



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

“CONSORCIO DE *BEAUVERIA BASSIANA* Y *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *COSMOPOLITES SORDIDUS* FASE CAMPO”

AUTOR: URETA MOREIRA FREDDY ISAÍAS

TUTOR: ING. VIVAS CEDEÑO JORGE SIFRIDO, Mg

EL CARMEN, JULIO DEL 2024

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 13 de 13

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Ureta Moreira Freddy Isaías, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2023 (2)-2024 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “Consortio de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* fase campo”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 24 de julio de 2024.

Lo certifico,


 Ing. ING. Vivas Cedeno Jorge Sifrido, Mg

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Consortio de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* fase campo.

AUTOR: Ureta Moreira Freddy Isaías

TUTOR: Ing. Jorge Sifrido Vivas Cedeño, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO 1: Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg.



MIEMBRO 2: Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg.



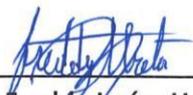
MIEMBRO 3: Ing. González Dávila Ricardo Paul, Mg.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Freddy Isaías Ureta Moreira, con cédula de ciudadanía 230003148-7, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación, que están resumidos en las recomendaciones y conclusiones de la presente investigación con el tema: "Consortio de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* fase campo, periodo 2024", son información exclusiva de su autor, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes índoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen.

Atentamente,



Freddy Isaías Ureta Moreira

C.I. 2300031487

El Carmen, 20 agosto del 2024

DEDICATORIA

Esta tesis, dedicada con todo mi cariño y gratitud, se lo dedico a mi padre Freddy Ureta, mi madre Dennys Moreira, mis hermanas y mi familia que siempre me han apoyado de manera incondicional en esta etapa de mi vida, han contribuido a mi desarrollo personal y profesional. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

AGRADECIMIENTO

Al culminar mi carrera universitaria quiero dar las gracias a Dios que me dio la fuerza necesaria y entendimiento para finalizar mi carrera con éxito. A mis queridos padres, por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y por enseñarme a luchar por mis sueños. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible. A mis hermanas Maydelyn y Daniela por estar siempre allí y celebrar mis triunfos y animarme en los tiempos difíciles. A todos mis familiares, que de una u otra manera han contribuido a que hoy esté aquí. Han sido una guía constante en mi vida.

A mi tutor, Ing. Jorge Vivas, por su guía, paciencia y por compartir su conocimiento conmigo. Su dedicación y compromiso con mi formación han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

Freddy Isaías Ureta Moreira

Índice de Contenidos

CERTIFICACIÓN	II
TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
Índice de Tablas	10
Índice de Figuras.....	11
Índice de Anexos	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
Hipótesis.....	16
CAPÍTULO I	17
1 MARCO TEÓRICO	17
1.1 El cultivo de plátano	17
1.2 Plagas en el cultivo de musáceas	17
1.3 Picudo negro	18
1.4 Taxonomía del picudo negro	18
1.5 Ciclo biológico del <i>Cosmopolites sordidus</i>	18
1.6 Daños que provoca en la planta	19

1.7	Uso de trampas.....	19
1.7.1	Usar feromonas atrayentes	19
1.8	Control biológico del picudo negro	20
1.9	Hongo <i>Beauveria bassiana</i>	20
1.10	Clasificación Taxonomía.....	21
1.11	Modo de acción de <i>Beauveria bassiana</i>	21
1.12	Hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	22
1.13	Clasificación taxonómica	22
1.14	Modo de acción	23
1.15	Consortio	23
CAPITULO II.....		24
2	INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	24
CAPÍTULO III.....		27
3	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1	Localización de la unidad experimental.....	28
3.2	Caracterización agroecológica de la zona	28
3.3	Variables	29
3.3.1	Variables independientes	29
3.3.2	Variables dependientes	29
3.4	Unidad Experimental	31
3.5	Tratamientos	31

3.6	Características de las Unidades Experimentales	31
3.7	Análisis Estadístico	32
3.8	Instrumentos de medición	33
3.8.1	Materiales y equipos de laboratorio	33
3.8.2	Materiales de campo	33
3.8.3	Insumos	34
3.8.4	Materiales de oficina y muestreo	34
3.9	Manejo del ensayo	34
3.9.1	Preparación del sustrato de arroz	34
3.9.2	Aplicación del Sustrato	36
3.9.3	Monitoreo y Evaluación.....	36
CAPÍTULO IV		37
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1	Picudos Infectados	37
4.2	Porcentaje mortalidad	38
4.3	Tiempo de infección	39
4.3.1	Recolección a los 3 días.....	39
4.3.2	Recolección a los 7 días.....	41
4.3.3	Recolección a los 14 días.....	42
4.4	Costo de tratamiento	43
CAPITULO V.....		45
5	CONCLUSIONES	45

CAPÍTULO VI	46
6 RECOMENDACIONES	46
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
8 ANEXOS.....	52

Índice de Tablas

Tabla 1 Taxonomía del picudo negro.....	18
Tabla 2. Taxonomía de Beauveria bassiana Bals. (Vuill.).....	21
Tabla 3. Taxonomía de Beauveria bassiana Bals. (Vuill.).....	22
Tabla 4 Característica agroecológica de la zona	28
Tabla 5 Disposiciones de los tratamientos en estudio.....	31
Tabla 6 Característica de las unidades experimentales	32
Tabla 7 Fuente de Variación	33
Tabla 8. Pruebas de Tukey al 5% tiempo de infección a los 3 días	40
Tabla 9. En la gráfica tiempo de infección a los 7 días se puede observar en el gráfico.	41
Tabla 10. Tiempo de Infección a los 7 días.....	41
Tabla 11 Pruebas de Tukey al 5%, tiempo de infección 14 días.....	42
Tabla 12. Análisis de Costo de Bioinsumos por tratamiento	44

Índice de Figuras

Figura 1 Localización del Área de estudio	28
Figura 2 Porcentaje de Infección	38
Figura 3 Porcentaje de mortalidad de picudos	39

Índice de Anexos

Anexo 1 Cuadro de análisis de varianza de picudos negros infectados.....	52
Anexo 2 Cuadro de análisis de varianza de mortalidad de picudos negros	52
Anexo 3 Cuadro de análisis de varianza en el 3 día	52
Anexo 4 Cuadro de análisis de varianza día 7.....	53
Anexo 5 Cuadro de análisis de varianza día 14.....	53
Anexo 6 Insumos	54
Anexo 7 Preparación del sustrato	54
Anexo 8 Aplicación de <i>Beaveria bassiana</i>	54
Anexo 9 Elaboración de trampas tipo V.....	54
Anexo 10 Colocación de las cepas inoculadas en sustrato de arroz	55
Anexo 11 Colocación de las cepas puras en líquida	55
Anexo 12 Identificación de trampas por tratamiento.....	55
Anexo 13 Recolección de picudos.....	55
Anexo 14 Identifica de recipientes por tratamiento	56
Anexo 15 <i>Picudos negros afectados por <i>Beauveria bassiana</i> y <i>metarhizium anisoplae</i></i>	56

RESUMEN

La eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el manejo biológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en cultivos de plátano (*Musa* AAB) fue el objetivo del presente estudio. Se examinaron los efectos de estos hongos, tanto en su forma monospórica como en consorcio, sobre la población de picudos con el propósito de brindar una opción más segura y sostenible a los métodos químicos convencionales. El porcentaje de infección, el porcentaje de mortalidad y el tiempo de eficiencia de los hongos fueron los parámetros examinados como variables dependientes. El picudo negro puede ser controlado con eficacia por ambos hongos, tanto individualmente como en conjunto, según los hallazgos. A pesar de que las variaciones en los tratamientos no siempre eran estadísticamente significativas. La mayor mortalidad fue el tratamiento 1; las tasas de mortalidad a los tres días oscilaron entre el 29,73% y el 45,64%. Los tratamientos individuales y el consorcio de hongos incrementaron la mortalidad a los 7 días, pasando del 7,33% al 28,17%. El porcentaje de infección entre los tratamientos a los tres días no varió significativamente. Con resultados constantes a lo largo del tiempo, según el tiempo de eficiencia, el consorcio de hongos tuvo un impacto positivo en la reducción de la población del insecto plaga. Los tratamientos que utilizan *Beauveria bassiana* puro tienen un costo comercial más alto que los que utilizan *Metarhizium anisopliae* por ende, ser una opción más económica para el control biológico.

Palabras Claves: Tiempo, tratamiento, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, hongos.

ABSTRACT

The effectiveness of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in the biological management of black peach (*Cosmopolites sordidus*) in banana crops (Musa AAB) was the objective of the present study. The effects of these mushrooms, both in their monosporic and consortium forms, on the peach population were examined in order to provide a safer and more sustainable alternative to conventional chemical methods. The infection rate, mortality rate and fungus efficiency time were the parameters examined as dependent variables. The black pike can be effectively controlled by both mushrooms, both individually and in combination, according to the findings. Although variations in treatments were not always statistically significant. The highest mortality was treatment 1; three-day mortality rates ranged from 29.73% to 45.64%. Individual treatments and the consortium of mushrooms increased mortality at 7 days, from 7.33% to 28.17%. The infection percentage between treatments at three days did not vary significantly. With consistent results over time, depending on the efficiency time, the fungus consortium had a positive impact on the reduction of the pest insect population. Treatments that use *Beauveria bassiana* pure have a higher commercial cost than those that use *Metarhizium anisopliae* therefore, being a more economical option for biological control.

Key Words: Weather, treatment, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, fungi.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa AAA*), una monocotiledónea de la familia Musáceae, es uno de los cultivos tropicales más importantes tanto para la alimentación como para la economía. Ecuador produjo 6 282 105 t con un rendimiento de 39 75 t/Ha, según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). En las provincias de Esmeraldas, Cañar, Pichincha, Azuay, Bolívar, Manabí, Santa Elena, Los Ríos, Cotopaxi, Guayas y El Oro, se concentra la producción local en zonas adecuadas para este cultivo (Valarezo, 2019).

En los últimos 15 años, la migración de personas de comunidades americanas, asiáticas y africanas a países de Europa y Estados Unidos de Norte América ha abierto una ventana comercial para nuestro país, lo que nos permite iniciar producciones especializadas que favorezcan las exportaciones al mundo, que tiene la tendencia de consumir este producto en estado fresco como en presentaciones industrializadas. La mayoría de los consumidores en nuestro país prefieren el plátano dominico para consumirlo en fresco debido a sus características deliciosas (Cobos, 2014).

Según Vicente (2021). El crecimiento y desarrollo de estos cultivos están influenciados por una variedad de factores bióticos y abióticos, como los factores edafoclimáticos, topográficos y de altitud de las plantaciones. Además, hay una variedad de organismos plagas, como ácaros, insectos, nematodos y microorganismos fitopatógenos, que causan daños significativos a los cultivos. El objetivo principal de esta investigación es lograr un manejo agrícola saludable. En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles y eficaces para el control de *C. sordidus* se ha convertido en una prioridad en el sector platanero

Los picudos, tanto el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) de la familia Coleoptera: *Curculionidae*, se consideran las plagas insectiles más graves y perjudiciales. El picudo negro es la plaga más frecuente y perjudicial de los platanales en todo el mundo. Para que el insecto

se reproduzca, necesita material orgánico en descomposición y humedad. Debido a esto, todos los desechos de pseudotallos que no se descomponen son un refugio para la plaga y un lugar constante de infestación. (Vicente, 2021).

Debido a esto se busca alternativas para poder contrarrestar el ataque del picudo negro, dentro de los programas de manejo integrado de plagas, se pueden considerar varias medidas para controlar el picudo negro y rayado. Una de estas medidas es el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los cuales han demostrado ser muy efectivos en el control biológico de estas y otras especies de insectos. Los hongos entomopatógenos se utilizan como insecticidas biológicos que controlan naturalmente las poblaciones de artrópodos. El uso de estos microorganismos suprime la acción de los tratamientos químicos (William, 2020)

Objetivo general

- Evaluar la eficiencia del consorcio de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control biológico de *Cosmopolites sordidus* a nivel de campo.

Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de control de *Cosmopolites sordidus* mediante cepas monospóricas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, fase de campo.
- Determinar el porcentaje de control de *Cosmopolites sordidus* mediante el consorcio de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, fase de campo.
- Realizar el análisis costo

Hipótesis

- **Hi.** Los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en forma de cepas monospóricas y en consorcio influyen sobre la mortalidad de *Cosmopolites sordidus* de *Musa* AAB.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 El cultivo de plátano

El cultivo de plátano es uno de los más cruciales por ser un producto fundamental en la alimentación y generar empleo e ingresos para el país. El tallo aparente es un pseudotallo que surge de la unión de vainas foliares y puede alcanzar una altura de entre 3 y 6 metros, mientras que el subsuelo es conocido como rizoma o cormo. Se puede cultivar el plátano en cualquier parte del planeta, incluso en climas cálidos y húmedos. Debido a su bajo costo, su valor nutritivo y su fácil adquisición, es muy popular en todo el mundo. Además, es rico en vitaminas (Aguilar, 2021)

1.2 Plagas en el cultivo de musáceas

De acuerdo con Arévalo (2019), una variedad de enfermedades y plagas afectan la producción y la calidad del plátano. La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es una enfermedad muy común que provoca manchas oscuras en las hojas, disminuyendo la fotosíntesis y, por lo tanto, el rendimiento del cultivo. Además de las enfermedades, el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) es una plaga notable que daña los cultivos de plátano. Este insecto perfora los cormos y se alimenta de ellos, debilitando las plantas y haciéndolas más vulnerables a otras infecciones y colapso estructural. Para mantener la salud y la productividad de los cultivos de plátano, es esencial identificar y controlar adecuadamente estas enfermedades y plagas.

1.3 Picudo negro

Una plaga devastadora que afecta al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) en varios lugares del mundo es el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Para controlar efectivamente este insecto en plantaciones de plátano, este artículo analiza y evalúa una variedad de técnicas científicas. Se examina la biología y el comportamiento del picudo negro, con un enfoque en su ciclo de vida, su dieta y los factores que afectan su dispersión y reproducción. La importancia de entender estos elementos para crear estrategias de control efectivas y precisas se destaca (Ullon, 2024).

1.4 Taxonomía del picudo negro

Tabla 1 Taxonomía del picudo negro

Taxonomía	
Reino:	<i>Animalia</i>
Filo:	<i>Arthropoda</i>
Clase:	<i>Insecta</i>
Orden:	<i>Coleoptera</i>
Familia:	<i>Curculionidae</i>
Género:	<i>Cosmopolites</i>
Especie:	<i>Sordidus</i>
Nombre científico:	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar 1824.

Fuente: (Guzman, 2019)

1.5 Ciclo biológico del *Cosmopolites sordidus*

De acuerdo con Quintero (2019), afirma que el ciclo de vida de *Cosmopolites sordidus* consta de cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Sin embargo, se indica que el estadio larvario causa daño en los cormos, ya que las hembras colocan alrededor de 60 a 100 huevos dentro de las galerías del cormo durante todo su ciclo, en las lesiones de las cepas o cormos. Es

la principal plaga del cultivo porque solo ataca al cormo, perforándolo y consumiéndolo, lo que limita la absorción de agua y nutrientes, afecta las yemas, amarillea y debilita el pseudotallo.

1.6 Daños que provoca en la planta

El daño directo se produce debido a la alimentación de las larvas, ya que crean galerías en el cormo y el pseudotallo, lo que provoca una reducción en la absorción y el transporte de agua y nutrientes, una disminución en el vigor de las plantas y un retraso en la floración. Indirectamente, esto reduce la productividad y aumenta la vulnerabilidad a otras plagas y enfermedades, acortando la vida del cultivo. En nuevas plantaciones originadas a partir de hijuelos, interfieren con el enraizamiento, limitando la absorción de agua y nutrientes. Una sola larva puede matar un hijuelo si ataca el punto de crecimiento. Poblaciones elevadas del insecto en nuevas plantaciones pueden impedir el establecimiento del cultivo (Rodríguez, 2018).

1.7 Uso de trampas

1.7.1 Usar feromonas atrayentes

De acuerdo con Parra & Löhr (2014), los picudos se comunican a través de una sustancia química y su sentido del olfato tenue. Los machos liberan esta sustancia y tanto las hembras como los machos reaccionan y se dirigen al origen del olor. Esta característica biológica de los insectos se aprovecha mediante el trampeo con feromonas, una técnica.

Existe una amplia gama de prácticas utilizando trampas cebadas con feromonas para controlar el picudo negro en los bananos, (Carnero & Perera, 2015) investigaron la eficacia de cuatro feromonas diferentes: *Pheromonelure*, *Cosmoplus*, *Phero-era*, *Cosmolure* y *Cosmotrack*. La trampa utilizada para todas las feromonas fue de la marca Calliope, compuesta por 30 campanas (parte inferior y parte superior de la trampa).

1.8 Control biológico del picudo negro

Existen alternativas que pueden reducir el daño causado por las plagas en las plantaciones de banano, como el uso de un manejo integrado de plagas que incluye diferentes opciones. El control biológico mediante nematodos entomopatógenos ha sido utilizado en algunos cultivos de gran importancia económica. Sin embargo, para que su efectividad sea evidente, es necesario identificar la especie o cepa de nematodo que se utilizará (Baquerizo, 2023).

En lo que explica Pacheco(2019), que cuando se utiliza un biocontrolador de nematodos para el picudo negro del banano, debe tener en cuenta varias cosas, como información biológica, ecológica y susceptibilidad al nematodo, la tolerancia a los factores ambientales, su enfoque de búsqueda y la compatibilidad con otros agentes de control biológico. Por lo tanto, se puede desarrollar este control en condiciones controladas en laboratorio para realizar un seguimiento previo de su efectividad mediante diferentes dosificaciones.

1.9 Hongo *Beauveria bassiana*

Según Chiriboga (2015), el hongo *Beauveria bassiana* es uno de los agentes biológicos más eficaces para el control de insectos plaga, tanto chupadores como masticadores, en el sector agrícola. Este hongo tiene un control exitoso de varios tipos de plagas, que dañan a los cultivos y causan pérdidas para el productor. Entre los géneros más importantes están: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*. Sin

embargo, la especie más utilizada comercialmente es la *Beauveria bassiana* por los resultados que muestra en campo.

1.10 Clasificación Taxonomía

Tabla 2. Taxonomía de *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.)

Taxonomía	
Reino:	Fungí
División:	Ascomycota
Clase:	Sordariomycetes
Orden:	Hypocreales
Familia:	Clavicipitaceae
Género:	<i>Beauveria</i>
Especie:	<i>Bassiana</i>
Nombre científico:	<i>Beauveria bassiana</i> Bals. (Vuill.)

Fuente: (Aldaz, 2022)

1.11 Modo de acción de *Beauveria bassiana*

Las esporas entran en las partes blandas del insecto, atacando los tejidos y los órganos, por lo que el insecto dejara de usar sus capacidades motoras, entre 4-10 días después de la infección. Los hongos se reproducen a través de esporas o conidios, que suelen ser las responsables de infectar a los insectos. El proceso de infección se divide en tres fases: 1. Adhesión de las esporas a la cutícula del insecto y su germinación; 2. Penetración de la cutícula del insecto; 3. Crecimiento del hongo dentro del insecto, lo cual generalmente resulta en la muerte de este (Armijos, 2023).

- Adhesión. El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora (conidio) es depositada en la superficie del insecto.

- Germinación. El conidio inicia el desarrollo de su tubo germinativo y un órgano sujetador (llamado apresorio), que le permite fijarse a la superficie del insecto.
- Penetración. Después de la fijación mediante mecanismos físicos (acción de presión sobre la superficie de contacto) y químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas.
- Producción de toxinas. Dentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades de hospedante.
- Muerte del insecto. Muerte del patógeno y marca fin de la fase parasítica, dando así inicio a la fase saprofítica.

1.12 Hongo *Metarhizium anisopliae*.

El *Metarhizium anisopliae*, es el agente causal de la murcardina verde y es un patógeno de más de 300 especies de siete órdenes de insectos. Los Coleópteros son los hospederos más comunes. Es el segundo hongo entomopatógeno más ampliamente usado en el control microbial y es el hongo más utilizado en Latinoamérica para el control de diferentes especies de Cercópodos que son plagas en la caña de azúcar. Las condiciones ambientales de *metarhizium anisopliae* se ve afectado por las condiciones ambientales como: físicos, químicos y biológicos como la radiación UV, temperatura, pH, disponibilidad de nutrientes. Requiere una temperatura de 24 a 30 °C, para su crecimiento, Máxima de 35 °C y mínima de 10 °C, la reproducción asexual, en conidióforos que naces a partir de hifas ramificadas (Yucra, 2019).

1.13 Clasificación taxonómica

Tabla 3. Taxonomía de *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.)

TAXONOMIA

Reino:	Fungí
División:	<i>Eukaryota</i>
Clase:	<i>Sordariomycetes</i>
Orden:	<i>Hypocreales</i>
Familia:	<i>Clavicipitaceae</i>
Género:	<i>Metarhizium</i>
Especie:	<i>Metarhizium</i>
Nombre científico:	<i>Anisopliae</i>

Fuente: (Kirk, 2010)

1.14 Modo de acción

Además de la acción física del micelio producido por la multiplicación del hongo en el interior del cuerpo del insecto que invade los órganos y tejidos, es crucial la participación de las destruxinas que tienen una acción insecticida. Los granulomas, que son tejidos que rodean al micelio, son una de las reacciones de defensa celular que produce el hospedero. Las blastosporas invaden el hemocele después de que las toxinas producidas por el hongo erosionen estos granulomas. Además, las toxinas matan al hospedero al degradar gradualmente sus tejidos debido a la pérdida de la integridad estructural de las membranas, lo que resulta en la deshidratación de las células como resultado de la pérdida de fluidos (Yucra, 2019).

1.15 Consorcio

La biodiversidad en los agroecosistemas ayuda a la producción agrícola, como el control biológico de plagas. Los enemigos naturales de las plagas en los agroecosistemas son los hongos entomopatógenos, particularmente los taxones anamórficos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, *Hypocreales* (*Ascomycota*), y los hongos pueden ser candidatos para el control biológico de conservación en regiones templadas. El control biológico de conservación es un enfoque de control biológico que utiliza prácticas agrícolas y

manipulaciones ambientales para mejorar las condiciones de vida de enemigos naturales de plagas específicos. No obstante, para modificar el entorno en beneficio de las poblaciones de entomopatógenos, es esencial comprender los elementos fundamentales de la ecología de hongos considerados. A pesar de la gran cantidad de investigaciones recientes sobre el control biológico de la inoculación e inundación con estos hongos, el conocimiento actual es limitado.

B. bassiana y *M. anisopliae* se combinan debido a sus modos de acción de contacto; sin embargo, el modo de acción de *B. bassiana* es tóxico mediante oosporeinas e invade al hospedero, mientras que el modo de acción de *M. anisopliae* es de crecimiento, formando apresorios e invadiendo al hospedero. Esto aumenta el impacto en el control biológico de plagas. Otros estudios se han centrado en determinar cuál de estos dos hongos tiene el mejor efecto fungicida, así como en combinación con otros insecticidas, con diferentes compuestos químicos, como el timol, y los métodos de aplicación para el control de plaga (Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2019).

CAPITULO II

2 INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la agricultura, el control biológico es una alternativa sostenible y ecológica a los pesticidas químicos. El picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*) es uno de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo del plátano. Varios estudios han examinado cómo los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* pueden controlar esta plaga.

Según lo indicado por Vargas (2017), en su investigación “EVALUACIÓN DE DOS CEPAS DE *Beauveria bassiana* (BÁLS.) Y UNA CEPA DE *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) EN EL CONTROL DE ADULTOS DEL GORGOJO DEL BANANO, *Cosmopolites sordidus* (COLEÓPTERA, CURCULIONIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.” Enfatiza que el uso de las dos cepas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio tuvo un impacto significativo en la mortalidad de *Cosmopolites sordidus*. Con un 82,72% de mortalidad y un Tiempo Letal Medio más rápido de 9,74 días entre los tratamientos, la cepa de *Beauveria bassiana* 26 fue la más destacada. La siguiente cepa fue *Metarhizium anisopliae* A, con una mortalidad del 58.02% y un tiempo letal medio de 18.45 días. *Beauveria bassiana* 27,12 con un tiempo medio de vida de 22.59 días y una tasa de mortalidad de 55.56%, fue la especie más frecuente.

De acuerdo con Espinoza (2020) en su investigación “EFECTO DE *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* EN EL CONTROL DEL GORGOJO NEGRO DEL PLÁTANO (*Cosmopolites sordidus* Germar), EN LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS EN EL DISTRITO DE MONZÓN-2019.” El nivel experimental consistió en una población de gorgojo negro en 500 plantas de *Musa paradisiaca* L y una muestra de seis plantas de *Musa paradisiaca* L por tratamiento. En las seis evaluaciones, los tratamientos con dosis de 2,5 g, 5 g, 10 g y 20 g de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en 20 l de agua disminuyen significativamente el picudo negro del plátano. La dosis más efectiva para controlar este fenómeno es la de 20 g de *M. anisopliae* en 20 L de agua.

Según Gaviria (2020), “SELECCIÓN DE CEPAS DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) PARA LA COLONIZACIÓN ENDÓFITA EN PLÁNTULAS DE COCO”. Se cree que *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son patógenos virulentos para el picudo *Rhynchophorus palmarum*. El objetivo de este estudio fue determinar si las especies comerciales Beauveriplant SBb36 de *B. bassiana* y JGVM1 de *M. anisopliae*. El método de inmersión se empleó para inocular plantas de cultivo de tejidos. El 91.6% de las plantas de coco cultivadas por semilla sexual y el 100% por cultivo de tejidos fueron colonizadas endofíticamente por las cepas *Metarhizium anisopliae* (JGVM1) y *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36). Se encontró por primera vez en el presente estudio que la germinación de semilla sexual y las inoculaciones dirigidas estaban relacionadas con las plántulas de coco cultivadas.

De acuerdo con Cerna Mercado (2021), “Evaluación de cuatro tipos de trampas en el control biológico del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* en tres distritos de la región Ucayali, Perú”. Hablo de que el rendimiento del cultivo de plátano se puede disminuir hasta en un 50%. En tres distritos de la región de Ucayali (Padre Abad, Masisea e Iparía) se evaluaron cuatro trampas (V, disco, sándwich y bisel) con *B. bassiana* a 10 gramos por trampa.

En cada distrito se trabajó con una población de 500 plantas y una hectárea, con una muestra total de 648 plantas. Se empleó un diseño en parcelas separadas con tres repeticiones y cuatro tratamientos. El tratamiento T4 (Tipo V), que contó con la mayor cantidad de insectos infectados, demostró ser el más efectivo para controlar biológicamente *C. sordidus*. En Masisea, en promedio, se encontraron 34.67 adultos infectados, 21.00 en promedio.

Así mismo Solorzano y otros (2023), “EVALUACIÓN PATOGENICA DE *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* PARA EL BIOCONTROL DEL *Cosmopolites sordidus* EN CULTIVOS DE BANANO,” explica que El tratamiento que proporciona la mayor tasa de mortalidad en un período de 30 días fue el combinado con un 64,07%, seguido de los individuos infectados por *B. bassiana* con un 30,74% y *M. anisopliae* con el 21,48%. Por otro lado, la concentración 1×10^8 obtuvo la mejor eficacia con 83,33%, mientras que, la concentración 1×10^7 y 1×10^6 fueron eficaces en un 50 y 28,33% respectivamente.

Según Bautista (2023), en “Viabilidad de hongos entomopatógenos en suspensiones oleosas y su efectividad contra la plaga del agave *Scyphophorus acupunctatus* en condiciones de laboratorio La plaga de *Scyphophorus acupunctatus* causa importantes pérdidas y daños”. Los resultados mostraron que las emulsiones de aceite eran más efectivas contra *S. acupunctatus* adultos, siendo la más prometedora la emulsión de aceite al 40%, que mató a todos los insectos hasta 72 horas después de la aplicación ya la mitad de los insectos viables de *B. bassiana* o *M. anisopliae* hasta 96 horas después de la aplicación. En un Diseño Completo al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos (T1: 10 gramos, T2: 15 gramos, T3: 20 gramos y T4: 25 gramos), se examinó el control de *Beauveria bassiana* sobre *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la unidad experimental

La presente investigación se realizó en la granja experimental Río Suma (Fig. 1) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, Provincia de Manabí la misma que se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: X = 674967, Y= 9971156 y Z= 266 msnm.

Figura 1 Localización del Área de estudio



3.2 Caracterización agroecológica de la zona

En la tabla 4 se presenta las características agroecológicas del cantón El Carmen donde se desarrolló la presente investigación:

Tabla 4 Característica agroecológica de la zona

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precip. media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

3.3 Variables

3.3.1 Variables independientes

- Cepas de hongos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*)

Métodos

Monitoreo de la población de *Cosmopolites sordidus*: después de la aplicación del tratamiento, se realiza un seguimiento exhaustivo de la población de *Cosmopolites sordidus* para evaluar su eficacia.

Preparación de los Cormos de Plátano: primero se limpiaron y prepararon los cormos de plátano para que la superficie esté preparada para aplicar el tratamiento.

3.3.2 Variables dependientes

- Porcentaje de mortalidad
- Porcentaje de infección
- Tiempo de eficiencia de los hongos
- Costos por tratamientos

3.3.2.1 Efectividad o porcentaje de mortalidad

Se midió a través de un seguimiento cada 8 días, durante el cual se observó y registro el número de insectos que presentaron esporulación. Este seguimiento periódico permitió evaluar la progresión y eficacia de los hongos con respecto al tiempo. Este factor permitió conocer el tiempo que necesitan los hongos para provocar la mortalidad de los insectos.

Para realizar esta variable se contabilizo cada 8 días el número de picudos muertos de cada tratamiento y se realizó el cálculo de acuerdo a la siguiente fórmula de Abbott (1925)

$$\%PM = \frac{NPI * 100}{NPT}$$

%PM: Porcentaje picudos muertos.

NPI: Número de picudos infectados.

NPT: Número de picudos totales

3.3.2.2 Viabilidad

Se recolectó los insectos con el respectivo tratamiento y se colocó en un envase y se realizó una observación cada 8 días hasta completar los 40 días para tomar el dato de manare visual.

3.3.2.3 Costos de tratamientos

Se determinó sumando los mL de producto que se utilicen en cada tratamiento y este resultado se multiplicará por el costo comercial de cada producto. Este método de cálculo permitió obtener una estimación de los gastos en cada tratamiento. Al realizar este análisis, se pudo comparar la rentabilidad de diferentes opciones de tratamiento y tomar decisiones informadas sobre cuál es la más coste-efectiva. Además, este enfoque facilita la identificación de posibles ahorros en el uso de productos, optimizando los recursos sin comprometer la eficacia del tratamiento.

$$CT = CPUT * PCP$$

CT = Costo tratamientos

CPUT = Cantidad producto utilizado por tratamiento (mL)

PCP = Precio comercial producto

Costo de producción de las trampas con atrayentes en la investigación “Control biológico de picudo con *Beauveria bassiana* y *metarhizium anisoplae*.”

3.4 Unidad Experimental

Se contó con 36 unidades experimentales se aplicó 20 mL de cepas en cada pseudotallo por cada tratamiento, las mismas que después de 3 días se recolecto a los insectos para ver la eficiencia del consorcio observando el proceso cada 8 días.

3.5 Tratamientos

Cuadro 2: Tratamientos para la evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en forma monospórica y consorcio para el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*).

Tabla 5 Disposiciones de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción
T1	<i>Metarhizium anisopliae</i> (5mL)
T2	<i>Beauveria bassiana</i> (5mL)
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i> (2,5mL) + <i>Beauveria bassiana</i> (2,5mL)
T4	<i>Metarhizium anisopliae</i> (2,5mL) en arroz fresco (50g)
T5	<i>Beauveria bassiana</i> (2,5mL) en arroz fresco (50g)
T6	<i>Metarhizium anisopliae</i> (2,5mL) + <i>Beauveria bassiana</i> (2,5mL) en arroz fresco (50g)

3.6 Características de las Unidades Experimentales

Tratamientos para la evaluación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en plátano barraganete (*Musa AAB*).

Tabla 6 Característica de las unidades experimentales

Características de las unidades experimentales	Datos
Número de unidades experimentales	36
Área de las unidades experimentales	9 m ²
Largo	3 m
Ancho	3 m
Área total del ensayo	325 m ²
Número de plantas a evaluar	144 plantas

3.7 Análisis Estadístico

En la presente investigación se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), representado con 6 tratamientos y 6 repeticiones (cuatro plantas/repetición). Plantas totales 144.

Se contó con 36 unidades experimentales, donde se aplicará *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mediante trampas tipo cilindro de tallo en cada tratamiento. Para el análisis estadístico se realizará la prueba de significación de Tukey al 5% con la ayuda del software estadístico INFOSTAT versión 2020.

Diseño de ADEVA en Evaluación del Consorcio de *Beauveria bassiana* y *Merhizium anisoplae* para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* fase campo.

Tabla 7 Fuente de Variación

Fuente de Variación	Grados de libertad
Total	35
Tratamientos	5
Repeticiones	5
Error Experimental	25

3.8 Instrumentos de medición

3.8.1 Materiales y equipos de laboratorio

- ❖ Arroz
- ❖ Cascarilla de arroz
- ❖ Periódicos
- ❖ Ligas de caucho
- ❖ Autoclave
- ❖ Recipientes plásticos
- ❖ Recipientes de aluminio

3.8.2 Materiales de campo

- ❖ Machete
- ❖ Marcador
- ❖ Tijeras

- ❖ Cintas
- ❖ Recipientes plásticos
- ❖ Jeringuilla
- ❖ Cucharas

3.8.3 Insumos

- ❖ *Cepas de Beauveria bassiana*
- ❖ *Cepas de Metarhizium anisopliae*

3.8.4 Materiales de oficina y muestreo

- ❖ Computadora
- ❖ Cuaderno
- ❖ Esferos
- ❖ Marcadores
- ❖ Celular
- ❖ Tabla de campo
- ❖ Impresora

3.9 Manejo del ensayo

3.9.1 Preparación del sustrato de arroz

Limpieza del Arroz:

- Lavar el arroz: El arroz fue lavado varias veces con agua hasta que el agua salió clara. Este proceso ayudó a eliminar el almidón superficial, asegurando que el arroz estuviera limpio y adecuado para su uso como sustrato.

- Remojar el arroz: Posteriormente, el arroz fue remojado en agua caliente durante aproximadamente 20 minutos. Este remojo permitió que el arroz absorbiera suficiente agua, preparándolo para ser utilizado como sustrato en el control biológico.

Esterilización del Arroz:

- Escurre y colocar el arroz: El arroz fue escurrido cuidadosamente para eliminar el exceso de agua y luego se colocó en el recipiente de aluminio, comúnmente conocidos como matraces o tarros de vidrio. Estos recipientes fueron seleccionados por su resistencia al calor y capacidad de mantener un ambiente estéril.
- Esterilización: Los recipientes de aluminio, ahora llenos de arroz, fueron sometidos a un proceso de esterilización. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando una olla a presión, donde los frascos fueron mantenidos a una temperatura constante de 121°C y una presión de 15 psi durante 15 minutos. La combinación de alta temperatura y presión aseguró la eliminación completa de cualquier microorganismo no deseado, garantizando que el arroz estuviera en condiciones óptimas para su uso como sustrato en aplicaciones de control biológico.

Enfriamiento

- Enfriamiento: Después del proceso de esterilización, se dejó que los frascos se enfriaran a temperatura ambiente dentro del autoclave. Este método de enfriamiento gradual minimizó la posibilidad de contaminación, ya que los frascos permanecieron en un ambiente cerrado y controlado hasta que alcanzaron una temperatura segura para su manipulación.

3.9.1.1 Fase campo

Preparación del Área de Aplicación:

- Identificación de los pseudotallos: Se procedió a identificar cuidadosamente los pseudotallos de plátano cosechados donde se realizaría la aplicación del tratamiento. Esta selección fue fundamental para asegurar que la aplicación se llevara a cabo en las plantas adecuadas.
- Limpieza de la superficie del pseudotallo: La superficie de cada planta identificado fue limpiada minuciosamente para eliminar cualquier suciedad, residuo o material extraño. Esta limpieza fue esencial para garantizar que el tratamiento se aplicara de manera efectiva y sin obstrucciones, optimizando así los resultados del control biológico.

3.9.2 Aplicación del Sustrato:

- Se aplicó 50 g de arroz inoculado en cada pseudotallo. Se dividió la cantidad de sustrato entre los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* por cada repetición.
- Se aplicó cepas puras o consorcio dependiendo el tratamiento uniformemente 20 mL de la suspensión en cada tratamiento.
- Se utilizó jeringas para medir y aplicar 20 mL de la suspensión en cada tratamiento.

3.9.3 Monitoreo y Evaluación:

- Monitoreo inicial: Se realizó un monitoreo de los pseudotallos tres días después de la aplicación para observar el desarrollo y los efectos de los hongos. Durante esta evaluación inicial, también se llevó a cabo la recolección del picudo negro para analizar la infestación y la respuesta al tratamiento.
- Observaciones periódicas: Posteriormente, se realizaron observaciones y registros cada 8 días para evaluar de manera continua la eficacia del tratamiento. Este monitoreo regular permitió obtener datos precisos sobre la evolución del control biológico y hacer ajustes si fuese necesario.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

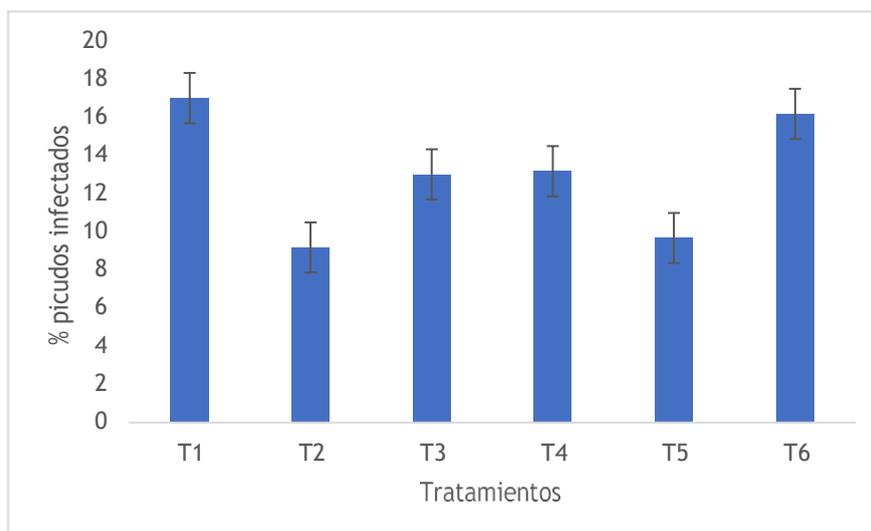
4.1 Picudos Infectados

De los resultados obtenidos a nivel de campo en el ensayo para evaluar los tratamientos que consisten en medir la eficiencia en el manejo de *Cosmopolites sordidus* y *Metarhizium anisopliae*, para población de insectos el análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas por lo que se acepta la hipótesis alternativa que indica los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en forma de cepas y en consorcio influyen sobre la población de *Cosmopolites sordidus* en *Musa AAB*.

Como se puede observar en los resultados del análisis de varianza que se muestra en el anexo 1. El análisis para los tratamientos muestra un p-valor de 0,2657, indicando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. En el T1 (*Metarhizium anisopliae* 5mL) mostró el mayor porcentaje de (17%) y el T2 (*Beauveria bassiana* 5mL) con un bajo nivel de infección de (9,17%), en términos de porcentaje de picudos infectados, todos los tratamientos tienen un efecto similar, sin embargo, las repeticiones son significativamente diferentes como se observan en la figura 2.

De acuerdo con (Fiallos, 2023), encontró que *Beuveria bassiana* + *Metarrizium anisopliae* obtuvo el 96 % de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*, el mismo que difiere a los resultados de la presente investigación, debido a que las condiciones ambientales permitieron a los insectos mayor resistencia y adaptación al Bioinsumos.

Figura 2 Porcentaje de Infección



Porcentaje de Picudos infectados, no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

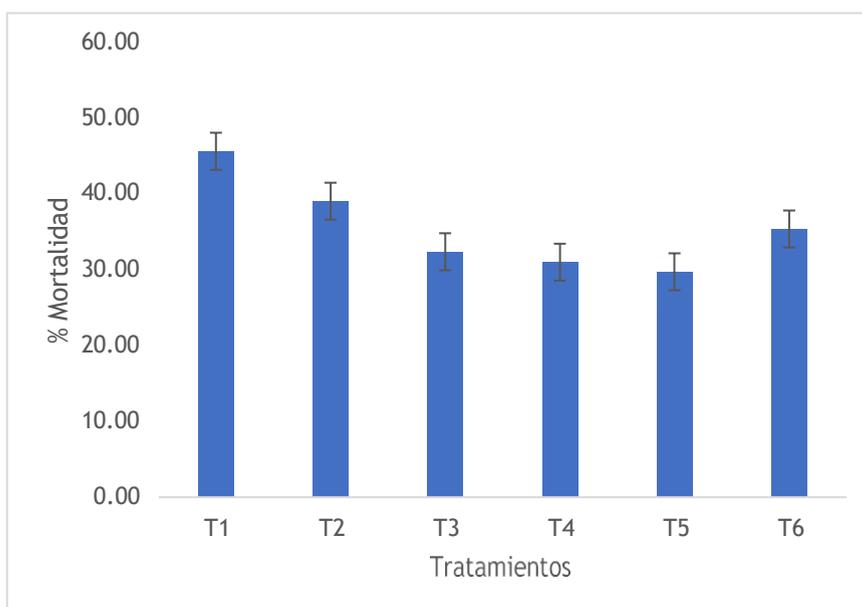
4.2 Porcentaje mortalidad

En el anexo número 2 el análisis de varianza revela ser altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que indica que una parte considerable de la variabilidad en la mortalidad. Sin embargo, los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$), los resultados de T1 (*Metarhizium anisopliae* con 5 ml) que corresponde a la población más alta de mortalidad de picudos con un 45,64%, y el T5 (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* con 2.5 ml) representó la menor cantidad de mortalidad con 29,73%. Como se puede observar en la figura 3.

Los resultados de González P. (2022) indican que la mortalidad total de *Cosmopolites sordidus* por parasitismo fue de 16% para *Metarhizium anisopliae*, 74% para *Beauveria bassiana* en cepas monospóricas, y 78% para la combinación de ambos hongos. A pesar de esto, Los resultados sugieren que, en condiciones de campo, el uso individual de *Metarhizium anisopliae* puede ser más efectivo que cuando se utiliza en

combinación con *Beauveria bassiana*, lo que contrasta con los resultados obtenidos en laboratorio.

Figura 3 Porcentaje de mortalidad de picudos



Porcentaje de Picudos infectados, no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

4.3 Tiempo de infección

4.3.1 Recolección a los 3 días

Los resultados indicaron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 a T6. Todos los tratamientos tienen un impacto similar en cuanto al porcentaje de tiempo de infección a los 3 días es similar para todos los tratamientos; sin embargo, el tratamiento T1 (*Metarhizium anisopliae* 5mL) tuvo un mayor índice de infección con (34,33) y el tratamiento T3 (*Metarhizium anisopliae* 2,5mL + *Beauveria bassiana* 2,5mL) el más corto (23,50). Se observaron notables variaciones entre las repeticiones.

La comparación entre los resultados obtenidos en este estudio y los de (Armendáriz, Landázuri, & Taco, 2016) y (Dávila, 2020) revela varias diferencias significativas en cuanto a la eficacia y consistencia de los tratamientos para controlar la infección en picudos. Aunque las diferencias entre tratamientos son significativas, todos muestran un impacto general similar.

En comparación con Dávila (2020) reportó tasas de mortalidad del 36% para un tratamiento y del 44% para otro. Los resultados de este estudio sugieren que el tratamiento T1 es comparable a los resultados de Dávila, mientras que el T3 muestra una menor eficacia. La tasa de mortalidad reportada por Dávila es relativamente alta en comparación con el rango observado en el estudio actual.

Tabla 8. Pruebas de Tukey al 5% tiempo de infección a los 3 días.

Tratamientos	Medias	N	E.	E.
1	34,33	6	3,08	A
4	33,00	6	3,08	A
6	27,33	6	3,08	A
5	26,50	6	3,08	A
2	26,17	6	3,08	A
3	23,50	6	3,08	A

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

4.3.2 Recolección a los 7 días

Todos los tratamientos tienen un impacto similar en cuanto al porcentaje de picudos infectados; sin embargo, el tratamiento T6 (*Metarhizium anisopliae* 2,5mL + *Beauveria bassiana* 2,5mL en arroz fresco 50g) presentó el porcentaje más alto (17,33%) y el tratamiento T2 (*Beauveria bassiana* 5mL) el más bajo (7,83%). Las diferencias entre las repeticiones fueron notables ($p < 0,05$).

Según Armendáriz (2016), la mortalidad en la primera infección fue del 46,70% y del 16,20% en la segunda. Aunque los porcentajes de infección en el estudio actual son menores, reflejan una variabilidad en eficacia similar a la reportada por Armendáriz.

Tabla 9. En la gráfica tiempo de infección a los 7 días se puede observar en el gráfico.

Tabla 10. Tiempo de Infección a los 7 días

Tratamientos	Medias	N	E.	E.
6	17,33	6	3,10	a
1	15,83	6	3,10	a
5	15,50	6	3,10	a
3	14,17	6	3,10	a
4	13,50	6	3,10	a
2	7,83	6	3,10	a

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

4.3.3 Recolección a los 14 días

Todos los tratamientos tienen un impacto similar en cuanto al tiempo de infección a los 14 días; sin embargo, el tratamiento T1 (*Metarhizium anisopliae* 5mL) presentó una mayor infección (10,00) y el tratamiento T2 (*Beauveria bassiana* 5mL) el más bajo (5,17). No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en general.

Comparando con los estudios de Dávila (2020) y Armendáriz (2016), que reportaron tasas de mortalidad más altas, se sugiere que los tratamientos utilizados en el presente estudio podrían tener una eficacia menor, o que el impacto de los tratamientos puede disminuir más rápidamente en comparación con los estudios anteriores.

Tabla 11 Pruebas de Tukey al 5%, tiempo de infección 14 días.

Tratamientos	Medias	N	E.	E.
1	10,00	6	1,59	a
4	9,17	6	1,59	a
5	9,00	6	1,59	a
3	6,17	6	1,59	a
6	6,17	6	1,59	a
2	5,17	6	1,59	a

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

En resumen, aunque los tratamientos no presentan diferencias significativas en general, se observa una notable variabilidad en la eficacia según el porcentaje de infección. Los estudios previos muestran tasas de mortalidad más altas, lo que podría indicar que los tratamientos en este estudio tienen una menor eficacia o que las condiciones experimentales difieren de las de los estudios citados. Las variaciones en los resultados podrían reflejar diferencias en la metodología, formulación de tratamientos o condiciones experimentales.

4.4 Costo de tratamiento

El tratamiento más caro es el T2, que utiliza *Beauveria bassiana* puro, con un costo de 3,60. Por otro lado, el T3, que combina *Metarhizium anisopliae* puro y *Beauveria bassiana* puro, con un costo de 3,06. El más barato es el T4, que emplea *Metarhizium anisopliae* con arroz (50 g), con un costo de 1,26.

Los tratamientos con *Metarhizium anisopliae* tienden a ser más económicos que los de *Beauveria bassiana*. La combinación de los bioinsecticidas con arroz no afecta significativamente el costo comparado con los tratamientos puros, pero pueden abaratar costos.

Tabla 12. Análisis de Costo de Bioinsumos por tratamiento

Tratamiento	Bioinsumos	Costo comercial(ml)	Vol. Const/t	Costo x Tratamiento	N. trampa/tratamiento
T1	<i>Metarhizium anisopliae</i> puro	0,021	120	2,52	24
T2	<i>Beauveria bassiana</i> puro	0,03	120	3,6	24
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i> puro	0,021	60	3,06	24
	<i>Beauveria bassiana</i> puro	0,03	60		
T4	<i>Metarhizium anisopliae</i> con arroz (50 g)	0,021	60	1,26	24
T5	<i>Beauveria bassiana</i> con arroz (50 g)	0,03	60	1,8	24
T6	<i>Metarhizium anisopliae</i> con	0,021	60	3,06	24
	<i>Beauveria bassiana</i> arroz (50 g)	0,03	60		

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES

Se observó que el tratamiento T1 (*M. anisopliae* 5mL) presentó el porcentaje más alto de mortalidad de picudos, con un 45,64%; por otro lado, el tratamiento T5 (*M. anisopliae* y *B. bassiana* en arroz fresco con 2,5 mL cada uno) presentó el porcentaje más bajo, con un 29,73%. Esto indica que *M. anisopliae*, cuando se utiliza de forma individual, tiene una mayor efectividad en condiciones de campo que cuando se combina con *B. bassiana*.

Además, el análisis de costos por tratamiento mostró que el tratamiento T1 también fue uno de los más económicamente eficientes, debido a la menor cantidad de producto necesario para lograr un alto porcentaje de mortalidad. Por otro lado, el tratamiento T5, aunque presentó un menor costo, fue menos eficiente, lo que sugiere que, a pesar de los menores gastos, no se justifica su uso debido a la baja efectividad en el control del *Cosmopolites sordidus*.

CAPÍTULO VI

6 RECOMENDACIONES

Implementación del Tratamiento T1 (*Metarhizium anisopliae* 5mL): Dado que el tratamiento T1 presentó el mayor porcentaje de mortalidad (45,64%) y es uno de los más rentables, se recomienda su adopción como la estrategia principal de control biológico.

Realizar estudios adicionales para optimizar las formulaciones y métodos de aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Implementar programas de monitoreo regular para evaluar la eficacia de los hongos en diferentes condiciones ambientales y ajustar las estrategias de control según sea necesario.

Promover la integración de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con otros métodos de control de plagas para mejorar la gestión integral del cultivo.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, K. E. (2021). *Efecto de abonos orgánicos sobre la producción en el cultivo de plátano dominico (Musa spp.) en la zona de Valencia*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/64de21b9-95ec-4a4e-bbd6-afd9fa4f85cc/content>
- Aldaz, P. A. (2022). *Beauveria sp. COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO DEL GUSANO DEFOLIADOR Dione juno andicola (Bates) EN Passiflora ligularis (Juss.) A NIVEL DE LABORATORIO*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12367/2/03%20AGP%20323%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Arévalo, E. C. (Diciembre de 2019). *Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) en Rivas, Nicaragua*. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/10319/12096>
- Armijos, F. A. (2023). *Control biológico de picudo (Cosmopolites sordidus) con Beauveria bassiana con cuatro tipos de trampa*. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/control%20biol%C3%B3gico%20de%20picudos.pdf>
- Baquerizo, M. F. (2023). *BIOCONTROL DE PICUDO NEGRO (Cosmopolites sordidus) MEDIANTE NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS (Steinernema feltiae) EN BANANO, EL TRIUNFO-GUAYAS TRABAJO EXPERIMENTAL*. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SU%C3%81REZ%20BAQUERIZO%20MAR%C3%8DA%20FERNANDA.pdf>

- Bautista, A. (23 de Mayo de 2023). *Viabilidad de hongos entomopatógenos en suspensiones oleosas y su efectividad contra la plaga del agave *Scyphophorus acupunctatus* en condiciones de laboratorio.* Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/6/1468>
- Carnero, A., & Perera, S. (Mayo de 2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE FEROMONAS DE PICUDO DE LA PLATANERA (*COSMOPOLITES SORDIDUS*) EN TENERIFE.* Obtenido de https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_565_Ensayo%20picudo.pdf
- Cerna Mercado, R. H. (2021). *Evaluación de cuatro tipos de trampas en el control biológico del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* en tres distritos de la región Ucayali, Perú.* Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5147>
- Chiriboga, H. (2015). *BEAUVERIA BASSIANA, HONGO ENTOMOPATÓGENO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE HORMIGAS CORTADORAS.* Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2646/BVE17038724e.pdf>
- Cobos, D. I. (2014). *Estudio comparativo del rendimiento del plátano Barraganete VS plátano Dominico.* Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>
- Fiallos, K. (2023). *Evaluación de cepas monospóricas y poliespóricas de hongos entomopatógenos para el control de *Cosmopolites sordidus* (Germ.) en el cantón El Carmen, Manabí, Ecuador.* El Carmen.
- Gaviria, J. (2020). *SELECCIÓN DE CEPAS DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) PARA LA COLONIZACIÓN*

- ENDÓFITA EN PLÁNTULAS DE COCO.* Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902020000100003&script=sci_arttext&tlng=en
- González, P. (30 de 11 de 2022). *RECIAMUC.* Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/977-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1813-1-10-20221231.pdf>
- Guzman, D. (2019). *Alternativas para el control de picudo negro (Cosmopolites sordidus g.) en el cultivo de banano convencional.* Obtenido de https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE00006_TRABAJODETITULACION2.pdf
- INAMHI. (2017). *ANUARIO METEOROLÓGICO.* Ecuador: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Pacheco, L. R. (2019). *Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México.* . Obtenido de Revista mexicana-de-Ciencias-Forestale: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SU%C3%81REZ%20BAQUERIZO%20MAR%C3%8DA%20FERNANDA.pdf>
- Parra, P., & Löhr, B. (2014). *Manual de trampeo del picudo negro de las palmas, Rhynchophorus palmarum, en trampas de feromona adaptadas a la situación particular de pequeños productores de la costa del Pacífico colombiano.* Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/ced2e8dc-367e-44cc-b279-7b9f8e993428/content>
- Quintero, J. E. (2019). *Efectividad del hongo Beauveria bassiana en trampas para manejo del picudo del cultivo de plátano (Cosmopolites sordidus: Coleoptera-*

- Curculionidae*) Tonalá- Chinandega, 2019. Chinandega. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4075/1/tnh10s939.pdf>
- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (15 de Marzo de 2019). *Análisis de las investigaciones sobre Metarhizium anisopliae en los últimos 40 años*. Obtenido de <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1866/2163>
- Rodríguez, F. (2018). *Cosmopolites sordidus en el cultivo de la banana*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67115/Ficha%20T%C3%A9cnica%20INIA%20N%C2%B0%2045?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20picudo%20negro%20del%20banano%20presenta%20una%20metamorfosis%20completa%20y,medida%20que%20pasan%20los%20d%C3%AD>.
- Ullon, F. (2024). *Control de picudo negro en el cultivo de plátano*. Valencia.
- Valarezo, M. (19 de Marzo de 2019). *Incidencia del picudo negro y picudo rayado en plantación de banano con manejo orgánico y convencional*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12764/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-151.pdf>
- Vicente, L. F. (13 de 10 de 2021). *Tácticas estratégicas para el manejo integrado de plagas y enfermedades en banano / Strategic tactics for the integrated management of pests and diseases in banana*. Obtenido de <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-014>
- William, D. G. (2020). *“Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo Beauveria bassiana para el control del picudo negro (Cosmopolites sordidus) y del picudo rayado (Metamasius hemipterus) en condiciones de laboratorio y campo”*.

Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a3ede65f-b87f-4ba3-acfc-750cd67d2f69/content>

Yucra, J. (2019). *Aplicación de Beauveria bassiana, Lecanicillium lecanii y Metarhizium anisopliae en Theobroma cacao con relación al daño de Carmenta spp., Kimbiri, Cusco, 2019. Cusco. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/932d7219-7b42-4248-800a-ac47b5b2d981/content>*

8 ANEXOS

Anexo 1 Cuadro de análisis de varianza de picudos negros infectados.

F. V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1994,44	10	199,49	4,42	0,0012
Tratamiento	311,14	5	62,23	1,38	0,2657
Repeticiones	1683,81	5	336,76	7,46	0,002
Error	1128,03	25	45,12		
Total	3122,97	35			
CV			51,56		

Anexo 2 Cuadro de análisis de varianza de mortalidad de picudos negros.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	21630,38	10	2163,04	9,55	<0,0001
Repet.	20550,63	5	4110,13	18,14	<0,0001
Trat.	1079,75	5	215,95	0,95	0,4648
Error	5664,55	25	226,58		
Total	27294,93	35			
CV			42,11		

Anexo 3 Cuadro de análisis de varianza en el 3 día.

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	11550,28	10	1155,03	20,33	<0,0001
Tratamientos	540,47	5	108,09	1,9	0,1298
Repeticiones	11009,81	5	2201,96	38,75	<0,0001
Error	1420,69	25	56,83		
Total	12970,97	35			
CV			26,48		

Anexo 4 Cuadro de análisis de varianza día 7.

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	2727,94	10	272,79	4,75	0,0008
Tratamientos	330,14	5	66,03	1,15	0,3615
Repeticiones	2397,81	5	479,56	8,34	0,0001
Error	1437,03	25	57,48		
Total	4164,97	35			
CV			54,05		

Anexo 5 Cuadro de análisis de varianza día 14.

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	987,44	10	98,74	6,48	0,0001
Tratamientos	121,22	5	24,24	1,59	0,1993
Repeticiones	866,22	5	173,24	11,36	<0,0001
Error	381,11	25	15,24		
Total	1368,56	35			
CV			51,3		

Anexo 7 Preparación del sustrato



Anexo 6 Insumos



Anexo 9 Elaboración de trampas tipo V



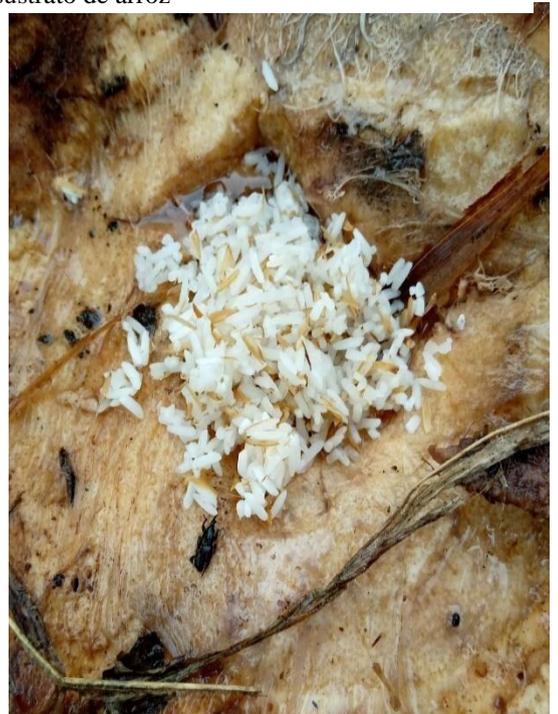
Anexo 8 Aplicación de *Beaveria bassiana*



Anexo 11 Colocación de las cepas puras en líquida



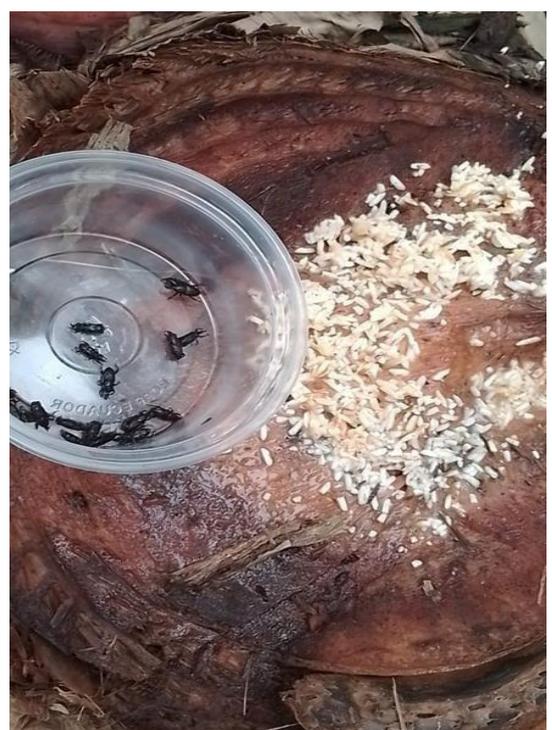
Anexo 10 Colocación de las cepas inoculadas en sustrato de arroz



Anexo 12 Identificación de trampas por tratamiento



Anexo 13 Recolección de picudos



Anexo 14 Identifica de recipientes por tratamiento



Anexo 15 Picudos negros afectados por *Beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae*



Tesis Freddy_Ureta

6%
Textos sospechosos



9% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas (ignorado)
3% entre las fuentes mencionadas (ignorado)
< 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: Tesis Freddy_Ureta.docx
ID del documento: 2d821c510431fc99c7266a2e4462e252f3874392
Tamaño del documento original: 4,5 MB

Depositante: JORGE VIVAS CEDEÑO
Fecha de depósito: 30/7/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 30/7/2024

Número de palabras: 8419
Número de caracteres: 58.073

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI: Beauv... 11% Palabras idénticas: 1% (135 palabras) https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4650			
2	dspace.utb.edu.ec http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/8422/1/E-UTB-FACIAG-ING-AGRON-000271.pdf 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (125 palabras)
3	www.scielo.cl SELECTION OF STRAINS OF <i>Beauveria bassiana</i> AND <i>Metarhizium</i> ... https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902020000100003&script=sci_arttext&tlng=en 28 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (109 palabras)
4	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a3ede65f-b87f-4ba3-acfc-750cd672f69/... 26 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (106 palabras)
5	Documento de otro usuario #b4f60e El documento proviene de otro grupo 14 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (101 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.agrocabildo.org https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_730_picudo.pdf			< 1% Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
2	Trabajo de titulación - Axel Quiroz.pdf Trabajo de titulación - Axel Quiroz #83815a El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	dspace.utb.edu.ec http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/10238/3/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000161.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
4	www.agrocabildo.org https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_728_picudo.p#	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
5	www.agrocabildo.org https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_565_Ensayo picudo.p#	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)

Fuentes ignoradas

Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec 15% Palabras idénticas: 5% (464 palabras) https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4650/1/ULEAM-AGRO-0165.pdf			0165.pdf
2	JOHN JAIRO GANCHOZO GALLÓN.docx JOHN JAIRO GANCHOZO GALLÓN #460340 El documento proviene de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (273 palabras)
4	repositorio.unu.edu.pe http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/UNU/5147/1/B01_2022_UNU_MAESTRIA_2022_TM_RICARD...	2%		Palabras idénticas: 2% (189 palabras)
5	agro-ciencia.cl https://agro-ciencia.cl/web/wp-content/uploads/2020/03/AC-1916-Selection-of-strains-of-Beauveria-...	2%		Palabras idénticas: 2% (157 palabras)
6	www.scielo.cl http://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v36n1/0719-3890-chjaasc-00101.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (157 palabras)
7	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4612/1/ULEAM-AGRO-0133.pdf	2%		Palabras idénticas: 2% (164 palabras)