del gusano cogollero en las hojas, las marcas que dejan productos de su fagocitación son un problema fitosanitario las cuales facilitan a contraer infecciones de *Pestalotia sp*, provocando necrosis en los tejidos.

Los problemas que desarrolla el control químico aumentaron en los últimos años por el cambio en los sistemas de cultivo, de igual manera el problema ambiental debido al uso de productos químicos ha provocado gran interés en la búsqueda de sistemas de control alternativo. El uso de microorganismos benéficos como hongos entomopatógenos, involucra una serie de fases que son indispensables para una producción masiva, desde la selección del materiales y medios de cultivo, así como la limpieza y desinfección cuyo objetivo principal es la obtención de cultivos puros de hongos que se aplican luego directamente en el cultivo.

Justificación

Los principales hospederos de *A. humeralis* son el Palmito y la Palma de aceite, causando daños importantes en las flechas y hojas jóvenes de la planta, reduciendo hasta un 50% en su área foliar, el daño permanente que causan las larvas que consumen el tejido de la flecha y la acumulación de excremento, ocasiona además problemas fitosanitarios lo que causa pudrición de la planta, esto deriva en producciones bajas y por tanto un crecimiento nulo o retardado de la planta, lo que afecta en la cosecha del tallo del palmito, Villacís (1965).

En el Ecuador, el uso de productos químicos en controles de fumigación son la principal causa de contaminación además de los gastos económicos que según Zambrano (2015), son del 35% del costo total de producción del cultivo, por lo cual, el manejo integrado de plagas se debe realizar con otros métodos, siendo el control biológico la mejor opción para reducir daños de la plaga y disminuir gastos en productos químicos.

Un control biológico es el uso de hongos benéficos los cuales controlan plagas y enfermedades. El uso de métodos biológicos para combatir plagas que afectan a diversos cultivos ha llevado a la búsqueda de microorganismos entomopatógenos y al desarrollo de métodos de producción en masa, con el fin de obtener preparados biológicos de bajo costo, los cuales puedan ser accesibles a la mayoría de los agricultores, Villacís (1965).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo pretende usar métodos alternativos para reducir la incidencia de *A. humeralis*, generando cambios en las producciones mediante la utilización de controles biológicos los cuales se dirigen a prácticas de agricultura sustentable, dentro de un sistema de producción eco amigable. Esto permitirá obtener cosechas estables de forma económicamente viable y socialmente aceptable con el ambiente, sin afectar las características del suelo y del medio ambiente contribuyendo a desarrollar herramientas innovadoras, así como nuevas estrategias para integrarlos en los programas, Villacís (1965).

Objetivos

General

Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la incidencia de *Alurnus humeralis* en plantas de palmito.

Específicos

Determinar la población de *A. humeralis* sobreviviente en hojas de palmito mediante un estudio de dinámica poblacional por efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae* cada 15 días durante 6 meses.

Cuantificar el daño en hoja de la planta causada por *A. humeralis* con y sin aplicaciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre *A. humeralis* sobre el cultivo de palmito.

Hipótesis

H1: Las plantas de palmito tratadas con hongos entomopatógenos presentaron menor infestación de *A. humeralis* que las plantas no tratadas.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Cultivo de Palmito

El palmito es una palmera nativa del trópico, que desde hace muchos años se cultiva en pequeñas comunidades indígenas. La variedad que predomina es la especie botánica *Bactris gasipaes* de la familia Arecaceae, conocida en el Ecuador como “Chontaduro” y en Costa Rica como “Pejibaye”.

La producción de palmito ha sido en menor escala como en huertos, pequeños terrenos, entre otros. En la actualidad se realiza una explotación tecnificada del cultivo por los derivados que produce al igual que por sus usos variados en el mercado.

La esencia del palmito está conformada por el tallo central lo que se considera el corazón de la planta, el mismo que es muy apetecido en el arte culinario, por lo que lo denominan un ingrediente exótico, y así su valor comercial es muy elevado en el mercado.

Su alto contenido de fibra el cual no contiene colesterol, además el hierro y calcio que son predominantes en su composición los hace muy saludables para el consumo humano (Tabla 1). El corazón del palmito es el producto en cual se consume y se degusta, el mercado internacional ha evolucionado y su consumo ha aumentado.

Tabla 1

Nutrientes del palmito y su contenido de fibra

Contenido Nutricional por 100 gr	
Composición	Cantidad
Humedad	91,7 gr
Proteínas	4,1 gr
Hidratos de carbono	2,6 gr
Grasas	0,6 gr
Fibra dietética	0,7 gr
Cenizas	1 gr
Calorías	27,5 cal
Carotenos	0,12 mg
Tiamina	0,04 mg
Riboflavina	0,12 mg

Contenido Nutricional por 100 gr	
Composición	Cantidad
Niacina	0,79 mg
A. Ascórbico	13 mg
Calcio	81 mg
Fosforo	109 mg
Hierro	1,50 mg

Nota. Autor: Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (2003).

Según datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (2021), estima que en el Ecuador existe una superficie cosechada de 5496 Has. dedicadas al palmito que producen 37.422 toneladas métricas del producto conocido como “Chontaduro” cosechando hasta cuarenta palmitos por palma, especialmente en la región sierra (Provincia de Pichincha al noroccidente) y costa (Santo Domingo de los Tsáchilas) con mayor área plantada y cosechada como indica en la tabla 2.

Tabla 2

Producción de palmito en el Ecuador

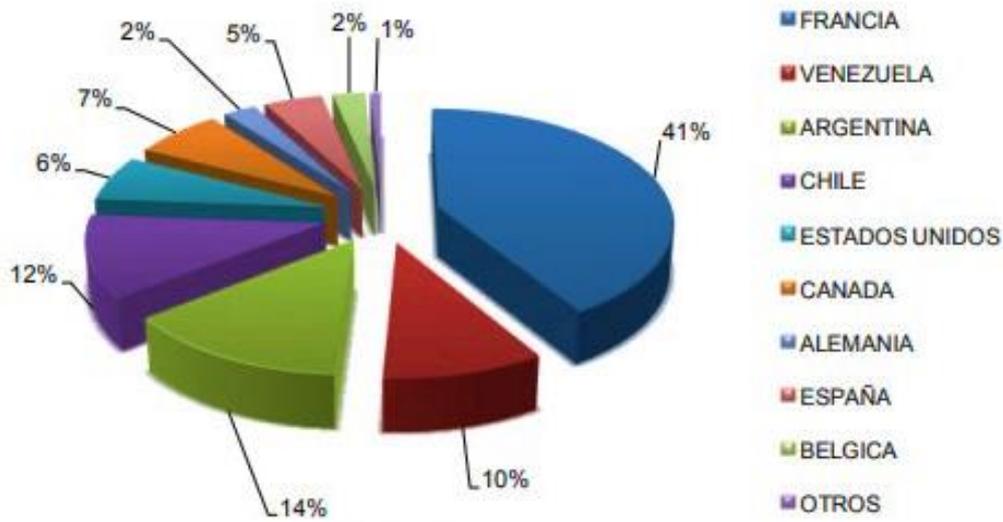
Región y Provincia	Superficie (Has.)		Producción (Tm.)	Ventas (Tm.)
	Plantada	Cosechada		
Total Nacional	7.439	5.496	37.422	37.421
Región Sierra	5.216	3.273	21.592	21.592
Región Costa	1654	1.654	12.541	12.540
Región Amazónica	570	570	3.288	3.288

Nota. Autor: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (2021).

Durante los últimos años, en el Ecuador el cultivo de palmito se ha incrementado a un 90.11 % considerándose un importe exportador a nivel mundial, principalmente dirigido a los mercados de Francia (41%), Venezuela (10%), Argentina (14%), Chile (12%) Estados Unidos (6%), entre otros (Figura1).

Figura 1

Principales destinos de las exportaciones de palmito en el Ecuador



Nota. Autores: Escola (2018); Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (2021).

Condiciones agroclimáticas

Según Bogantes *et al.*, (2004), las características climatológicas y agroecológicas para el cultivo del palmito son:

- Zona ecológica: Húmeda y tropical.
- Altitud óptima: 0-1.000 metros sobre el nivel del mar (altitud óptima: 600 msnm.).
- Luminosidad: exposición tres horas al día.
- Temperatura media: 24 a 28 °C
- Precipitación: 2.000 a 4.000 mm
- HR: 80%
- Suelos: Franco arenoso y el drenaje alto, el palmito es susceptible al exceso de agua.
- Resiste acidez.

Requerimientos nutricionales del palmito

El palmito extrae grandes cantidades de macro y micronutrientes del suelo. En la tabla 2 se

visualizan los nutrientes que el cultivo. Si los suelos no cuentan con las condiciones apropiadas, se debe realizar un programa de fertilización en el que se aplique 8 ciclos durante todo el año, la aplicación del fertilizante es a 40 a 50 cm de la planta, Molina *et al.*, (2002).

Tabla 3

Requerimientos nutricionales del palmito (B. gasipaes).

Elemento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Calcio
	(N)	(P ₂ O ₅)	(K ₂ O)	(MgO)	(CaO)
Kg/ha/año	200-250	20	160-200	50-100	400-500

Nota. Autor: Molina *et al.*, (2002).

Periodo vegetativo

El crecimiento de la palma es permanente, es decir, después del trasplante entre los 16 a 18 meses se puede cosechar palmito. Si se continúa con su crecimiento, al cuarto año iniciará la fructificación, con plantas de 3 a 4 metros de altura. Manteniendo la temperatura media ideal mayor a 25 °C y precipitación pluvial de 2500 mm/ año se podrá cosechar con anterioridad, Del Águila (2014).

Plagas del cultivo de palmito.

Picudo de caña (Metamasius hemipterus).

La larva y el adulto de este coleóptero comen los tejidos del tallo en descomposición, extendiéndose a partes sanas de la planta, penetrando hasta la base del tallo. El control para el picudo sedoso de la caña se puede realizar por trampeo, el uso de feromonas y atrayentes conocido como Metalure, eliminación de hojas secas, limpieza de heridas y aplicaciones de insecticidas (piretroides) y fungicidas (a base a azufre) Al igual que otros coleópteros, como el picudo negro de la caña (*Rhynchophorus palmarum*), son plagas que están relacionadas con la Bacteriosis, Ojeda (2004).

Alurnus humeralis.

Garbanzo *et al.*, (2018), afirman que no existían plagas presentes en el cultivo de palma, pero el avance y la expansión del cultivo surgen brotes de enfermedades y plagas las cuales son muy

fuertes y destructoras. Para considerarse una plaga se debe tomar en cuenta que el daño que provoca debe ser mayor al gasto para controlarlo; el control químico, el control biológico, el control cultural, entre otros métodos que se utilizan para combatir las plagas, Anwar (1994).

Garbanzo *et al.*, (2018), realizaron un experimento el cual se asemejaron a los daños causados por esta plaga la cual consume material foliar, realizaron una defoliación manual y al primer año se obtuvo un 50% de pérdida vegetal, obteniendo 40% de pérdida en la producción. El estudio demostró que había una pérdida aproximadamente a los diez meses, después de la defoliación y produjo aborto de las inflorescencias, además afectación en las hojas jóvenes y ataque principalmente en la flecha la cual se evidencia en un 50% de daño causado por esta plaga, causando disminución de crecimiento y por ende en su producción total.

Taxonomía.

Según Rosenberg & Frederick (1898), la clasificación taxonomía es:

Tabla 4

Taxonomía para el gusano cogollero (A. Humeralis)

Phylum:	Artrópoda
Clase:	Insecta
Orden:	Coleóptera
Suborden:	Poliphaga
Familia:	Chrysomelidae
Subfamilia:	Hispanae
Grupo:	Alurnini
Género:	Alurnus
Especie:	<i>A. humeralis</i> Rosemberg

Nota. Autores: Rosenberg & Frederick (1898).

Descripción del insecto en sus diferentes estados.

A. humeralis se encuentra en las hojas más jóvenes, en los peciolos y folíolos de las flechas, desarrollándose alrededor de 328 a 532 días en diferentes fases o estados de vida: huevo, larva, pupa y adulto, según como indica la tabla 5, atacando especialmente a

partir de los 15 a 20 meses de edad de la planta, Zambrano (2015).

Tabla 5

Duración de los diferentes estadios de desarrollo del gusano cogollero (A. humeralis)

Estado	Duración en días	Características
Huevo	23-43	Coloración: café claro a café cremoso Mide: 8 a 10 mm de longitud, 4 a 5 mm de ancho Forma: oval y achatado
Larva	221-254	Forma: Aplanada Coloración: marrón claro Mide: 43 mm de largo y 15mm de ancho
Prepupa	3-17	
Pupa	26-37	
Adulto	55-181	Color: Cabeza, antenas, y patas de color negro vistoso, protórax rojo, élitro amarillo verdoso con dos manchas bien diferenciadas Mide: 32 mm de largo y 12 mm de ancho (hembra de mayor tamaño)
Total	328-532	

Nota. Autor: Villacís (1965).

Etiología del Gusano cogollero (A. humeralis).

Villacís (1965), describe las siguientes etapas fisiológicas del gusano cogollero:

Oviposición: cuando la hembra copula con el macho, inmediatamente debe fecundar y posteriormente ovopositor en las hojas de la planta. El oviscapto vacío en los peciolos de las hojas y en ellos deposita los huevos los cuales son cubiertos por una sustancia amarilla gelatinosa que sirve de agarre los cuales poseen las siguientes dimensiones: de 8 mm a 10 mm de largo x 4 mm a 5 mm de ancho.

El tiempo de la hembra para ovopositor es de 8 a 30 minutos, además puede realizarse hasta dos veces al día, por lo general una hembra realiza de 5 a 6 oviposturas al mes, las oviposturas son depositadas en un 56% en el haz, un 40% en el envés y un 4% en la parte basal del haz de las hojas de la planta.

Larva: la larva se desarrolla en la planta por lo que no tolera la luz y permanece en las hojas todo su desarrollo; una vez eclosionase dirige hacia los peciolos en donde se alimenta, cuando se forma en su totalidad deja el cogollo, para dirigirse a la parte basal de las hojas más jóvenes. La larva

antes de su siguiente etapa que es la prepupa, se alimenta de la membrana primaria durante 2 o 3 días, luego se fija con una sustancia mucilaginosa que permite el agarre del abdomen, el cual se adhiere en la planta, donde toma la dirección de la cabeza frente al cogollo (Figura 2)

Prepupa y Pupa: cuando se desarrolla permanece estática y sin alimento, el 97% se fija en la parte basal del haz de los peciolos, el 1% en la parte basal del envés, el 1% en el tejido fibroso y el otro 1% en la flecha.

Adulto: cuando es adulto se alimenta de una misma planta, migra a otra cuando la misma ya no es fuente de alimentación, este insecto se alimenta en la mañana y en la noche con las hojas jóvenes. Cuando las temperaturas son muy elevadas se dirige a la parte del envés de las hojas donde puede descansar del calor en horas pico de la mañana (Figura 2).

Figura 2

Descripción de *A. humeralis*



Nota. a) huevos de *A. humeralis*, b) larva y pupa de *A. humeralis*, c) adulto de *A. humeralis*. Autor: Zambrano (2015); Autoría propia

Enfermedades del cultivo de palmito.

Bacteriosis del palmito (*Pantonea stewarti*), (*Fusarium sp*).

La enfermedad se presenta tanto en la producción de fruta que, en plantas jóvenes o adultas, iniciándose en los folíolos de la hoja con una pequeña mancha verde más oscura de su color característico, extendiéndose de forma longitudinal, cambiando a color café oscuro hasta producir necrosis de los tejidos afectados. Las necrosis en ocasiones presentan halos de color amarillo, secreciones gelatinosa y pústulas color café en el inferior de la hoja como indica la figura 3, Bogantes

et al., (2004). El control de esta enfermedad requiere una buena fertilización, deshierbe, poda de hojas enfermas y control de picudos.

Figura 3

Bacteriosis del palmito



Nota. (a,b) Síntomas intermedio y avanzado de Bacteriosis, c) Secreción gelatinosa y pústulas en el envés de la hoja.

Autor: Bogantes *et al.*, (2004)

Pudrición del cogollo o de la flecha (Phytophthora plamivora) (Erwinia chrysanthemi).

Al presentarse daños por *Phytophthora*, debido a la pudrición en la base, las hojas del cogollo (flecha) se tornan amarillas hasta llegar a secarse, extendiéndose al corazón o palmito caracterizándose de color pardo oscuro; en las hojas viejas presenta moho color gris que puede ser esparcidas por lluvia, viento e insectos, Bogantes *et al.*, (2004).

La pudrición en la base por *Erwinia* (*E. chrysanthemi*), presenta coloración amarilla a partir de la tercera o cuarta hoja de arriba hacia abajo, llegando a marchitarse y secarse. En el corazón o palmito la enfermedad se extiende hasta la base del tallo, presentando pudrición acuosa, Bogantes *et al.*, (2004).

El control para *Phytophthora* y *Erwinia* se realiza mediante prácticas culturales como: poda de tallos enfermos, mejora del drenaje y manejo de la nutrición, Bogantes *et al.*, (2004).

Métodos para el control de plagas

Control cultural

Es una táctica que permite reducir la cantidad de plagas mediante diferentes labores como: poda, rotación de cultivos, abonado, descanso del suelo, selección de semillas y destrucción de rastrojos, Zambrano (2015).

Control biológico

El control biológico es una técnica que permite la utilización de enemigos naturales contra poblaciones de insectos que perjudiquen a los cultivos tales como: parásitos, depredadores y patógenos, Zambrano (2015).

Parásitos.

Un Parasitoide, ataca a solo a una o especies relacionadas entre sí, introduciéndose en ellos y causándoles la muerte, como por ejemplo la avispa *Trichogramma sp.* que afecta a diferentes especies de lepidópteros (cogollero del maíz, gusano bellotero del algodón, entre otros) parasitando sus huevos, Zambrano (2015).

Depredadores.

Son organismos que se alimentan de sus víctimas, fundamentalmente atacando a diferentes especies, que estén relacionadas entre sí incluyendo en los órdenes Coleóptera, Díptera, Himenóptera, Hemíptera y Neuróptera, Zambrano (2015).

Hongos entomopatógenos.

Los hongos entomopatógenos constituyen un grupo con más de 750 especies de microorganismos filogenéticamente diversos tales como: heterotrófico, eucariotes, unicelulares o hifales, los cuales brindan servicios para sistemas agro-productivos o agroecológicos.

La pared celular de los hongos está formada por polisacáridos (80%), proteína (3-20%), lípidos, pigmentos y sales inorgánicas. El polisacárido no ramificado representativo de la pared celular es la quitina, la proteína conformada por galactosa y manosa y los lípidos constituidos por el C16 y C18 de 1 al 10 % de su peso seco, Alburqueque & Alburqueque (2008).

Relación patógeno- hospedero.

Los hongos entomopatógenos tienen la capacidad de regular las poblaciones de insectos dependiendo de la susceptibilidad del hospedero, ocasionando una infección por contacto y adhesión de esporas a las partes bucales, membranas intersegmentales o por espiráculos, sin la necesidad de ser ingeridos por el insecto para ser controlados, Espinel *et al.*, (2018).

La manifestación epizootica de los hongos entomopatógenos en el medio depende de factores bióticos (nutrimentos de los insectos) y abióticos (temperatura, humedad relativa, fungicidas y rayos ultravioleta) que en conjunto permiten la propagación, dispersión y persistencia del hongo sobre el hospedero mediante la activación de receptores presentes en el patógeno, Espinel *et al.*, (2018).

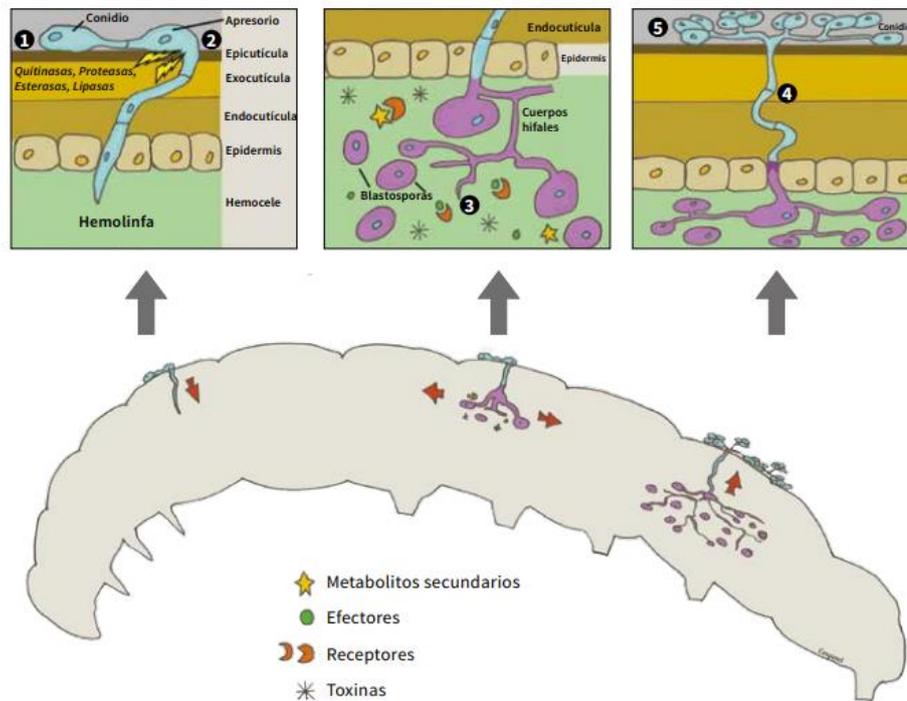
Mecanismo de acción de un hongo entomopatógeno.

El proceso infectivo inicia cuando las esporas viables se mantienen por contacto en la superficie del integumento hasta establecer un espacio favorable para formar túbulos germinales y en algunos casos el apresorio que permiten establecer la asociación entre patógeno- hospedero, mediante la excreción de enzimas hidrolíticas del hongo que degradan la cutícula mediante la combinación de la acción enzimática, la misma que se rompe debido a las altas concentraciones de glicerol (producto de la hidrolisis), provocada por gotas de lípidos trasladadas del conidio germinado, tales como proteasas, lipasas, quitina, lipasas, lipooxigenasas entre otras, permitiendo proporcionar los nutrientes necesarios para el hongo, Alburquerque & Alburquerque (2008).

Al estar dentro del hospedero el hongo prolifera formando cuerpos hifales secundarios que posteriormente se diseminan a través del hemocele al estar en la capa epidérmica y membrana basal, invadiendo diversas estructuras como tejidos, cuerpos grasos membrana nuclear y mitocondrias, que al agotarse los nutrientes inicia el hongo con un crecimiento micelial llegando a invadir todos los órganos del hospedero, finalizando su crecimiento al penetrar las hifas en la cutícula del insecto y emergiendo formando esporas (conidiógenas), proceso que se ilustra en la figura 4, Espinel *et al.*, (2018).

Figura 4

Esquema del proceso de infección de un hongo entomopatógeno.



Nota. 1) Conidio forma estructura de infección (apresorio) 2) Degradación de cutícula por acción enzimática del conidio germinado 3) Producción de blastosporas para colonización del hospedero en el hemocele 4) muerte del insecto y colonización del hongo 5) Se produce esporulación dependiendo de las condiciones ambientales. Autores: Espinel *et al.*, (2018).

Cabe recalcar, que el insecto puede activar su sistema inmune como la melanización, fagocitosis, nodulación y encapsulamiento, el momento en el que le hongo penetra la cutícula hasta el hemocele, quedando la hifa con los nutrientes necesarios o al contrario quedado con nutrientes que pueden inhibir el crecimiento del patógeno, Pucheta *et al.*, (2006).

Grupos de hongos entomopatógenos.

Los hongos verdaderos pertenecientes al grupo Mycota se subdividen en cuatro subgrupos *Deuteromycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*, las especies más utilizadas en el control microbiano se distribuyen especialmente en clase de los hifomicetos, entre los géneros más importantes son: *Aschersonia*, *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces* y

Verticillium como indica en la tabla 6, que en general se caracterizan por formar micelio originando esporas asexuales llamadas conidias, mediante las células conidiógenas especializadas, formando hifas simples o ramificadas llamadas conidióforos y en grupos llamadas synema, Alburqueque & Alburqueque (2008).

Tabla 6

Hongos entomopatógenos y sus hospedantes.

Subdivisión	Clase	Entomopatógenos	Hospedante
<i>Mastigomycotina</i>	<i>Chytridiomycetes</i>	<i>Coelomyces</i> Larvas	mosquitos
	<i>Oomycetes</i>	<i>Leptolegnia</i> <i>Lagenidium</i>	Larvas mosquitos
<i>Zygomycotina</i>	<i>Zygomycetes</i>	<i>Mucor</i>	Varios por heridas
		<i>Entomophthorales</i>	Diversos
<i>Ascomycotina</i>	<i>Plectomycetes</i>	<i>Ascosphaera</i>	Abejas
	<i>Pyrenomycetes</i>	<i>Cordyceps</i>	Varios
<i>Deuteromycotina</i>	<i>Coelomyces</i> <i>Hyphomycetes</i>	<i>Aschersonia</i>	Cochinillas y moscas
		<i>Beauveria</i>	blancas Varios
		<i>Culicinomyces</i>	Mosquitos
		<i>Hirsutella</i>	Ácaros
		<i>Metarhizium</i>	Varios
		<i>Nomuraea</i>	Noctuidos
		<i>Paecilomyces</i>	Varios
		<i>Tolypocladium</i>	Larvas
<i>Verticillium</i>	Mosquitos		

Nota. Autores: Alburqueque & Alburqueque (2008).

Beauveria bassiana.

B. bassiana hongo saprófito facultativo de la clase *Hyphomycetes*, el cual produce conidios esféricos, de apariencia polvosa, de color blanco algodonoso o amarillento cremoso, microscópicamente contienen hifas septadas que forman estructuras llamadas conidióforos, Noboa & Quelal (2015).

Tabla 7*Condiciones Favorables de crecimiento de B. bassiana*

Factor	Descripción
pH	Crecimiento entre 5,7 – 5,9
Temperatura	Crecimiento entre 25 – 30°C (mínimo de 10°C y máximo de 30°C)
Humedad	Alrededor del 94%
Necesidades Nutricionales	Sacarosa, fuentes de carbono (glucosa, almidón, pectina) y nitrógeno (peptona)

Nota. Autores: Espinel *et al.*, (2018)

El desarrollo de *B. bassiana* se produce cuando las condiciones son favorables (ambiente húmedo y cálido) (tabla 7), presentándose dos formas distintas de infección: patogénica, que se efectúa sobre los insectos, mediante mecanismos físicos y químicos, ocasionando la llamada enfermedad muscardina blanca que da el aspecto de momificación al insecto infectado, produciéndose en ocho fases de colonización como indica la tabla 8; y la infección saprofitica que se efectúa sobre material vegetal en descomposición, mediante la producción de conidióforos, conidias y desarrollo miceliano, Espinel *et al.*, (2018).

Tabla 8*Fases de colonización (B. bassiana)*

Etapas de colonización del hongo entomopatógeno	
Adhesión	La primera acción sucede cuando la espóra entra en contacto con el insecto y se desarrolla en la superficie del mismo.
Germinación	Se forma un órgano que se fija y se origina un tubo germinativo, el órgano sujetador el apresorio que cumple la función de fijarse en el insecto. Para un desarrollo óptimo se requiere HR: 92% Y T: 23-25°C.
Penetración	Luego de los mecanismos físicos como son la adherencia en la superficie del insecto y químicos como la acción de enzimas, proteínas o lipasas, el hongo invade al insecto desde sus partes blandas.

Etapas de colonización del hongo entomopatógeno

Producción de toxinas	Una vez infectado el insecto, la reproducción se realiza en su interior con estructuras ramificadas que las cuales se expanden en todo el exoesqueleto. Aquí es donde se producen toxinas las que favorecen al desgase y ruptura del sistema inmunológico del patógeno, lo cual ayuda a la presencia del hongo dentro del insecto aquí se producen beauverolides, bassianolide, isarolides, etc.
Muerte del insecto	Inicia la fase saprofita una vez muerto el individuo.
Multiplicación y crecimiento	Se multiplican las hifas en el organismo muerto por lo que es una reacción en cadena, el crecimiento se desplaza por todo el insecto, el cual otorga mayor durabilidad ante la descomposición del mismo. Al final obtiene un estado muy similar a una momificación.
Penetración del interior hacia el exterior	En las partes blandas acceden los hongos, cuando las condiciones de temperatura son idóneas.
Producción de nuevas unidades reproductivas	Cuando las condiciones son excelentes inician una nueva reproducción a partir de conidios.

Nota. Autor: Villacís (1965)

Metarhizium anisopliae.

Metarhizium es de una coloración verdosa, la reproducción se realiza por conidios las cuales nacen de hifas ramificadas por lo que se denomina una reproducción asexual. La principal función es ingresar por las partes blandas del insecto o a su vez por vía oral, cuando ingresan las esporas producen toxinas que producen un daño en el interior causando la muerte en máximo 4 días.

Los principales síntomas de la enfermedad son la pérdida de sensibilidad, movimientos y parálisis. Cuando se logra una invasión efectiva el insecto queda momificado y la producción de micelios se vuelven visibles los cuales por factores externos son transportados y así se moviliza en otro insecto, Espinel *et al.*, (2018). Por lo tanto, las fases que tiene son: germinación, apresor, órganos de penetración, establecimiento y multiplicación. El proceso inicia cuando la espora o conidio el cual se sujeta a la cutícula del insecto, y se forma un tubo germinativo para termina con un apresor, por otro lado, el tubo germinativo termina en un haustorio (hifa de penetración) los cuales ingresan al insecto

que van a colonizar.

La germinación ocurre dentro de 12 horas post-inoculación y la formación de apresorios sucede de 12 a 18 horas post-inoculación. En la penetración existen mecanismos físicos y químicos, el primero realiza una presión de la estructura de penetración, la cual fractura las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El segundo es una acción enzimática, proteasas, lipasas y quitinasas los cuales descomponen tejido en el lugar de inicio, facilitando el ingreso del hongo al escarabajo. Después de la penetración, las hifas se ensanchan y ramifican dentro del insecto, el cual coloniza la cavidad del cuerpo del insecto, esto pasa en 5 días.

Control químico

Cipermetrina.

Los palmicultores de la zona lo usan como un producto de fácil aplicación, mediante bombas manuales y de motor, a diferentes dosis y concentraciones según las especificaciones del cultivo, estos presentan un amplio espectro, con acción estomacal y de contacto perteneciente al grupo de piretroides sintéticos, con excelente actividad contra insectos como trips, defoliadores, minadores y áfidos, son insecticidas neurotóxicos de contacto e ingestión con una acción fulminante, Reyes (1990).

Manejo integrado de plagas

Afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2005), que son: "las técnicas y la integración de medidas que se adaptan a la población de plagas manteniendo el uso de plaguicidas con niveles económicos justificados que reducen la toxicidad para el medio ambiente y salud del humano" y los objetivos del MIP se detallan a continuación.

Objetivos del MIP

- Identificar el problema estableciendo el daño en el cultivo.
- Identificar las poblaciones de insectos mediante monitoreo.
- Controlar y reducir la plaga mediante la identificación del problema y el estado en que se encuentra el cultivo por la plaga

CAPÍTULO III

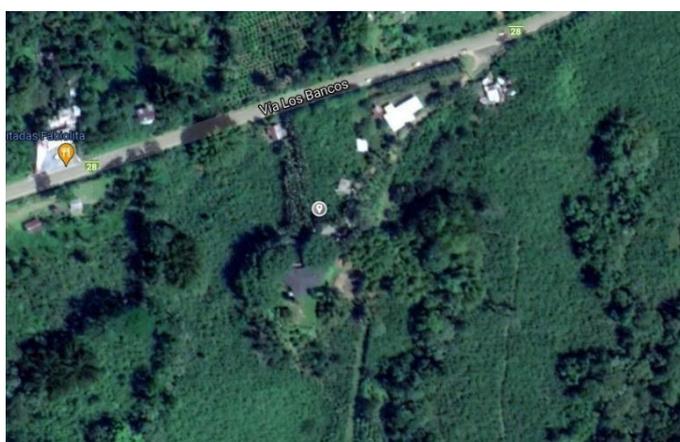
METODOLOGÍA

Ubicación del ensayo

La hacienda María del Carmen, se ubica en la subregión territorial del noroeste de la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia San Miguel de los Bancos, vía Calacalí-Independencia. La altitud es de 1150 msnm. La superficie es de 650 ha aproximadamente y pertenece al Gobierno Descentralizado de Pichincha. Las coordenadas son: UTM 0°10'00"N 79°00'00". Pedro Vicente Maldonado se ubica al norte con la Provincia de Imbabura, al sur con la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, al este con las parroquias de San Miguel de los Bancos y al oeste el cantón puerto Quito (Figura 5).

Figura 5

Ubicación geográfica de la hacienda María del Carmen



Nota. Google Maps (2022).

Instalación del ensayo

El cultivo de palmito se maneja con un sistema de camas de 2 metros entre calles y 1 metro entre plantas. Se verificó visualmente las zonas de mayor infección o focos de infección de *A. humeralis* en el cultivo de palmito y se realizó la toma de datos iniciales. En cada sitio seleccionado se implementó una parcela de 50 m² (1250 plantas) que correspondió a una unidad experimental, en total se establecieron 9 unidades experimentales. Los tallos seleccionados deben tener entre 12 y 15

cn de diámetro en su base y sobre estas estas unidades experimentales se distribuyeron en forma aleatoria los tratamientos descritos en la tabla 9.

Tabla 9

Descripción de los tratamientos dosis y aplicación.

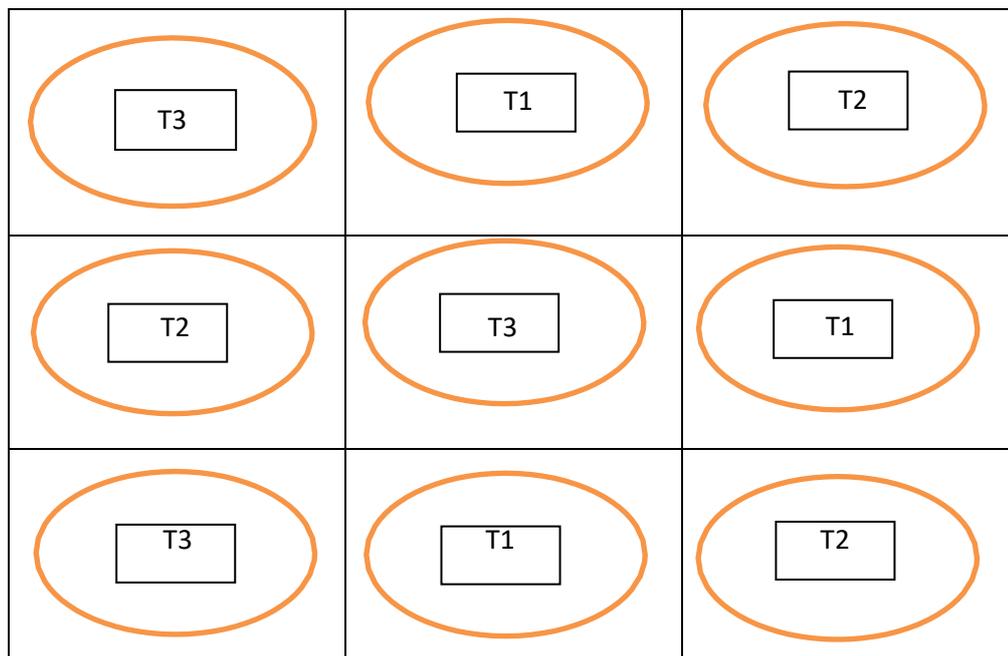
Tratamientos	Cantidad	Descripción
T1	1x10 ⁷ UFC/g	<i>B. bassiana</i> .
T2	1x10 ⁷ UFC/g	<i>M. anisopliae</i>
Testigo (T3)	0.30 Lt/Ha	Cipermetrina

Nota. Autoría propia

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. La disposición del experimento en el campo se muestra en la figura 6.

Figura 6

Croquis experimental en la hacienda María del Carmen



Nota. Autoría propia

Reactivación de *B. bassiana*

La Cepa de *B. bassiana* se obtuvo del laboratorio del IASA, hongo proporcionado por el tutor de tesis el cual se conservó en medio PDA. La cámara de flujo laminar se limpió con alcohol al 75% y

con lámpara UV-C durante 15 minutos con las medidas de bioseguridad pertinentes. Se utilizó un mechero para la esterilización del ambiente y reducir la contaminación de otros microorganismos, Falconí *et al.*, (2022).

Se disolvió 10ml de Tween en 90ml de agua destilada para hacer una solución Tween 20 al 0,1%, se tomó 1ml del resultado y se agregó 9 ml de agua destilada para hacer al 0,1%. Para preparar una suspensión de esporas del hongo *Beauveria bassiana*, se tomó un tubo eppendorf con 1ml de la solución Tween al 0,1% y se agregó una porción del hongo (trozo con medio), se llevó al agitador por 10 minutos para dispersar las esporas en la solución Tween. La inoculación del hongo entomopatógeno se realizó aplicando $1 \cdot 10^7$ UFC en cada caja Petri sobre medio PDA y finalmente se incubó por 72 horas en la cámara de crecimiento a una temperatura de 28°C.

Figura 7

Reactivación de *B. bassiana*



Nota. a) Selección de muestras para reactivación, b) vortex para homogenizar la suspensión. Autoría propia.

La evaluación se realizó tres días después de cada aplicación con la ayuda de un microscopio, se registró la presencia y caracterización de *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

Recuento de conidios

Luego de 72 horas de la siembra del hongo, se realizó una solución de conidios, se efectuó un raspado y se depositó sobre 1 ml de PBS (Phosphate Buffered Saline) contenido en un tubo de ensayo. Se homogenizó por 2 minutos, se realizaron diluciones sucesivas hasta llegar a $1 \cdot 10^{-9}$. Se

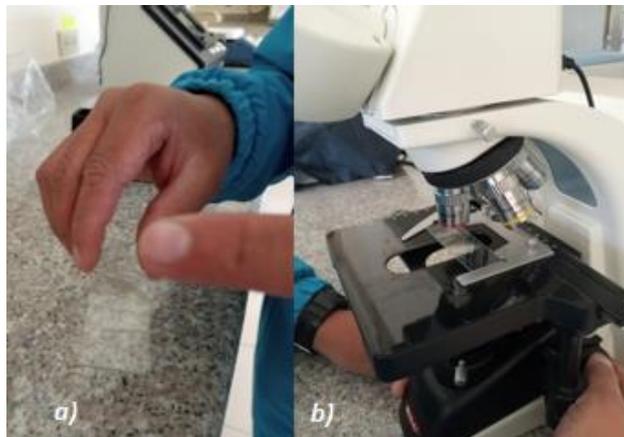
disolvió 10 ml de Tween en 90 ml de agua destilada para obtener una solución de Tween 20 al 0,1 %. Para preparar una suspensión de esporas de *Beauveria bassiana*, se tomó un tubo Eppendorf lleno con 1 ml de solución de Tween al 0,1%, donde se agregó una porción del hongo y colocando en un matraz durante 10 minutos para dispersar las esporas en la solución. Se Inoculó los hongos entomopatógenos aplicando $1 \cdot 10^7$ UFC en el medio PDA suspendida de conidios a cada placa de Petri y finalmente se incubó durante 72 horas en una cámara de crecimiento a 28 °C. Se contó las conidias seleccionadas (4 cuadros de los extremos y uno central).

Finalmente se determinó el número de conidias por ml y el número total de conidias utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \text{Número de esporas contadas} \cdot \text{Factor de dilución} \cdot \text{Factor de la cámara de Neubauer}$$

Figura 8

Recuento de conidios de Metarhizium



Nota. a) Extracción de conidios para conteo de esporas b) visualización en microscopio. Autoría propia.

Control de calidad en *B. bassiana*

El control de calidad para el hongo entomopatógeno se realizó mediante una prueba de dilución y plateo, las cuales se realizaron mediante un raspado del hongo que se encontraba en cajas Petri y se diluyó con 1 ml de PBS más solución Tween 20. Se utilizó vortex por 5 minutos, luego se

tomo 20 ul de solución y se realizó el conteo en la cámara Neubauer.

Reactivación del *M. anisopliae*

La Cepa de *M. anisopliae* se obtuvo de un producto comercial llamado BIO- METARHIZIUM, cepa natural, su concentración es $1 \cdot 10^9$ UFC, el cual se verificó por un control de calidad. Se desinfectó la cámara de flujo laminar con alcohol al 75% y con luz UV-C por 15 minutos con las medidas de bioseguridad pertinentes. Se utilizó un mechero para la esterilización del ambiente y reducir la contaminación de otros microorganismos, Falconí *et al.*, (2022).

Se envasó 100 ml de agua destilada y se esterilizó, se preparó tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada. Para la preparación de la suspensión de esporas del hongo escarabajo (*M. anisopliae*) se tomó un tubo eppendorf lleno con 1ml de la solución Tween, se agregó gotas extraídas del producto y luego se llevó al agitador durante 10 minutos.

La inoculación del hongo entomopatógeno se realizó aplicando $1 \cdot 10^7$ UFC de conidios en medio PDA y finalmente se llevó a incubar en la cámara de crecimiento a una temperatura de 28°C, por 72 horas proceso que se ilustra en la figura 9.

Propagación de *Beauveria bassiana* y *M. anisopliae* en arroz

Se aisló la cepa de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en cajas Petri con PDA y se dejó en incubación a 25°C por 15 días. Después de 15 días en fundas de plástico resistentes al calor, se agregó 80 gramos de arroz, se preparó una solución madre acidificada al 10% (en 9 ml de agua destilada, se agregó 1 g de ácido cítrico. Finalmente, se agregó 40 ml de agua acidificada en las fundas (a partir de materia prima acidificada al 10%, se tomó 2,5 ml y se añadió 1 litro de agua destilada el cual permite reducir el pH a 3,5.

Se cerraron las fundas con ligas, en paquetes de 10. Se llevó a auto clavar los paquetes a 121°C, 1.5psi, por 15 min. Las fundas fueron llevadas a la cámara de flujo laminar, hasta que alcancen la temperatura ambiente y posterior se las abrió. Las fundas de arroz fueron masajeadas, debido a que, al esterilizarlas, el arroz se compacta.

Se tomó una muestra de la cepa de *B. bassiana* y de *M. anisopliae*, utilizando un sacabocados, un disco de 5 mm de diámetro que contiene un fragmento de agar y el hongo benéfico. Se cerraron las fundas, con las ligas. Finalmente, se ingresó a la cámara de crecimiento de 7 a 15 días y una humedad relativa de 50 +- 10 %.

Para el día 20 al 30 se midió el crecimiento de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en sustrato del arroz, a partir del método de disolución y plateo mediante el método de estriado cuádruple proceso que se ilustra en la figura 9.

Figura 9

Propagación de Beauveria bassiana y M. anisopliae en arroz



Nota. a) aislamiento de la cepa de *B. bassiana* y *M. anisopliae* medio PDA día 1, b) Pesaje de 80 gr de arroz, c) Preparación de solución madre acidificada al 10%, d) Diez fundas resistentes al calor selladas con ligas e) Auto clavado de los paquetes a 121°C, 1.5psi, por 15 min, f) Colocación de las fundas preparadas en cámara de crecimiento de 7 a 15 días y una humedad relativa de 50 +- 10 %. (Día 15) g) Estriado cuádruple de *B. bassiana* y *M. anisopliae* (Día 22-32). Autoría propia.

Prueba de pureza

Se preparó PDA más cloranfenicol (39 gr por cada litro de agua), luego se diluyó el arroz el cual estaba cubierto con el hongo hasta que quedó completamente limpio, luego se mezcló durante unos minutos; se inoculó 20 µl de la dilución en una placa petri con PDA y esparció el inóculo con un asa de vidrio, como se muestra de la figura 10. Las cajas de Petri fueron incubadas a una temperatura de 28 °C, Falconi *et al.*, (2022)

Figura 10

Prueba de Pureza de M. anisopliae y B. bassiana



Nota. Unidades formadoras de colonias, prueba de pureza.

Autoría propia

Fase de campo

En esta fase se evaluó el nivel de infestación de *A. humeralis*, expuesto a la aplicación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* y posteriores estudios de dinámica poblacional para confirmar la sobrevivencia de los entomopatógenos y su asociación con el control de la plaga.

Aplicación de *Beauveria bassiana* y *M. anisopliae* en el cultivo de palmito

Las aplicaciones fueron en la plantación de palmito, en cada lote se tiene tanques de 200 lt los cuales son usados para realizar fumigaciones, en estos se preparó tanques de 70 L (regulado el pH

a 5,0 con ácido cítrico) con el concentrado de hongos. Cada funda de hongos contiene 100 gr lo que equivale a 1×10^9 UFC de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Las aplicaciones fueron de 2.85 gr de hongo por cada litro de agua, a una concentración de 1×10^7 UFC. La bomba usada para la aplicación del ensayo es una moto bomba SITHL de 6 regulaciones, se usó 70 litros por hectárea, para ello los equipos fueron calibrados previamente proceso que se ilustra en la figura 11.

Figura 11

Aplicación del hongo en campo



Nota. a) calibración de equipos, b) regulación de pH, c) fundas de arroz mezcladas con el hongo en los tanques de aplicación. Autoría propia.

Dinámica poblacional

La evaluación de la dinámica poblacional de *Alurnus humeralis*, se realizó cada 15 días, durante 6 meses. Se obtuvo del conteo de larvas y adultos, en 10 plantas en cada unidad experimental, las poblaciones iniciales que son: 523 adultos y 380 larvas. Con esto se pudo contabilizar su desarrollo que tiene a través del tiempo.

Evaluación del ensayo

La ejecución del ensayo se lo realizó antes de iniciar la aplicación de los tratamientos (semana 1), durante las semanas que se aplicó y al finalizar el ensayo en la semana 14.

El reporte de los datos evaluados fue registrado con una matriz de Excel en la cual consta la fecha, número de plantas, número de larvas, número de adultos, el porcentaje de daño en la planta

en la hoja, para posteriormente calcular el nivel de infestación y dinámica poblacional de *Alurnus humeralis*. Con los datos obtenidos, se realizó una prueba no paramétrica ($p > 0,05$).

Tratamientos a comparar

Los tratamientos se obtuvieron al relacionar la cepa de *B. bassiana* y *M. anisopliae* con el Agroquímico (Cipermetrina), resultando 2 tratamientos más un testigo. Donde cada tratamiento contó con 3 repeticiones y dentro de ellas 60 plantas evaluadas (repeticiones).

VARIABLES A EVALUAR

Se evaluó el nivel de infestación de la plaga y la dinámica poblacional de *A. humeralis*. Posteriormente se aplicaron los hongos entomopatógenos a punto de escorrentía y se evaluó el número de insectos presentes cada 15 días por un periodo de 3 meses. La última evaluación realizada correspondió a la población final de insectos. Para determinar el nivel de infestación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de infestación} = \frac{\text{Población inicial} - \text{Población final}}{\text{Población inicial}} * 100$$

Dónde:

Pi= Población inicial de *A. humeralis*.

Pf= Población final de *A. humeralis*.

Para la evaluación de la dinámica poblacional de *A. humeralis*, se recolectaron 10 g de hojas en las 10 plantas ubicadas en cada una de las unidades experimentales. Las muestras fueron llevadas al laboratorio y se prepararon una solución buffer de la cual se extrajeron cuatro submuestras de 1 g. Cada submuestra se depositó en Erlenmeyers de 100 ml que contienen 10 ml de solución salina (NaCl 0.5% + Tween 20), se agitaron con un agitador orbital a 100 RPM durante 1 minuto. Se mezclaron 1 ml de la suspensión madre con 9 ml de solución salina (dilución 10^{-1}) y un mililitro de la dilución 10^1 con 9 ml de solución salina y se obtuvo una dilución 10^{-2} y así sucesivamente hasta llegar a la dilución apropiada que permita fácilmente el recuento de esporas es 10^{-7} .

$$\text{Survival \%} = \frac{Nf}{Ni} * 100$$

Dónde:

N_i = CFU/g planta en suspensión antes de la aplicación,

N_f = CFU/g planta en cada tiempo de tratamiento Falconí *et al.*, (2022)

Una vez homogeneizada la mezcla, se tomará una gota con una pipeta Pasteur y colocará en el centro de la cámara de Neubauer; enseguida se colocará el cubreobjetos. Se obtuvo el valor numérico de 0,1 mm, se calculó el factor de corrección junto con el contenido de esporas para los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

Análisis de información

Las variables nivel de infestación y dinámica poblacional se analizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación). Para comparar las variables mencionadas entre tratamientos se realizó un (ANAVA) para un diseño completamente al azar (DCA), mediante el siguiente modelo matemático:

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

Dónde:

Y_{ij} = nivel de infestación

μ = Media general

A= Efecto de la i-ésima aplicación

e_{ij} = error experimental

Además, se realizaron pruebas de comparación no paramétrica al 5%. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico INFOSTAT.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Contenido de esporas

En la tabla 10, se puede evidenciar la cantidad de esporas de los dos controladores biológicos antes de cada aplicación. La población de *B. bassiana* fue de 2.85×10^9 UFC / g y de *M. anisopliae* 3.32×10^9 UFC/ g valores promedio que cumplen con el requisito mínimo (1×10^7 UFC / ul) de esporas viables capaces de colonizar y controlar una plaga, Rios *et al.*, (2020).

Tabla 10

Población de esporas de B. bassiana y M. anisopliae liberadas en el campo a lo largo de 7 aplicaciones, cada 15 días.

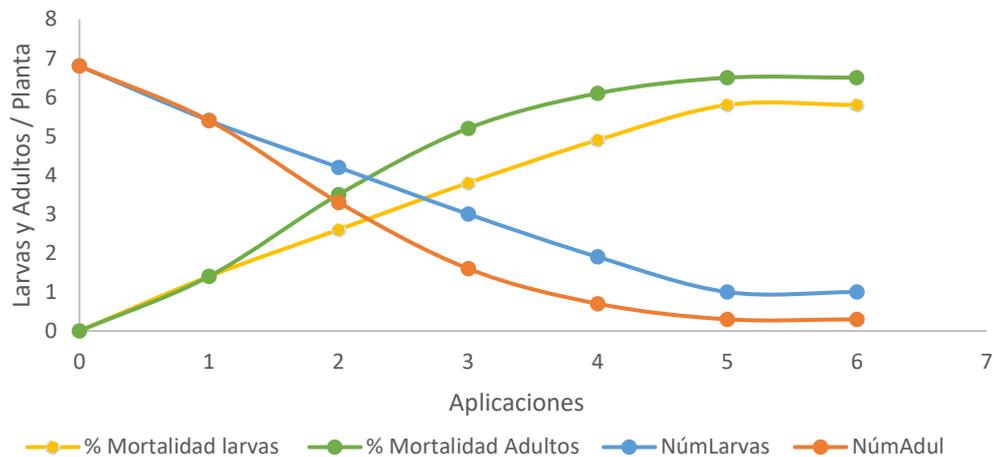
Número de aplicación	Cantidad de esporas	
	<i>Beauveria Bassiana</i>	<i>Metarhizium Anisopliae</i>
1	2.5×10^9 UFC/ul	5.5×10^9 UFC/ul
2	3.5×10^9 UFC/ul	3.5×10^9 UFC/ul
3	3.4×10^8 UFC/ul	2.5×10^9 UFC/ul
4	2.8×10^9 UFC/ul	2.8×10^9 UFC/ul
5	2.1×10^9 UFC/ul	2.9×10^9 UFC/ul
6	2.6×10^9 UFC/ul	3.15×10^9 UFC/ul
7	3.1×10^9 UFC/ul	2.9×10^9 UFC/ul

Nota. Datos obtenidos en laboratorio con un microscopio para el conteo de esporas en el líquido aplicado. Autoría propia.

Evaluación de cada lote frente a los tratamientos realizados

Figura 12

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Metarhizium anisopliae en el lote 1



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones. El porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

El índice de mortalidad de *A. humeralis* por efecto de dos hongos entomopatógenos cada 15 días a lo largo de seis aplicaciones se presentan en la Figura 12. La disminución del número de larvas y numero de adultos fue notoria y progresiva de acuerdo con el tratamiento de *Metarhizium anisopliae*. La población más alta se observó en la fecha 0 (primera aplicación). Con un valor de 6.8 larvas y adultos respectivamente, del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas y adultos se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación) con un promedio total de 1 larva y 0.3 adultos, obteniendo una reducción del 85.3 % en larvas y de 95.6% en adultos controladas con el tratamiento *Metarhizium anisopliae*.

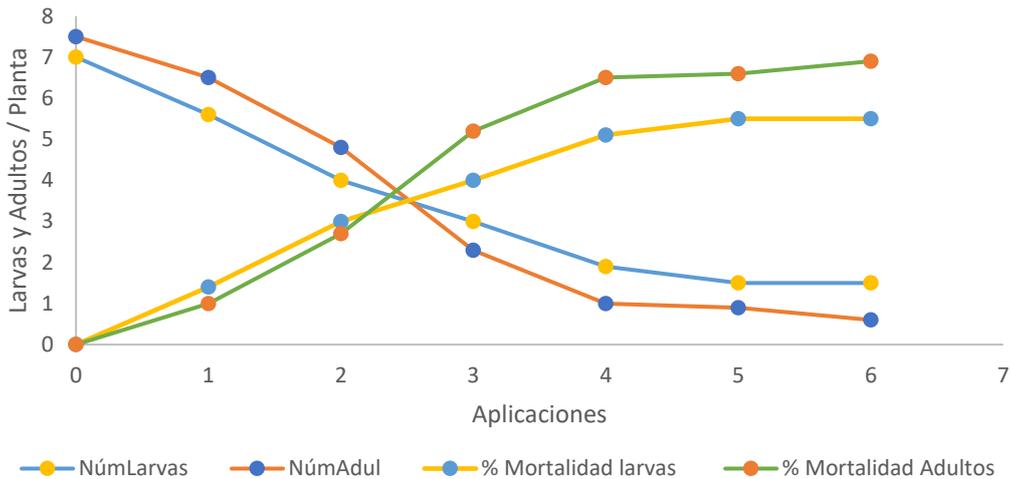
Para el nivel de infestación se presentan los resultados obtenidos los cuales fueron sometidos a diferentes fechas de aplicación, la figura 12 representa la reducción paulatina de número de larvas y número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *Metarhizium anisopliae*. El nivel de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos

respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 5.8 larvas y 6.5 adultos.

Figura 13

*Nivel de infestación y mortalidad de *Alurnus humeralis* por efecto de seis aplicaciones*

Metarhizium anisopliae en el lote 2



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

La Figura 13, presentan los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. La población más alta se presentó en la fecha 0 (primera aplicación), con un valor 7 larvas y de 7,5 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación).

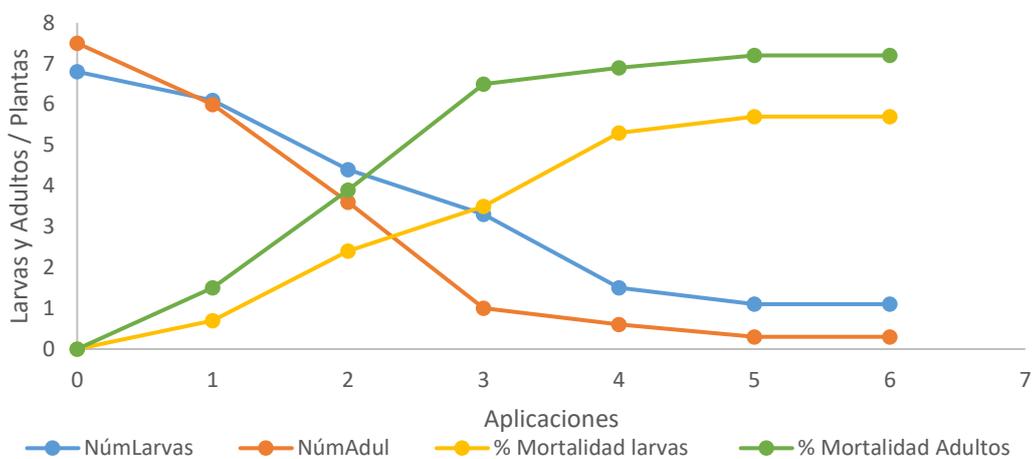
Por lo tanto, existió una reducción del 78.6 % en larvas y de 88% en adultos eliminadas con el tratamiento de *M. anisopliae*.

La figura 13 también muestra el nivel de infestación obtenido por efecto de las diferentes aplicaciones de *M. anisopliae*, representada por la reducción paulatina de numero de larvas y

numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento. El nivel inicial de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 5.5 larvas y 6.9 adultos.

Figura 14

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Metarhizium anisopliae en el lote 3.



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

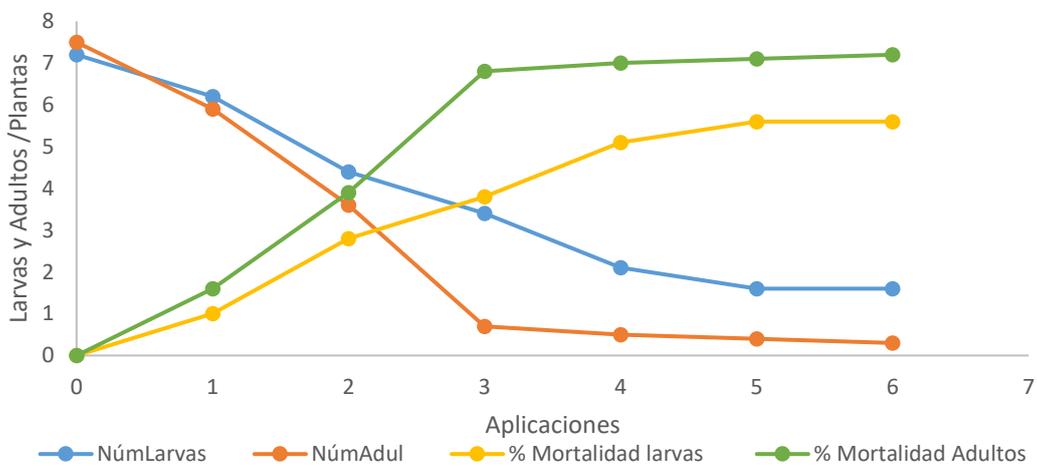
La Figura 14 presenta los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y representa la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. La población más alta se presentó en la fecha 0 (primera aplicación). Con un valor de 6.8 larvas y de 7,5 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación). por lo tanto, existió una reducción del 96 % en larvas y de 88% en adultos eliminadas con el tratamiento biológico de *M. anisopliae*.

La figura 14 también muestra el nivel de infestación obtenidos por efecto de las diferentes aplicaciones del hongo entomopatógeno observado una reducción paulatina de numero de larvas y

numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. El nivel de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 5.7 larvas y 7.2 adultos.

Figura 15

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Beauveria bassiana en el lote 4.



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

La figura 15 presenta los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y representa la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. La población más alta se presentó en la fecha 0 (primera aplicación).

Con un valor de 7.2 larvas y de 7,5 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación). por lo tanto, existió una reducción del 77.8 % en larvas y de 94.7% en adultos eliminadas con el tratamiento de *B. bassiana*.

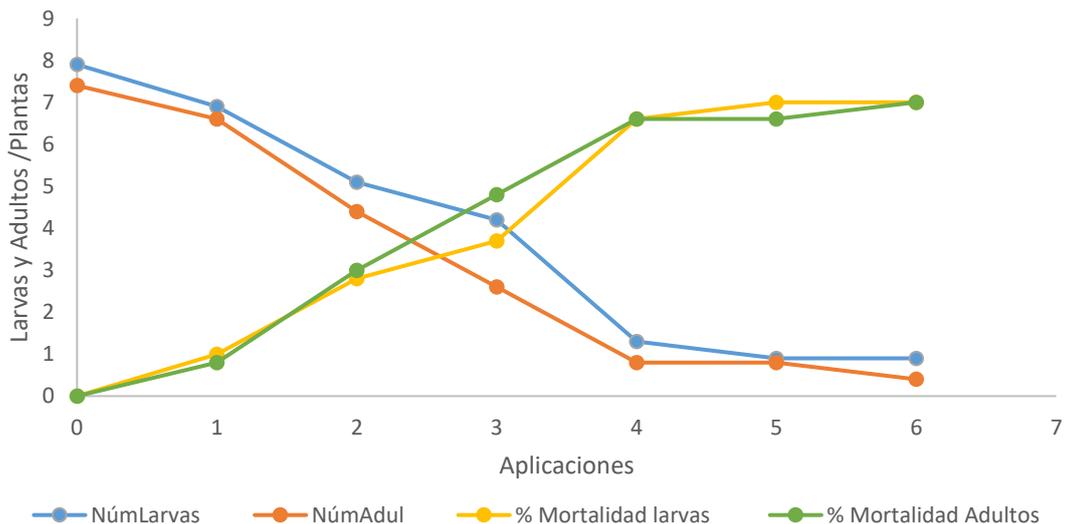
La figura 15 también muestra el nivel de infestación obtenidos por efecto de las diferentes

aplicaciones del hongo entomopatógeno observado una reducción paulatina de numero de larvas y numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*.

El nivel de infestación se presenta con la flecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 5.6 larvas y 7.2 adultos.

Figura 16

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Beauveria bassiana en el lote 5.



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

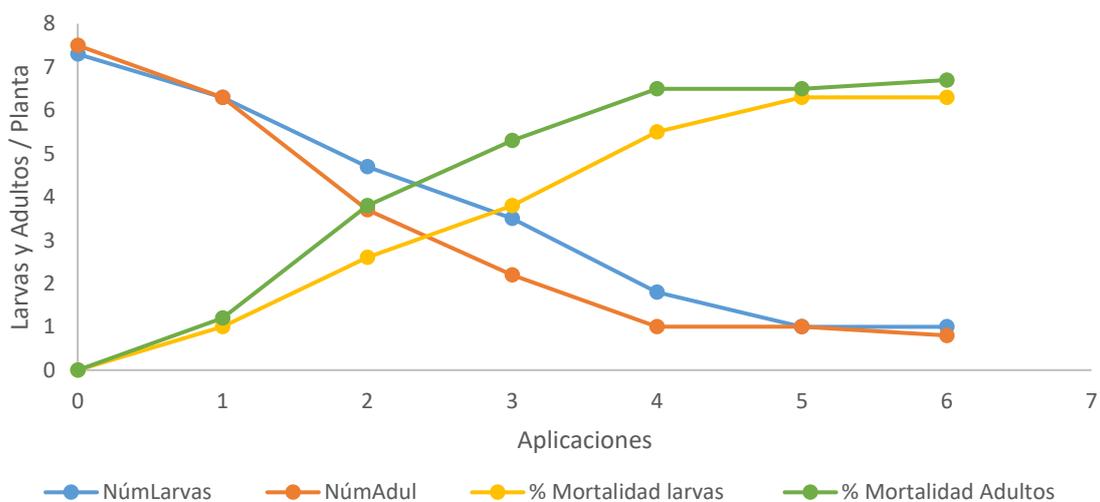
La figura 16 presenta los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y representa la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. La población más alta se presentó en la fecha 0 (primera aplicación). Con un valor de 7.9 larvas y de 7,4 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta

aplicación). por lo tanto, existió una reducción del 94.9 % en larvas y de 89.2% en adultos eliminadas con el tratamiento de *B. bassiana*.

La figura 16 también muestra el nivel de infestación obtenidos por efecto de las diferentes aplicaciones del hongo entomopatógeno observado una reducción paulatina de numero de larvas y numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. El nivel de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 7 larvas y 6.6 adultos.

Figura 17

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Beauveria bassiana en el lote 6.



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación. Autoría propia.

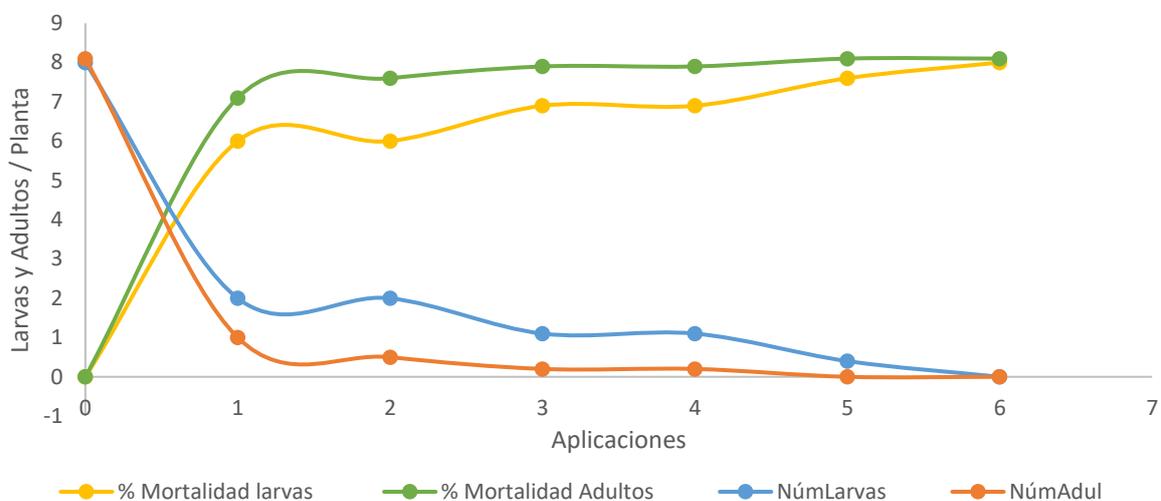
La figura 17 presenta los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y representa la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. La población más alta se presentó en la fecha 0 (primera aplicación). Con un valor de 7.3 larvas y de 7,5 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los

hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación). por lo tanto, existió una reducción del 86.3 % en larvas y de 86.7% en adultos eliminadas con el tratamiento de *B. bassiana*.

La figura 17 también muestra el nivel de infestación obtenidos por efecto de las diferentes aplicaciones del hongo entomopatógeno observado una reducción paulatina de numero de larvas y numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *M. anisopliae*. El nivel de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 6.3 larvas y 6.7 adultos.

Figura 18

Nivel de infestación y mortalidad de Alurnus humeralis por efecto de seis aplicaciones de Cipermetrina en el lote 7.



Nota. Cada uno de los puntos corresponden a una media de 10 observaciones con 3 repeticiones, además el porcentaje de mortalidad es una comparación con la quinta aplicación de cipermetrina 0.30 L/Ha. Autoría propia.

La figura 18 presenta los resultados obtenidos del índice de mortalidad sometidas a las diferentes fechas de aplicación y representa la disminución del número de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *Cipermetrina* con una dosis de 0.30 L/Ha. La población más alta se presentó en la

fecha 0 (primera aplicación). Con un valor de 8 larvas y de 8.1 adultos respectivamente del total de la primera aplicación de los hongos entomopatógenos, mientras que el menor número de larvas se presentó en la fecha 5 (sexta aplicación). por lo tanto, existió una reducción del 95 % en larvas y de 95.1% en adultos eliminadas con el tratamiento de *Cipermetrina*.

La figura 18 también muestra el nivel de infestación obtenidos por efecto de las diferentes aplicaciones del hongo entomopatógeno observado una reducción paulatina de numero de larvas y numero de adultos, de acuerdo con el tratamiento de *Cipermetrina*. El nivel de infestación se presenta con la fecha 0 (primera aplicación). con un valor de 0 larvas y adultos respectivamente, mientras que el número de larvas y adultos que se presenta se presenta en la fecha 5 (sexta aplicación) con una reducción promedio de 7.6 larvas y 8.1 adultos.

Tabla 11

Resumen de mortalidad de larvas y adultos de A. humeralis por efecto de B. bassiana, M. anisopliae y Cipermetrina cada 15 días.

Lote	tratamientos	% larvas muertas	% adultos muertos
1	M. a	85,3	95,6
2	M. a	78,6	88
3	M. a	96	88
		86,6	90,5
4	B. b	77,8	94,7
5	B. b	94,9	89,2
6	B. b	86,3	86,7
		86,3	90,2
7	Cipermetrina	95	95,1

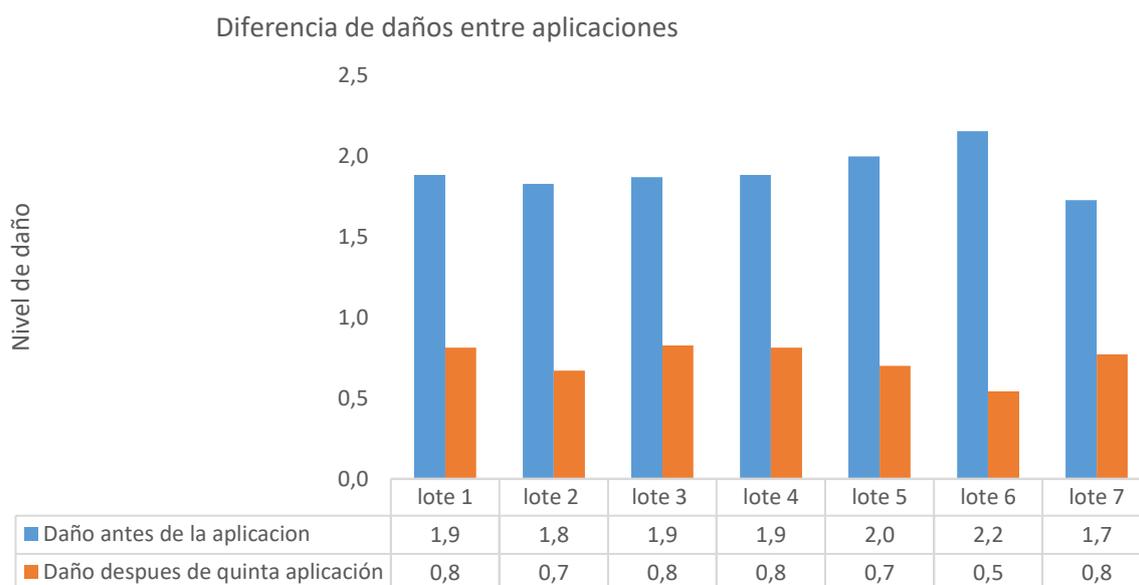
Nota. Dosis de Cipermetrina es de 0.30 L/Ha, M.a= *M. anisopliae*, B.b = *B. bassiana*. Autoría propia.

Se presenta los resultados obtenidos del nivel infestación sometidos a los diferentes tratamientos, la tabla 11, representa la disminución del número de larvas y adultos, comparado con el tratamiento de Cipermetrina. Se observa las comparaciones entre los tratamientos y el control químico es estadísticamente distinto. Teniendo 86.6% y 90.5 % de larvas y adultos muertos

sometidos a *M. anisopliae*, 86.3% y 90.2 % de larvas y adultos muertos para *B. bassiana* y finalmente el 95% y 95.1% de larvas y adultos muertos con el control químico.

Figura 19

Daño ocasionado por A. humeralis de los lotes evaluados con hongos entomopatógenos y un controlador químico.



Nota. Lotes 1, 2, 3 corresponden a aplicaciones con *M. anisopliae* y lotes 4, 5, 6 corresponden a aplicaciones de *B. bassiana* además en el lote 7 la aplicación fue de cipermetrina e dosis de 0.30 Lt/Ha, escala de daño evaluada 3= muy grave, 2= moderado, 1= leve. Autoría propia.

El daño producido por *Alurnus humeralis* controlado por *B. bassiana* en el lote 6 con valor promedio de 2.16 (moderado) valor más alto en la quinta aplicación disminuyo a un valor de 0,54 (leve), el controlador *M. anisopliae* en el lote 2 con un valor promedio de 1.88 (leve) valor más alto de la aplicación, en la quinta aplicación disminuyo a un valor de 0,81 (leve) además el control químico por Cipermetrina se evidencia en el lote 7 con un valor promedio de 1.73 (moderado) valor más alto, en la quinta aplicación disminuyó a un valor de 0,77 (leve); la efectividad del control químico con el control biológico son similares teniendo una reducción del lote 7 (testigo) en comparación con el lote 2 y 6 que son aplicaciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

Número de larvas

Tabla 12

Media \pm desviación estándar del nivel de infestación de larvas de *A. humeralis* por efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae*

Aplicaciones	Larvas					
	BB			M.A		
	Media	\pm	Media \pm D.E.	Media	\pm	Media \pm D.E.
0	7,47	\pm	0,38 bc	6,87	\pm	0,12 c
1	6,47	\pm	0,38 bc	5,7	\pm	0,36 bc
2	4,73	\pm	0,35 bc	4,2	\pm	0,20 bc
3	3,7	\pm	0,44 abc	3,1	\pm	0,17 abc
4	1,73	\pm	0,4 ab	1,77	\pm	0,23 ab
5	1,17	\pm	0,38 a	1,2	\pm	0,26 a
6	1,17	\pm	0,38 a	1,2	\pm	0,26 a

Nota. B.b = *Beauveria bassiana*; M.a = *Metarhizium anisopliae*. Medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente distintos ($\alpha > 0.05$) prueba no paramétrica para número de larvas con Bb ($h=18.87$; $p=0.0043$) y para M.a ($h=19.06$; $p=0.0039$). Los valores después del signo \pm corresponden a la desviación estándar de la media. Autoría propia.

En la tabla 12 se observa una disminución del nivel de infestación en el día 75, el mayor número de larvas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* es de 1.73 y 1.77 larvas respectivamente, los cuales no son estadísticamente distintos.

En la variable nivel de infestación no se aprecia diferencia entre los tratamientos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. El número de larvas ($h=18,87$, $p>0.0043$) a partir del día 0 hasta el día 75 después de la aplicación presentando un 84.3% de mortalidad de larvas con *B. bassiana* lo cual indica la eficacia de hongos. El controlador de *M. anisopliae* el número de larvas ($h=19.06$, $p>0.0039$) a partir del día 0 hasta el día 75 después de la aplicación, presentando un 82.5% de mortalidad de larvas.

Número de adultos

Tabla 13

Media \pm desviación estándar del nivel de infestación de adultos de *A. humeralis* por efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae*

Aplicaciones	Adultos					
	BB			M.A		
	Media \pm D.E.			Media \pm D.E.		
0	7,47	\pm	0,06 d	7,27	\pm	0,40 d
1	6,27	\pm	0,35 cd	5,97	\pm	0,55 cd
2	3,9	\pm	0,44 bcd	3,9	\pm	0,79 bcd
3	1,83	\pm	1,00 abc	1,63	\pm	0,65 abcd
4	0,77	\pm	0,25 ab	0,77	\pm	0,21 abc
5	0,73	\pm	0,31 ab	0,5	\pm	0,35 ab
6	0,5	\pm	0,26 a	0,4	\pm	0,17 a

Nota. B.b = *Beauveria bassiana*; M.a = *Metarhizium anisopliae*. Medias con letras diferentes pertenecen a grupos estadísticamente distintos ($\alpha > 0.05$) prueba no paramétrica para número de adultos B.b ($h=17.47$; $p=0.0075$) y para M.a ($h=18,71$; $p=0.0044$) para M.a. Los valores después del signo \pm corresponden a la desviación estándar de la media. Autoría propia.

En la tabla 13 se observa una disminución del nivel de infestación en el día 75, el mayor número de adultos con *B. bassiana* y *M. anisopliae* es de 0.77 adultos respectivamente, los cuales no son estadísticamente distintos.

En la variable nivel de infestación no se aprecia diferencia entre los tratamientos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. El número de adultos ($h=17.47$, $p > 0.0075$) a partir del día 0 hasta el día 75 después de la aplicación presentando un 90.22% de mortalidad de adultos con *B. bassiana* lo cual indica la eficacia de hongos. El controlador de *M. anisopliae* el número de adultos ($h=18.71$, $p > 0.0044$) a partir del día 0 hasta el día 75 después de la aplicación, presentando un 93.12% de mortalidad de adultos.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación con las concentraciones de conidios se puede evidenciar que *B. bassiana* fue de 2.85×10^9 UFC / ul y para *M. anisopliae* fue de 3.32×10^9 UFC/ml (tabla 10) que se manejaron para el control de *A. humeralis* fueron similares a los que menciona Caicedo & Fernández (2020), el producto terminado es considerado de buena calidad, cuando tiene una concentración superior de 1×10^8 UFC/g de sustrato lo cual asegurara la efectividad del producto para su aplicación en campo

B. bassiana y *M. anisopliae*, han sido objeto de estudio en una variedad de cultivos, en diferentes controles; Zambrano (2015), mencionó que *B. bassiana*-5a y *M. anisopliae* Ma-4 en concentración de 1×10^8 UFC/ml lograron disminuir 87,1% y 83,9% en la población de *B. bassiana* en 10 días y bajo condiciones de campo. Además, Rios *et al.*, (2020), verificaron la patogenicidad con distintas concentraciones de conidios para el control de ninfas de *B. tabaci* en *Solanum lycopersicum*, a una concentración de 6.1×10^7 conidios/ml y *M. anisopliae* con $9,5 \times 10^7$ conidios/ml.

El control de larvas aplicadas con *B. bassiana* en el periodo de 75 días (Quinta aplicación), fue 84.3% en el control de larvas de *A. humeralis* y en *M. anisopliae* fue de 82.5% de larvas controladas, fueron distintos comparados con Narváez *et al.*, (2001) los cuales afirmaron que no presentaron diferencia estadística en los tratamientos entre *B. bassiana* y *M. anisopliae* con valores de 23,8% y 28, 6% respectivamente en el control de larvas de *S. valida*.

El control de adultos aplicadas con *B. bassiana* en el periodo de 75 días (Quinta aplicación), fue 90.2% en el control adultos de *A. humeralis* y en *M. anisopliae* (tabla 11), fue de 93.1% de adultos controladas, los cuales fueron distintos a Caicedo & Fernández (2020), el cual menciona que obtuvo una reducción general de adultos 47.24 % de trips (*Frankliniella occidentalis*) en el cultivo de rosas aplicando aplicaciones realizadas con *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en la experimentación.

En comparación de este estudio el control de larvas con *M. anisopliae* fue de 82.5 %. A diferencia de Narváez *et al.*, (2001), quien afirma el mayor control de larvas de *S. valida* como mejor

resultado fue de con el 23.8%.

El tratamiento de *M. anisopliae* y *B. bassiana* respecto a *B. bassiana* fue de 2.85×10^9 UFC / ul y para *M. anisopliae* fue de 3.32×10^9 UFC los cuales obtuvieron porcentajes diferentes que los mencionado por Albuquerque & Albuquerque (2008), afirman que el control de adultos con *M. anisopliae* fue de un 97% y *B. bassiana* no sobrepaso de 47% con concentraciones 5×10^6 conidio/ ml respectivamente, los cuales difieren con los datos que se presentaron en este estudio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los hongos entomopatógenos evaluados durante 14 semanas presentaron una efectividad en el campo del 86.6% de mortalidad en larvas y en adultos el 90.5% con *M. anisopliae*, además el 86.3% de mortalidad en larvas y 90,2% de mortalidad en adultos con *B. bassiana*.
- El estudio de la dinámica poblacional de los dos tipos de hongos entomopatógenos sobre la población de sobrevivientes de *A. humeralis* demostró que el número de larvas con *B. bassiana* y *M. anisopliae* es de 1.73 y 1.77 larvas y el número de adultos con *B. bassiana* y *M. anisopliae* es de 0.77 adultos respectivamente evidenciando que los hongos entomopatógenos se adaptaron favorablemente a las condiciones del clima, humedad relativa, altitud y demás parámetros para controlar de forma adecuada la plaga de *A. humeralis*.
- El daño causado por *A. humeralis* con y sin aplicaciones de *B. bassiana* en el lote 6 en la quinta aplicación disminuyó a un valor de 0,54 (leve); *M. anisopliae* en el lote 2 en la quinta aplicación disminuyó a un valor de 0,81 (leve) y el control químico por Cipermetrina se evidencia en el lote 7 en la quinta aplicación disminuyó a un valor de 0,77 (leve).

Recomendaciones

- Usar *M. anisopliae* y *B. bassiana* en concentración de 1×10^7 UFC/ ml para un control efectivo de *A. humeralis*.
- Establecer el grado de compatibilidad de *M. anisopliae* y *B. bassiana* al ser aplicados en mezcla.
- Evaluar la viabilidad de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en períodos de tiempo más prolongados.

Bibliografía

- Alburquerque, E., & Alburquerque, E. (2008). Hongos Entomopatógenos: importante herramienta para el control de moscas blancas (homóptera). *Anais Da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 5(6), 209–242.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>
- Anwar, D. (1994). Estudio del manejo de plagas de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 15, 14.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/435>
- Bogantes, A., Agüero, R., & Mora, J. (2004). Guía del Cultivo del palmito de Pejibay: Distancias de siembra y manejo de malezas. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 185–192.
http://www.mag.go.cr/rev_meso/v15n02_185.pdf
- Caicedo, J., & Fernández, T. (2020). *Evaluación de la aplicación de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de trips (Frankliniella occidentalis) en rosas* [Tesis de Pregado, Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21410#:~:text=Los principales resultados indicaron que el aislamiento 1 de B.>
- Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2003). *Expansión de la oferta exportable del Ecuador, perfil del producto palmito*.
<https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/25685.pdf>
- Del Águila, E. (2014). *Fertilización con N~P-K aplicada en tres dosis en el cultivo de Pijuayo para palmito Bactris gasipaes h., en suelos ácidos - distrito de Pongo de Caimarachi provincia de Lamas* [Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto].
https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/654/1/TFCA_54.pdf
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020*.
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin Técnico ESPAC 2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin_Tecnico_ESPAC_2020.pdf)

Escola, J. (2018). *Palmito gana mercado*.

<https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/profiles/blogs/palmito-gana-mercado>

Espinel, C., Villamizar, L., Torres, L., & Cotes, A. (2018). Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga. *Agrosavia*, 1, 568.

https://www.researchgate.net/publication/329247684_Hongos_entomopatogenos_en_el_control_biologico_de_insectos_plaga

Falconí, C., Yáñez, V., & Claudio, D. (2022). Native *Bacillus subtilis* Strains Efficiently Control Lupin Anthracnose Both under Greenhouse and in Field Conditions. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information*, 12, 2519.

https://www.researchgate.net/publication/366543793_Native_Bacillus_subtilis_Strains_Efficiently_Control_Lupin_Anthracoese_Both_under_Greenhouse_and_in_Field_Conditions/citation/download

Falconí, C., Yáñez, V., & Claudio, D. (2022). Native *Bacillus subtilis* Strains Efficiently Control Lupin Anthracnose Both under Greenhouse and in Field Conditions. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information*, 12(6).

https://www.researchgate.net/publication/366543793_Native_Bacillus_subtilis_Strains_Efficiently_Control_Lupin_Anthracoese_Both_under_Greenhouse_and_in_Field_Conditions

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2005). *Manejo integrado de plagas en zonas extensas*. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0506sp1.htm>.

Garbanzo, G., Ramírez, F., & Molina, E. (2018). *Absorción de nutrimentos en palma aceitera variedad "Compacta X Ghana" en vivero* [Tesis de Pregrado, Universidad de Costa Rica]. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/rac.v43i1.35670>

Molina, E., Alvarado, A., Smyth, T., Alpízar, D., & Osmond, D. (2002). Respuesta del Pejibaye para palmito (*Bactris gasipaes*) al nitrógeno en andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 26(2), 31–42. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43626203.pdf>

Narváez, E., Peña, E., & Ramos, A. (2001). Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* (Bals. Vuill) y

- Metarhizium anisopliae (Metch). Sorokin en el control de Sagalassa valida Walker (Lepidoptera: Glyphipteigidae), barrenador de racies de Elaeis guineensis. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 18(2). <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1712>
- Noboa, G., & Quelal, A. (2015). *Diseño e implementación de un protocolo para mejorar la producción y conservación de beauveria bassiana y trichoderma harzianum como aporte a los productores de café orgánico de la asociación “río intag”, cantón cotacachi* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana_ Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9400/1/UPS-QT07115.pdf>
- Ojeda, H. (2004). *Evaluación de la eficiencia de la gallinaza sobre el ahijado y calidad comercial del tallo de palmito Bactris gasipaes* [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2584/1/T-ESPE-IASA I-002615.pdf>
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., & de la torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856–860. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901204.pdf>
- Reyes, J. (1990). *Utilización de los hongos entomopatógeno Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de Alurnus humeralis (Rosemberg) en palma africana*. [Tesis de Pregado, Universidad Técnica de Manabí]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3667/1/T-R456u.pdf>
- Rios, R., Vargas, J., Sánchez, J., Oliva, R., Alarcón, T., & Villegas, P. (2020). Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae como controladores compatibles y eficientes de insectos plaga en cultivos acuapónicos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000300419&script=sci_arttext
- Rosenberg, H., & Frederick, W. (1898). Some new species of Coleoptera in the Tring Museum. *Journal of Zoology in Connection with the Tring Museum*, 5, 92–95.
- Villacís, S. (1965). *Biología y etología del insecto Alurnus humeralis Rosemberg “gusano chato o cogollero” en el cultivo de la palma africana* [INIAP-Estación experimental Santo Domingo].

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3688/1/T-V712b.pdf>

Zambrano, S. (2015). *Revisión y análisis del insecto plaga Alurnus humeralis Rosemberg (gusano chato o cogollero) en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq)* [Tesis de Pregado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1216.4724>