



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Producción y uso del hongo *Metarhizium anisopliae* Mestsh Sor 1879
en el control del picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*
Germar 1824

AUTOR:

Kelvin Alfonso Delgado Burgos

TUTOR:

Ing. Agr. Pedro Emilio Cedeño Loja *D. Sc.*

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El proceso de producción del hongo *M. anisopliae* involucra una serie de etapas que tienen como objetivo obtener un producto que presente el mayor número de esporas viables para el control de *C. sordidus* en el cultivo de banano bajo condiciones de campo. El presente trabajo de investigación bibliográfica se desarrolló como componente no experimental, mediante una técnica de análisis, síntesis y resumen de la información obtenida. Por lo anteriormente detallado se determinó que el picudo negro *C. sordidus* es considerado una plaga que provoca daños importantes en el cultivo de banano, donde realiza galerías en el cormo, debilitando la planta, causando el volcamiento y provocando la pérdida de unidades productivas. El hongo *M. anisopliae* tiene un amplio efecto de control contra el insecto plaga *C. sordidus*; el ciclo de vida de este hongo entomopatógeno consiste en una fase de células infectadas en el cuerpo del insecto y una segunda fase saprofita cuando el hongo utiliza nutrientes del cuerpo del insecto para completar el ciclo. Se han presentado resultados eficientes entre el 85 % y 95 % de mortalidad sobre *C. sordidus* al utilizar el hongo *M. anisopliae* con una concentración de 5×10^8 permitiendo que el insecto camine sobre las cepas del hongo o en los trozos de pseudotallo tratados directamente, para que los insectos que infecten durante el proceso de colonización. La producción, activación, conservación y formulación de *M. anisopliae* es factible a nivel de laboratorio, en la cual se debe asegurar la virulencia del mismo y su capacidad controladora en el campo.

Palabras claves: Producción, parasitismo, entomopatógeno, sustrato.

SUMMARY

The production process of the *M. anisopliae* fungus involves a series of stages that aim to obtain a product that has the greatest number of viable spores for the control of *C. sordidus* in banana cultivation under field conditions. This bibliographic research work was developed as a non-experimental component, through a technique of analysis, synthesis and summary of the information obtained. From the above details, it is determined that the black weevil *C. sordidus* is considered a pest that causes significant damage to banana crops, where it makes galleries in the corm, weakening the plant, causing overturning and causing the loss of productive units. The fungus *M. anisopliae* has a broad control effect against the insect pest *C. sordidus*; The life cycle of this entomopathogenic fungus consists of a phase of infected cells in the insect body and a second saprophytic phase when the fungus uses nutrients from the insect body to complete the cycle. Efficient results have been presented between 85% and 95% mortality on *C. sordidus* when using the fungus *M. anisopliae* with a concentration of 5×10^8 allowing the insect to walk on the strains of the fungus or on the pseudostem pieces treated directly, so that insects infect them during the colonization process. The production, activation, conservation and formulation of *M. anisopliae* is feasible at the laboratory level, in which its virulence and its controlling capacity in the field must be ensured.

Keywords: Production, parasitism, entomopathogen, substrate.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Importancia del cultivo de banano	5
2.1.2. Antecedente del picudo negro (<i>C. sordidus</i>)	5
2.1.3. Picudo negro (<i>C. sordidus</i>) en Ecuador	6
2.1.3.1. Hospederos.....	6
2.1.3.2. Taxonomía del picudo negro	6
2.1.3.3. Descripción morfológica y biológica	6
2.1.3.3.1. Huevos.....	7
2.1.3.3.2. Larvas	7
2.1.3.3.3. Pupas.....	7
2.1.3.3.4. Adultos	7
2.1.3.4. Daños.....	8
2.1.4. <i>M. anisopliae</i> como alternativa para el control biológico de <i>C. sordidus</i>	9
2.1.4.1. <i>M. anisopliae</i>	9

2.1.4.1.1.	Clasificación taxonómica	9
2.1.4.1.2.	Condiciones favorables	10
2.1.4.1.3.	Mecanismo de acción	10
2.1.4.1.4.	Sintomas	11
2.1.5.	Proceso de producción del hongo <i>M. anisopliae</i>	11
2.1.5.1.	Recolección de muestras en el campo.....	11
2.1.5.2.	Aislamiento	12
2.1.5.3.	Reactivación	12
2.1.5.4.	Producción del inoculo en cajas Petri.....	13
2.1.5.5.	Preparación de matices	13
2.1.5.6.	Preparación del sustrato.....	13
2.1.5.7.	Inoculación del sustrato	14
2.1.5.8.	Secado del producto.....	14
2.1.5.9.	Pruebas microbiológicas o pruebas de calidad.....	14
2.1.5.9.1.	Concentrado de esporas	14
2.1.5.9.2.	Prueba de germinación.....	15
2.1.5.9.3.	Prueba de pureza	15
2.1.6.	Efectos de uso del hongo <i>M. anisopliae</i> en el control del picudo negro del banano <i>C. sordidus</i>	16
2.2.	METODOLOGÍA	17
2.3.	RESULTADOS	18
2.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
3.1.	CONCLUSIONES.....	21
3.2.	RECOMENDACIONES	21
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS	22
4.1.	REFERENCIAS	23
	ANEXOS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. <i>C. sordidus</i> parasitados con <i>M. anisopliae</i>	29
Figura 2. <i>a. Morfología macroscópica; b. microscópica de M. anisopliae</i> ...	29
Figura 3. Producción de inóculo de <i>M. anisopliae</i> en caja Petri.....	30
Figura 4. <i>Fundas con sustrato de arroz inoculadas con M. anisopliae</i>	30

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El Banano ecuatoriano se cultiva en la zona costera conformada por las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas; y en los valles cálidos de la Sierra de Cañar, Cotopaxi, y demás provincias, las bondades del clima e incomparables propiedades de los suelos han permitido alcanzar generosos niveles de productividad; las hectáreas sembradas de banano sobrepasan las 200 mil, en la Costa la producción estuvo concentrada con el 92%, donde la provincia de Los Ríos represento el 38 %, Guayas 31 % y El Oro 22 %; el comercio del banano representa aproximadamente el 20% del Producto Interno Bruto (PIB) (INEC-ESPAC 2022).

Garofalo (2019) manifiesta que el cultivo de banano presenta una serie de problemas fitosanitarios que repercuten directamente en la producción; entre el principal problema del cultivo encontramos el insecto plaga tal como, el picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*.

El picudo negro es un insecto que tiene un gran impacto en el rendimiento del banano, provocando pérdidas de hasta el 42 % del rendimiento esperado, el daño causado por el picudo negro se encuentra en estado larvario, haciendo túneles en el cormo de la planta, provocando que se debilite e incluso provoque la caída de racimos; debido a sus hábitos nocturnos, los ataques se realizan principalmente durante la noche, lo que dificulta su control (Zapata 2020).

Cuando hay una gran infestación del insecto picudo negro los productores de banano utilizan productos con ingredientes activos insecticidas como carbamatos, organofosforados y piretroides para el control químico, pero a veces los resultados no son los esperados (López 2020).

Las alternativas biológicas para el control de *C. sordidus* deben ser consideradas dentro del manejo integrado de plagas mediante la utilización de hongos entomopatógenos; por ende, la especie de hongo entomopatógeno

Metarhizium anisopliae, Mestsh Sor 1879 se considera como un potencial regulador natural de poblaciones de insectos perjudiciales para los cultivos agrícolas (Ronquillo 2021).

La producción, activación, conservación y formulación de *M. anisopliae* es factible a nivel de laboratorio, en la cual se debe asegurar la virulencia del mismo y su capacidad controladora en el campo.

Por lo expuesto fue necesario recopilar y sintetizar información referente a la producción y uso del hongo *M. anisopliae* en el control del picudo negro del banano *C. sordidus*.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El picudo negro, *C. sordidus*, es considerado una plaga que causa daños importantes a la producción bananera en el Ecuador; el picudo negro provoca galerías a nivel del cormo, lo que debilita la planta, provocando su caída y provocando pérdida de unidades de producción en la plantación (Guzmán 2020).

Una población alta de *C. sordidus* en el cultivo del plátano ha provocado que muchas plantas sufran caídas, ya que la propagación de estos insectos provoca que los cormos se pudran, y por tanto su control mediante trampas de pseudotallos de banano son extremadamente peligrosas para los agricultores y el medio ambiente cuando se usan con pesticidas; Entre los pesticidas utilizados para controlar esta plaga, encontramos los pesticidas organofosforados debido a su alta toxicidad y efecto sobre el sistema nervioso, y se cree que afectan no solo a las plagas sino también a los organismos benéficos (Guzmán 2020).

Por esta razón las investigaciones con agentes biológicos han despertado el interés en el control de insectos plagas en cultivos de importancia económica convirtiéndose en una respuesta positiva a la utilización de productos químicos, siendo *M. anisopliae* un hongo entomopatógeno ampliamente utilizado en el control del picudo negro del banano (*C. sordidus*) (Ronquillo 2021).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El problema frecuente que sufren los productores bananeros, es el volcamiento de muchas de sus plantas, debido a la abundante presencia de *C. sordidus* el cual se introduce el corno de la planta, afectando severamente su sistema radicular y evitando que esta pueda absorber los nutrientes necesarios, lo que provoca un decaimiento de la planta y posteriormente su desprendimiento del suelo.

Además, el uso desmedido de productos químicos en las fincas bananeras, ha incentivado a buscar nuevas alternativas ecológicas, siendo importante el empleo de agentes biológicos, tal como el hongo entomopatógeno *M. anisopliae* para mermar las poblaciones de *C. sordidus*.

La producción de *M. anisopliae* representa una alternativa efectiva cuando la demanda es alta, donde se puede lograr obtener un producto biológico en menor tiempo, con mayor cantidad y variedad de propágulos, lo cual hacer que aumente su eficiencia.

Es crucial conocer que el hongo *M. anisopliae* se puede lograr captar de forma natural a nivel de suelo o algún sustrato, debido a su alta versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación, que faculta su utilización en el control biológico del insecto *C. sordidus*.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Compilar información sobre la producción y uso del hongo *M. anisopliae* en el control del picudo negro del banano *C. sordidus*.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir el proceso de producción del hongo *M. anisopliae*.

- Especificar el uso del hongo *M. anisopliae* en el control del picudo negro del banano *C. sordidus*.

1.5. LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad, y biotecnología

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Importancia del cultivo de banano

El banano es uno de los cultivos más importantes del mundo después del arroz, el trigo y el maíz; considerado un producto básico y de exportación, también es una importante fuente de empleo e ingresos en muchos países en desarrollo; es una de las frutas más consumidas no sólo por su sabor sino también por su valor nutricional; los países más importantes son: Europa, Estados Unidos, Japón y Canadá (Gol 2020).

El banano es un producto alimenticio de gran importancia socioeconómica y de seguridad alimentaria, ya que además de servir como fuente de alimento para la población, crea importantes oportunidades de empleo durante su producción, comercialización y exportación (López 2020).

Como una de las principales actividades exportadoras del país, el banano representa el 25 % de las exportaciones totales del Ecuador, con una facturación de casi 3.000 millones de dólares en 2022; casi el 60 % de los productores de banano del país son pequeños y medianos agricultores con un promedio de 8.500; el sector bananero también beneficia a otras industrias a través de actividades relacionadas como el transporte terrestre y marítimo, plásticos, cartón, agroquímicos, entre otro (ESPAC 2022).

2.1.2. Antecedente del picudo negro (*C. sordidus*)

El picudo negro (*C. sordidus*) es una de las plagas del banano (*M. acuminata* AAA) más importantes en el mundo; este insecto es originario del sudeste asiático, concretamente de la región indo-malasia de Indonesia; está ampliamente distribuido en las regiones pantrópicas y también subtropicales; se encuentra en las principales regiones productoras de banano del mundo; reportado por primera

vez en 1900 en China, Indochina, Malaya, Java, Sri Lanka, Australia y Brasil; durante los siguientes 20 años, este insecto plaga se observó en las islas de los océanos Pacífico e Índico, África Central, América Central y el Caribe (Armendáriz *et al.* 2018).

2.1.3. Picudo negro (*C. sordidus*) en Ecuador

El picudo negro (*C. sordidus*) es una plaga importante del cultivo de banano en Ecuador; el control de esta plaga depende del uso de pesticidas (principalmente organofosforados, carbamatos y piretroides), pero los resultados no siempre son satisfactorios debido al impacto ambiental de su uso; el insecto causa pérdidas de rendimiento de hasta el 90 % de la cosecha y causa daños a las plantaciones cuando las plantas se caen durante la temporada de lluvias (Amador *et al.* 2020).

2.1.3.1. Hospederos

El picudo negro del banano es un insecto oligófago, lo que significa que su dieta se limita a especies de plantas de la misma familia o relacionadas; sus principales huéspedes pertenecen a la familia de las musáceas, entre los que destacan plátano y banano (Amador *et al.* 2020).

2.1.3.2. Taxonomía del picudo negro

Bermúdez (2019) menciona que la clasificación taxonómica del picudo negro es la siguiente:

- **Reino:** Animalia
- **Phylum:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Coleoptera
- **Familia:** Curculionidae
- **Género:** *Cosmopolites*
- **Especie:** *sordidus*
- **Nombre científico:** *C. sordidus* Germar 1824.

2.1.3.3. Descripción morfológica y biológica

Castillo (2020) manifiesta que el picudo negro del banano presenta una metamorfosis completa y sus estados de desarrollo son: huevo, larva, pupa y adulto.

2.1.3.3.1. Huevos

Son de forma cilíndrica y color blanco perlado, miden 0.5 mm de ancho y 2 mm de largo; la duración de este estado a 25 °C es de 7 y 9 días (Castillo 2019).

2.1.3.3.2. Larvas

Las larvas son apodas (sin patas) y de color blanco con una cápsula cefálica en forma de cúpula de superficie lisa y color ámbar; su eclosión ocurre principalmente a 25-30°C, y temperaturas superiores a 32°C inhibirán la incubación; las larvas se desarrollan en los conductos del tejido del huésped; tiene de 5 a 8 estadios larvarios que duran entre 3 y 17 semanas en condiciones naturales; estas diferencias dependen de factores ambientales y nutricionales, densidad de insectos, condición fenológica y especies de plantas (Armendáriz *et al.* 2018)

2.1.3.3.3. Pupas

Son del tipo libre o exarata, lo que significa que se pueden identificar fácilmente diferentes partes del cuerpo; son de color blanco cremoso y tienen una longitud media de 12,7 mm; en condiciones naturales, la duración de esta condición es de 6 a 12 días; en condiciones de laboratorio, su desarrollo tarda 6 días a 30 °C y 23 días a 16 °C; la pupa se encuentra en los cormos en la cámara ovalada donde se forman las larvas previo a su pupación (Armijos 2019).

2.1.3.3.4. Adultos

Los adultos cuando se exponen por primera vez, miden de 10 a 15 mm de largo y son de color marrón rojizo, y con el tiempo se oscurecen gradualmente hasta volverse negros; su cabeza es compacta y pequeña; son nocturnos, se mueven muy lentamente y se sienten muy atraídos por las sustancias volátiles producidas por las plantas hospedantes; pueden vivir entre 5 y 8 meses en condiciones de campo, pero se han informado tiempos de supervivencia cercanos a los 2 años (Masanza y Gold 2020).

El mismo autor anterior menciona que prosperan en ambientes húmedos y pueden pasar sin comer durante 3 a 6 meses; son muy sensibles a las condiciones secas y mueren entre 1 a 10 días bajo estas condiciones.

Después del apareamiento, la hembra pone sus huevos en plantas de todas las edades, casi siempre en el cuello del bulbo, muy cerca del nivel del suelo; antes de poner los huevos, hace un agujero de 1 a 2 mm de profundidad con su aparato bucal y coloca en él los huevos individualmente; una hembra puede poner una media de 100 huevos durante su vida (Muñoz 2021).

2.1.3.4. Daños

El daño directo es causado por la alimentación de las larvas, ya que forman canales en los bulbos y pseudotallos, lo que resulta en: reducción de la absorción y transporte de agua y nutrientes, reducción del vigor de la planta y retraso en la floración; reducen indirectamente la productividad, aumentan la susceptibilidad a otras plagas y enfermedades y acortan la vida de los cultivos (Tejada 2019).

El mismo autor menciona que los picudos negros adultos se sienten atraídos por las sustancias volátiles liberadas por sus plantas hospedantes; los rizomas cortados crean un atractivo especial; por lo tanto, puede resultar difícil plantar nuevos cultivos en campos previamente infectados o cerca de campos muy infectados; los adultos se sienten atraídos por los rizomas cortados, lo que hace que los brotes utilizados como material de siembra sean particularmente vulnerables.

Se ha registrado que el picudo negro del banano causa una pérdida de rendimiento de más del 40 %; una alta infestación interfiere con la germinación de las raíces, eliminan las raíces existentes, limita la absorción de nutrientes, reduce el vigor de las plantas, retrasa la floración y aumenta la susceptibilidad a plagas y enfermedades; la reducción del rendimiento es causada por la pérdida de plantas (muerte de las plantas, rotura de rizomas, latencia) y la reducción del peso del racimo; el acame a menudo se atribuye a nematodos y, en ausencia de nematodos, se observa acame en infestaciones graves de picudo negro (González *et al.* 2022).

2.1.4. *M. anisopliae* como alternativa para el control biológico de *C. sordidus*

Los hongos entomopatógenos (HE) se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza en diversos ecosistemas y desempeñan un papel importante en la regulación de las poblaciones de plagas; causan infecciones mortales en sus huéspedes, incluidas las que viven en el suelo mediante epizootias (García 2019).

El uso de hongos entomopatógenos como *M. anisopliae* para controlar el picudo del banano se ha estudiado desde la década de 1970; se ha probado la actividad de varias cepas contra este insecto plaga del banano, muchas de ellas con tasas de mortalidad superiores al 90 %; sin embargo, hay pocos datos sobre el desempeño de las cepas candidatas a patógenos de insectos en condiciones de campo; por lo tanto, el desarrollo de sistemas de entrega en el campo eficientes y rentables es quizás el área de investigación más importante en la actualidad (Armijos 2019).

2.1.4.1. *M. anisopliae*

El género *Metarhizium* fue descrito por Sorokin en 1883, y con base en sus características morfológicas se ha descrito las variedades *M. anisopliae* var. *anisopliae* y var. *Majús* (Muñoz 2019).

La evidencia del ataque de *M. anisopliae* sobre insectos plagas en condiciones de campo, ha sido descrito en la naturaleza como muscardina verde en más de 200 especies de insectos, exhibe diversos grados de especificidad influenciados por las características del patógeno y la cutícula del huésped (Ríos 2020).

El mismo autor afirma que el hongo *Metarhizium anisopliae* tiene un amplio efecto de control contra una variedad de insectos huéspedes; el ciclo de vida de este hongo entomopatógeno consiste en una fase de células infectadas en el cuerpo del insecto y una segunda fase saprofita cuando el hongo utiliza nutrientes del cuerpo del insecto para completar el ciclo; se caracteriza por ser mesófilo, con una temperatura óptima para la germinación y crecimiento de 25 a 30 °C.

2.1.4.1.1. Clasificación taxonómica

Buena y Hernández (2020) menciona que la clasificación taxonómica del hongo *M. anisopliae* es la siguiente:

- **Reino:** Fungi
- **División:** Ascomycota
- **Clase:** Sordariomycetes
- **Orden:** Hypocreales
- **Familia:** Clavicipitaceae
- **Género:** *Metarhizium*
- **Especie:** *anisopliae*
- **Nombre científico:** *M. anisopliae* Mestsh Sor 1879

2.1.4.1.2. Condiciones favorables

La temperatura afecta directamente el proceso de desarrollo de *M. anisopliae*, y la respuesta a los cambios de temperatura se considera un punto de partida para la selección de cepas de hongos con potencial de biocontrol, ya que afecta la persistencia y eficacia en campo (Sepulveda *et al.* 2019).

El mismo autor anterior menciona que la humedad relativa es un factor importante en la germinación de los conidios, no solo afecta la germinación de los conidios, sino que también afecta la supervivencia del entomopatógeno en condiciones naturales, la germinación de los conidios generalmente requiere una mayor humedad relativa; la germinación óptima se produce al 100 % de humedad relativa, se puede observar una ligera germinación al 92,5 % y no se pueden obtener resultados satisfactorios con valores inferiores al 85 %.

2.1.4.1.3. Mecanismo de acción

Los insectos muertos por este hongo están completamente cubiertos de micelio, que inicialmente es blanco, pero se vuelve verde cuando se forman las esporas del hongo; sobre el mecanismo de acción de *M. anisopliae* tienen la ventaja sobre los virus y las bacterias ya que deben ser ingeridos por el insecto para que sean efectivos, mientras que el hongo puede entrar en contacto con la cutícula del insecto para procesos infecciosos; la efectividad de los hongos entomopatógenos a nivel de campo tiende a afectarse por diversos factores abióticos: radiación solar,

temperatura y humedad, por lo que son necesarios aditivos para proteger los principios activos y mantener su persistencia residual (Perera *et al.* 2019).

El proceso de infección ocurre cuando las esporas del hongo se mantienen en contacto y encuentran una ubicación ideal para establecer una asociación patógeno-huésped e iniciar la formación del tubo germinativo; en este punto, el hongo comienza a secretar enzimas hidrolíticas, destruyendo la cutícula y proporcionando así nutrientes al hongo; estas enzimas ayudan al proceso osmótico mediante presión mecánica; una vez dentro, el hongo desarrolla un micelio que se propaga a través del hemocele e invade diversos tejidos musculares y cuerpos grasos, matando al insecto (Delgado 2020).

2.1.4.1.4. Síntomas

Los síntomas generados por *M. anisopliae* varían: los adultos infectados se mueven lentamente, no comen, las hembras no ponen huevos y tienen un radio de vuelo reducido; pueden morir lejos del sitio contaminado; el ciclo total de la enfermedad dura de 8 a 10 días; después de la muerte, los individuos desarrollan un crecimiento de hifas blancas y continúan produciendo esporas verdes (Ronquillo 2021).

2.1.5. Proceso de producción del hongo *M. anisopliae*

2.1.5.1. Recolección de muestras en el campo

Para obtener cepas entomopatógenas del hongo *M. anisopliae* se realizan recolecciones sobre el cuerpo de insectos que presentan síntomas o signos del patógeno a aislar (micelio o esporulación); los insectos se deben colocar individualmente en frascos de vidrio, cajas o bolsas de plástico limpios o esterilizados y se transportan al laboratorio; en este caso, las muestras se esterilizaron mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,5 % durante 2 minutos y luego se enjuagan tres veces con agua destilada estéril (ADE); luego se colocan sobre papel filtro esterilizado para eliminar el exceso de agua; después de esterilizar la muestra, colocarla en una placa de Petri en una habitación húmeda estéril con papel de filtro, bolas de algodón húmedas y dos

portaobjetos de vidrio en forma de cruz sobre los cuales se colocan la muestra esterilizada (Castiñeras *et al.* 2020).

2.1.5.2. Aislamiento

Los insectos con esporas uniformes y sin contaminantes deben ser retirados de la cámara húmeda para su aislamiento, el mismo que se puede realizar de dos formas: en el primer caso se prepara una suspensión retirando los conidios del insecto y colocándolos en un frasco con 9 ml de ADE y una gota de Tween 20; a partir de esta suspensión se inocula el medio mediante una asa de platino; en otro caso, se eliminan los conidios de los insectos con una asa de platino y sembrar directamente en el medio de cultivo mediante la técnica de frotis; aislar en placa o tubo petri que contenga PDA (patata, glucosa y agar) y extracto de levadura; agregar una gota de ácido láctico al medio en cada placa de Petri o tubo de ensayo para evitar el crecimiento bacteriano; las placas de Petri se deben sellar con parafilm y los tubos se sellan con papel de algodón y papel de aluminio y luego se colocan en una incubadora a 27 °C con luz constante (Batistas *et al.* 2019).

2.1.5.3. Reactivación

A partir de una cepa seleccionada, ya sea natural o introducida, es necesario mantener la patogenicidad y virulencia del organismo mediante su reactivación dos veces al año; para ello se utilizan insectos vivos procedentes de laboratorio o criados en la naturaleza, que no presentan ningún síntoma de influencia patógena. Para el caso del picudo negro, desinfecte con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,5% durante 2 minutos y enjuague tres veces con ADE; luego colocarlos sobre papel de filtro esterilizado para eliminar el exceso de humedad y después inocular los hongos; los métodos de inoculación incluyen sumergir el insecto en una suspensión de 1×10^8 conidios/ml o pasar una pincelada en el dorso del mismo (Espinoza *et al.* 2018).

Los mismos autores mencionan que los insectos inoculados deben ser colocados individualmente en placas de Petri y se les proporcionará humedad y alimento hasta que mueran; luego se colocaran sobre papel de filtro para eliminar el exceso de humedad y se transfieren a jaulas para insectos y se almacenan con cormos esterilizados hasta que los insectos mueran; como se mencionó anteriormente, los insectos muertos se colocan en una cámara húmeda (placa de

Petri) para permitir el desarrollo del hongo entomopatógeno y la formación de esporas.

2.1.5.4. Producción del inóculo en cajas Petri

Cuando se obtienen colonias puras del patógeno, se prepara una suspensión de conidios que se inocula en el medio de cultivo (PDA más extracto de levadura) utilizando un esparcidor o un rallador de vidrio; las cajas de Petri se sellan con parafilm y se colocan en una incubadora a 27 °C bajo luz constante durante 15 días, tiempo durante el cual el hongo completará su desarrollo y se establece completamente la esporulación; una vez que los hongos han esporulado, se retira el parafilm de la placa de Petri mientras permanecen en la incubadora para deshumidificar las colonias y mejorar el intercambio gaseoso; luego, las cajas se colocan en un frigorífico (4-8 °C), donde se pueden conservar hasta seis meses (López 2020).

2.1.5.5. Preparación de matices

Para formar matrices se utiliza un Erlenmeyer de 500 ml que contenga 100 ml de PDA más extracto de levadura y dos gotas de ácido láctico para hacer la matriz; inocular estas matrices con el inóculo de las cajas de Petri llenas; para ello preparar una suspensión con una concentración de 1×10^8 conidios/ml e inocular cada sustrato con 2 ml del mismo; colocar en incubadora o ambiente a 27°C con luz constante o fotoperiodo normal; después de 15 días, el hongo estará completamente esporulado y listo para la producción a gran escala (Farah *et al.* 2022).

2.1.5.6. Preparación del sustrato

El arroz prehevido se utiliza para la producción en masa del hongo entomopatógeno; para hacer esta base, cocina el arroz en una olla con agua hirviendo durante 5 a 10 minutos; el arroz al vapor debe tener una textura suave y romperse fácilmente con las uñas; luego se transfiere el arroz a un colador para escurrir el exceso de agua y se enfría; el arroz precocido se puede colocar en botellas de vidrio, fundas de polipropileno o recipientes para autoclave; se puede utilizar fundas de polipropileno de 8"x12" que contiene 400 g de arroz precocido, las mismas que cierran doblándola en tercios y cerrándola con grapas; el material

así preparado se esteriliza en un autoclave a 121 °C, 15 psi durante 30 min; después de la esterilización, se debe quitar la tapa para evitar que el arroz se pegue y facilitar el crecimiento del hongo (Bakase *et al.* 2022).

2.1.5.7. Inoculación del sustrato

A partir de cada sustrato sólido se preparan 500 ml de suspensión de conidios fúngicos con una concentración de 1×10^8 conidios/ml; inicialmente se añaden 100 ml de ADE + Tween 20 al 0,05%, con lo que se realiza el primer lavado de conidias del sustrato, seguido de otros lavados sucesivos hasta 500 ml de suspensión fúngica; para evitar el crecimiento bacteriano, se añaden a esta suspensión 62,5 mg de cloranfenicol; utilizar 5 ml de esta suspensión por funda para inocular el sustrato (Espinoza *et al.* 2019).

Los mismos autores mencionan que las fundas inoculadas se deben llevar a una cámara de crecimiento donde deben permanecer expuestos a un fotoperiodo normal y a una temperatura de 26 a 28 °C; al tercer o cuarto día, se retira el contenido de las fundas para asegurar un crecimiento uniforme y un buen surco; luego de 15 días, el sustrato con hongos esporulados se transfiere a la cámara de secado.

2.1.5.8. Secado del producto

Colocar el sustrato lleno de hongos de la cámara de crecimiento en el cuarto de secado con una temperatura no superior a 28 °C, baja humedad (<70 %) y sin luz solar; una habitación con aire acondicionado proporciona condiciones suficientes para secar el material, el mismo que se esparce sobre papel periódico y plástico negro durante 12 días hasta que el contenido de humedad baje a 12 o 14 %; en estas condiciones, el material se envasa en recipientes de 1 kg y puede usarse directamente en campo o refrigerado (4 a 8°C), en este último caso, el hongo puede sobrevivir hasta 6 meses (Membang *et al.* 2020).

2.1.5.9. Pruebas microbiológicas o pruebas de calidad

2.1.5.9.1. Concentrado de esporas

De cada lote de producción se toman cuatro submuestras de un gramo de hongo de arroz para determinar la concentración de esporas; coloque cada alícuota

en una botella que contenga 10 ml de ADE y una gota de Tween 20 para crear una suspensión madre; luego transfiera 1 ml de cada suspensión madre a otra botella con 9 ml de ADE para preparar una dilución 1×10^{-1} ; luego se repite este proceso hasta obtener una dilución de 1×10^{-3} , que permite contar el número de conidias en una cámara de Neubauer o hemocitómetro; se cuentan las conidias en cinco áreas de la cámara de Neubauer (cuatro esquinas y una en el medio) y se suma los totales en los cinco campos para obtener el promedio; este valor se multiplica por 50.000 (el factor de la cámara), la inversa de la dilución (en este caso 10^3) y el volumen de la suspensión principal (10 ml); este valor será el número aproximado de conidias por gramo de arroz (Valverde 2019).

2.1.5.9.2. Prueba de germinación

Esta prueba está diseñada para determinar la viabilidad del hongo y se combina con una estimación del número de esporas por gramo, se calcula el número de esporas viables por unidad de peso o volumen; esta evaluación se realiza para cada una de las cuatro submuestras utilizadas para el recuento de conidias; para cada submuestra preparar una placa de Petri con 15 ml de agua agar sin acidificar; se marcan cinco puntos en la superficie exterior inferior de la caja, correspondientes a los puntos de asentamiento de las alícuotas que contienen esporas; de la dilución 1×10^{-3} de cada submuestra preparada para la prueba anterior, tomar alícuotas de 5 μ l y esparcirlas sobre el medio de cultivo en los lugares indicados de la caja de Petri; incubar las placas inoculadas durante 20 a 24 horas a 27°C y luego añadir una gota de azul de lactofenol a cada alícuota para detener la germinación y teñir simultáneamente las esporas de hongos. Luego se corta una alícuota, se coloca en un portaobjetos de vidrio y se cubre con un cubreobjetos; observar usando un objetivo de 40 X y contar al menos 100 esporas (germinadas y no germinadas) por alícuota; utilizando los datos obtenidos de cuatro submuestras, se calcula la germinación (Padilla *et al.* 2020).

2.1.5.9.3. Prueba de pureza

Muñoz y Mario (2019) mencionan que el propósito de las pruebas de pureza es determinar la proporción de sustancias biológicas e identificar contaminantes que ayudan a mejorar el proceso de producción del entomopatógeno; se prepara medio de agar patata dextrosa (PDA) suplementado con cloranfenicol (0,016 %)

añadiendo 1 ml de solución de cloranfenicol (0,25 g de cloranfenicol en 100 ml de ADE) a 150 ml de PDA; la cantidad de medio añadido a cada placa de Petri esterilizada debe ser de 10 a 15 ml; luego retire los tubos con una dilución 10^{-3} de cada alícuota, agite durante un minuto e inocule 50 μ l en cada caja esparciendo el inóculo utilizando un rallador bacteriano estéril; la caja de inoculación se incuba a 27 °C para promover el desarrollo de unidades formadoras de colonias (UFC); el número de UFC para cada organismo en todas las submuestras se debe contar diariamente durante 7 días consecutivos; al final de la lectura se identifica cada microorganismo presente y se registra el número de UFC de *M. anisopliae* y de otros microorganismos (hongos, bacterias y levaduras); para calcular la pureza (P), utilizar la siguiente fórmula:

$$\%P = \frac{\text{UFC del hongo deseado}}{\text{UFC totales}} * 100$$

2.1.6. Efectos de uso del hongo *M. anisopliae* en el control del picudo negro del banano *C. sordidus*.

La efectividad de *M. anisopliae* en el control de picudo negro ha sido demostrada en diversos estudios, donde se ha logrado una mortalidad cerca del 100 % a nivel de laboratorio; en condiciones de campo la mortalidad ha sido levemente inferior a la mostrada en laboratorio; *M. anisopliae* presenta un óptimo crecimiento a una temperatura de 25 °C y puede crecer de forma in vitro en un pH de 3.3 a 8.5, con una elevada humedad para que se desarrollen los conidios (Gil 2019).

En Brasil se han reportado resultados exitosos entre el 85 % y 95 % de mortalidad sobre *C. sordidus* al utilizar el hongo *M. anisopliae* con una concentración de 5×10^8 permitiendo que el insecto camine sobre las cepas del hongo o en los trozos de pseudotallo tratados directamente, para que los insectos que infecten durante el proceso de colonización (Ríos *et al.* 2020).

Un ensayo demostró que la mortalidad del picudo negro fue mayor, del 88%, en condiciones de laboratorio utilizando la cepa 2 *M. anisopliae* y en condiciones

de campo utilizando cepa 2 *M. anisopliae* la tasa de captura a los dos días después de colocada la trampa fue del 51,83%; utilizando el hongo *M. anisopliae* en condiciones de campo, la cepa 2 tuvo la mayor eficiencia del 30,50 %. El tiempo letal medio (TL50) para picudo negro inoculados con la cepa 2 en condiciones de laboratorio fue de 20 días (Garofalo 2020).

El hongo entomopatógeno *M. anisopliae* tiene efecto significativo en la reducción del picudo negro del banano (*C. sordidus*), en la cual la primera, segunda, tercera y cuarta evaluación los tratamientos 10 g de *M. anisopliae*/20 lt (T3) y 10 g de *M. anisopliae*/20 lt (T4), logrando 5 insectos muertos por planta en la primera evaluación, 4 en la segunda evaluación, 3 en la tercera evaluación y 5 en la cuarta, 3-4 en la quinta evaluación y 2-3 en la sexta evaluación en los dos tratamientos respectivamente (Goncalves 2020).

En un ensayo se establecieron 5 experimentos a nivel de laboratorio para determinar la patogenicidad de una raza exóticas *M. anisopliae* y cuatro cepas nativas como agentes biocontroladores del picudo negro (*C. sordidus*) del banano; la concentración utilizada fue de 2.3×10^7 conidios/50 ml de agua, donde se sumergieron los insectos correspondientes a cada tratamiento durante un minuto; luego los insectos fueron colocados en cajas Petri y dejados a una temperatura ambiente por 25 días, realizando evaluaciones a intervalos a 48 horas; se observaron un mayor porcentaje de insectos muertos (89 %) en menos tiempo cuando se compararon con otras cepas nativas y exóticas (Alvarado *et al.* 2020).

Los resultados de las cepas monospóricas y poliespóricas son muy eficientes porque en todos se obtuvo resultados de mortalidad y lo bueno es que se observó que actúa desde los 8 días de su aplicación. La mortalidad total del picudo negro a los 40 días en condiciones de laboratorio debido al parasitismo del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* fue del 96 % (Zapata 2020).

2.2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del documento bibliográfico se recopiló información de textos actualizados, bibliotecas virtuales, revistas, páginas web y artículos científicos que contribuyeron con el desarrollo de la investigación sobre la producción y uso del hongo *M. anisopliae* en el control del picudo negro del banano *C. sordidus*.

La presente investigación se desarrolló como componente no experimental de carácter bibliográfico, mediante una técnica de análisis, síntesis y resumen de la información obtenida.

2.3. RESULTADOS

El picudo negro es un insecto que tiene un gran impacto en el rendimiento del banano, provocando pérdidas de hasta el 42 % del rendimiento esperado, el daño causado por el picudo negro se encuentra en estado larvario, haciendo túneles en el cormo de la planta, provocando que se debilite e incluso provoque la caída de racimos; debido a sus hábitos nocturnos, los ataques se realizan principalmente durante la noche, lo que dificulta su control.

El hongo *M. anisopliae* tiene un amplio efecto de control contra una variedad de insectos huéspedes; el ciclo de vida de este hongo entomopatógeno consiste en una fase de células infectadas en el cuerpo del insecto y una segunda fase saprofita cuando el hongo utiliza nutrientes del cuerpo del insecto para completar el ciclo; se caracteriza por ser mesófilo, con una temperatura óptima para la germinación y crecimiento de 25 a 30 °C.

Es importante para la producción de *M. anisopliae* realizar pruebas de control entomopatógenas, pruebas de eficacia en campo y control de calidad para evidenciar la germinación de conidios para asegurar la virulencia del mismo y su capacidad controladora sobre el picudo negro (*C. sordidus*).

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El hongo *M. anisopliae* tiene un amplio efecto de control contra el insecto plaga *C. sordidus*; el ciclo de vida de este hongo entomopatógeno consiste en una fase de células infectadas en el cuerpo del insecto y una segunda fase saprofita cuando el hongo utiliza nutrientes del cuerpo del insecto para completar el ciclo; se caracteriza por ser mesófilo, con una temperatura óptima para la germinación y crecimiento de 25 a 30 °C, con una temperatura máxima de 32 a 35 °C y una mínima de 10 a 12 °C, por ende Ríos *et al.* (2020) señalan que la utilización del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* es una alternativa importante para lograr reducir las poblaciones del picudo negro en el cultivo de banano, con una tasa de mortalidad entre 80 y 90 %, minimizando el impacto negativo que los agroquímicos tienen sobre el medio ambiente.

La producción del hongo *M. anisopliae* involucra una serie de etapas que buscan obtener un producto que posea el mayor número de esporas viables para el control de *C. sordidus* en el cultivo de banano bajo condiciones de campo, por ello Ronquillo (2021) mencionan que es importante evidenciar la viabilidad de los conidios, los mismos que pueden verse afectados por la humedad y temperatura de almacenamiento del producto; además es recomendable que sus aplicaciones se realicen en la mañana o al final de la tarde, tomando en consideración las diversas labores agrícolas que se ejecutan en el cultivo de banano.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Mediante la información analizada se presenta las siguientes conclusiones:

- El picudo negro *C. sordidus* es considerado una plaga que provoca daños importantes en el cultivo de banano, donde realiza galerías en el cormo, debilitando la planta, causando el volcamiento y provocando la pérdida de unidades productivas.
- El hongo *M. anisopliae* tiene un amplio efecto de control contra el insecto plaga *C. sordidus*; el ciclo de vida de este hongo entomopatógeno consiste en una fase de células infectadas en el cuerpo del insecto y una segunda fase saprofita cuando el hongo utiliza nutrientes del cuerpo del insecto para completar el ciclo.
- Se han presentado resultados eficientes entre el 85 % y 95 % de mortalidad sobre *C. sordidus* al utilizar el hongo *M. anisopliae* con una concentración de 5×10^8 permitiendo que el insecto camine sobre las cepas del hongo o en los trozos de pseudotallo tratados directamente, para que los insectos que infecten durante el proceso de colonización.
- La producción, activación, conservación y formulación de *M. anisopliae* es factible a nivel de laboratorio, en la cual se debe asegurar la virulencia del mismo y su capacidad controladora en el campo.

3.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo detallado anteriormente se recomienda lo siguiente:

- Realizar chalas técnicas a los productores de banano sobre la producción de *M. anisopliae* a partir de insectos infectados de *C. sordidus* de forma natural.
- Incentivar a los productores bananeros que tomen en consideración la alternativa del control biológico mediante el uso de *M. anisopliae* para controlar el picudo negro a fin de asegurar la sanidad de las plantaciones de banano, sin afectar el medio ambiente.
- Aplicar todas las recomendaciones técnicas sobre la producción y uso de *M. anisopliae* para controlar el picudo negro en el cultivo de banano.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

Armendáriz, I., Landázuri, P., Taco, M., Ulloa, S. 2018. Dinámica de la población de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Insecta, Coleoptera, Curculionidae) en el cultivo del plátano en Ecuador. *Revista Científica Ecuatoriana* 1(1): 48.

Alvarado, H., Montes, L., Gomes, H., Bustillo, A., Mesa, E. 2020. Patogenicidad de cepas de *Metarhizium anisopliae* (L.) y *Beauveria bassiana* sobre *Rhynchophorus palmarum*. *Palmas* 34(2): 15-24.

Amador, M., Guillen, C., Parajeles, E, Jiménez, K., Uribe, L. 2020. Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *Cosmopolites sordidus* en condiciones in vitro. Tesis Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 48 p.

Armendáriz, I., Landázuri, P., Taco, M., Ulloa, S. 2018. Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamérica* 27(2): 319-327.

Armijos, F. 2019. Principales tecnologías generadas para el manejo del cultivo de banano, plátano y otras musáceas. Programa Nacional de Banano, Plátano y otras Musáceas. Boletín Técnico no. 131. INIAP, Guayaquil, Ecuador. 45 p.

Buena, A., Hernández, E. 2020. Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias ICIA. 40 p. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://www.icia.es/icia/download/publicaciones/Cosmopolites.pdf>

Bermúdez, J. 2019. Generalidades de los hongos entomopatógenos. Evaluación de *Beauveria bassiana* Vuill y *Metarhizium anisopliae* Sorok en el Combate de *Imatidium neivai* Bondar en Palma Africana, Ecuador, INIAP. 34 p.

Bakaze, E., Tinzaara, W., Gold, C., Kubiriba, J. 2022. The Status of Research for the Management of the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) in Sub-Saharan Africa. *European Journal of Agriculture and Food Sciences* 4(2): 39–51. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.2.469>

Batistas, A., Paiva, L., Myazaki, Y., Bastos, B., Oliveira, D. 2019. Control biológico do moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus* Germar 1824) pelo uso de fungos entomopatógenos no laboratório. *Biológico (Brasil)* 53 (6): 1-6.

Castiñeiras, A., López, M., Calderón, A., Cabrera, T., Luján, M. 2020. Virulencia de 17 aislamientos de *Beauveria bassiana* y 11 de *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*. *Ciencias y Técnicas en la Agricultura (Cuba)* 13(3): 45-51.

Castillo, Z. 2020. Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén, Guatemala. Tesis Ing. Agr. CATIE, Costa Rica. 78 p.

Delgado, W. 2020. Control microbial del picudo negro *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) usando hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals vuill) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch sorokin) en el cultivo de plátano. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 105 p.

Espinoza, A., Vivas, L., Lara, E., Pico, J. 2018. Manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) Con el hongo entomopatógeno *Beauveria Bassiana* (Bals), Vuill. Guayaqui, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Boliche, Departamento Nacional de Protección Vegetal. (Boletín Divulgativo s/n.m). Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2016>

Espinosa, Y., Quevedo, J., Gracia, R. M. 2019. Determinación de la eficiencia de diferentes trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en banano orgánico. Revista Científica Agroecosistemas 7(1): 171–180. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/263>

Farah, S., Bajaña, G., Amador, C., Hasang, E., Alvarado, A. 2022. Eficacia de trampas etológicas para el control de *Cosmopolites sordidus* en banano (*Mussa spp*) en la Hacienda Mechita del Cantón Pueblo Viejo en Ecuador. Revista Tecnológica - Espol, 34(4), 69-79. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/articulo/view/976>

Gonçalves, V. 2020. Compatibilidade de agrotóxicos e óleos essenciais a *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Brasil. 63 p.

Gol, S. 2020. El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. Hoja Divulgativa N°4. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en [file:///C:/Users/hp/Downloads/IN010181_spa%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/IN010181_spa%20(1).pdf)

Garofalo, R. 2019. Eficacia de dos cepas comerciales de *Metarhizium anisopliae* en el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de campo y laboratorio. Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. UTEQ. 90 p.

Guzmán, C. 2020. Alternativas para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo del banano convencional. Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador. UTM. p. 17.

Gil, JC. 2019. 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. Tesis Ing. Agr. Universidad Privada Antenor Orrego. Consultado 15

febre. 2024. Disponible en
http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3576/1/RE_ING.AGRON_JULIO.GIL_EVALUACION.DE.DOS.CEPAS_DATOS.PDF

González, R., Vivas, V., Telli, T., Mendoza, L. 2022. Biocontrol de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en plantaciones de Musa AAB del Carmen, Manabí, Ecuador. *Saberes del Conocimiento* 6(4): 129-135.

García, D. 2019. Susceptibilidad de adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar) a *Heterorhabditis amazonensis* Andaló et al. Cepa HC1. *Revista de protección vegetal* 34(3): 54-69. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v34n3/2224-4697-rpv-34-03-e08.pdf>

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2022. Ficha sectorial Banano (en línea). Consultado 13 ene. 2024. Disponible en

López, S. 2020. Dinámica poblacional del complejo de picudos en el cultivo de plátano (Musa AAB), mediante el manejo químico y biológico en el municipio de Cartago, Valle del Cauca. Tesis Ing Agróf. Colombia. UNAD. 43 p.

López, A. 2020. Incidencia y control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de plátano en el Ecuador. Tesis Ing. Agr. Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 33 p. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8481/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000278.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Masanza, M., Gold, A. 2020. Distribution, timing of attack, and oviposition of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, on banana crop residues in Uganda. *Entomol. Exp. Appl* 117:119-126.

Muñoz, C. 2021. Fluctuación poblacional del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del plátano (Musa AAB) en San Carlos, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 20:24-41.

Membang, G., Ambang, Z., Mahot, H., Kuate, A., Fiaboe, K., Hanna, R. 2020. *Cosmopolites sordidus* (Germar) susceptibility to indigenous Cameroonian *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) isolates. *Journal of Applied Entomology* 144(6): 468–480. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1111/jen.12757>

Muñoz M. 2019. Estudios de población, monitoreo y control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*, Germar) en el cultivo del plátano (Musa AAB). Tesis Ing. Agr. Honduras, Escuela del Zamorano. 110 p. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9f4fb907-a15e-443f-85e4-8fa5de392378/conten>

Muñoz, M., Mario, F. 2019. Estudios de Población, Monitoreo y Control del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus*, Germar) en el Cultivo del Plátano (Musa AAB). Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>

Padilla, G., Bernal, M., Vélez, P., Montoya, E. 2020. Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* obtenidos de diferentes órdenes insectiles. *Cenicafé* 51(1): 28-40.

Perera, S., Suárez, T., Padilla, M., Carnero, A. 2019. Evaluación de distintos métodos de aplicación de un formulado comercial de *Beauveria bassiana* para el control de picudo de la platanera *Cosmopolites sordidus* en Tenerife (Islas Canarias). *Revista Entomología Aplicada* 6(2): 1-15.

Ríos, D. 2020. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como controladores compatibles y eficientes de insectos plaga en cultivos acuapónicos. *Scientia agropecuaria* 11(3): 419-426. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n3/2077-9917-agro-11-03-419.pdf>

Ríos, 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): 419-426

Ronquillo, A. 2021. Control biológico del picudo de las bananeras *Cosmopolites sordidus* Germar con el uso de varias cepas *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio. Tesis MSc. Babahoyo, Ecuador. UTB. 71 p.

Ramírez, J., Torres, H. 2020. Control del picudo (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) usando tres agentes biológicos, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Tesis Ing. Agr. Honduras, Escuela de Zamorano. 18 p.

Sepúlveda, P., López, J., Soto, A. 2019. Efecto de dos nematodos entomopatógenos sobre *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Dryophthoridae). Revista Colombiana de Entomología 34(1): 62-67.

Traore, L., Gold, J., Pilon, G. 2019. Effects of temperature on embryonic development of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar. Afr. Crop Sci. J 1:111-116.

Tejada, D. 2019. Manejo integrado de *Cosmopolites sordidus* (Germar). Revista Entomología Aplicada 12(5): 32-48.

Valverde, A. 2019. 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. Tesis Ing. Agr. Perú, Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco. Consultado 15 febre. 2024. Disponible en <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6142/TAG00853C68.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Zapata, K. 2020. Control biológico y etológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano en la provincia del Oro. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. UG. p. 19.

ANEXOS



Figura 1. *C. sordidus* parasitados con *M. anisopliae*

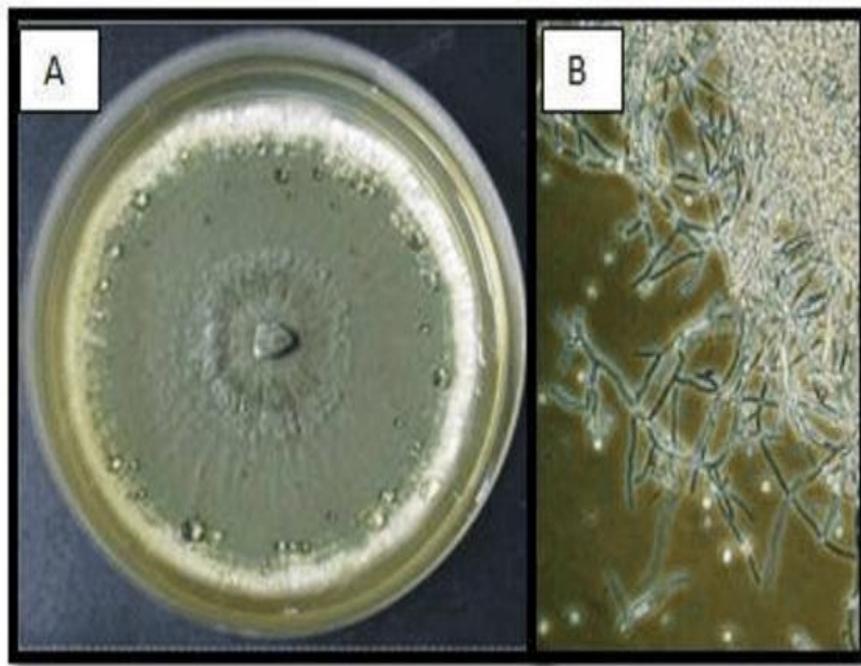


Figura 2. a. Morfología macroscópica; b. microscópica de *M. anisopliae*

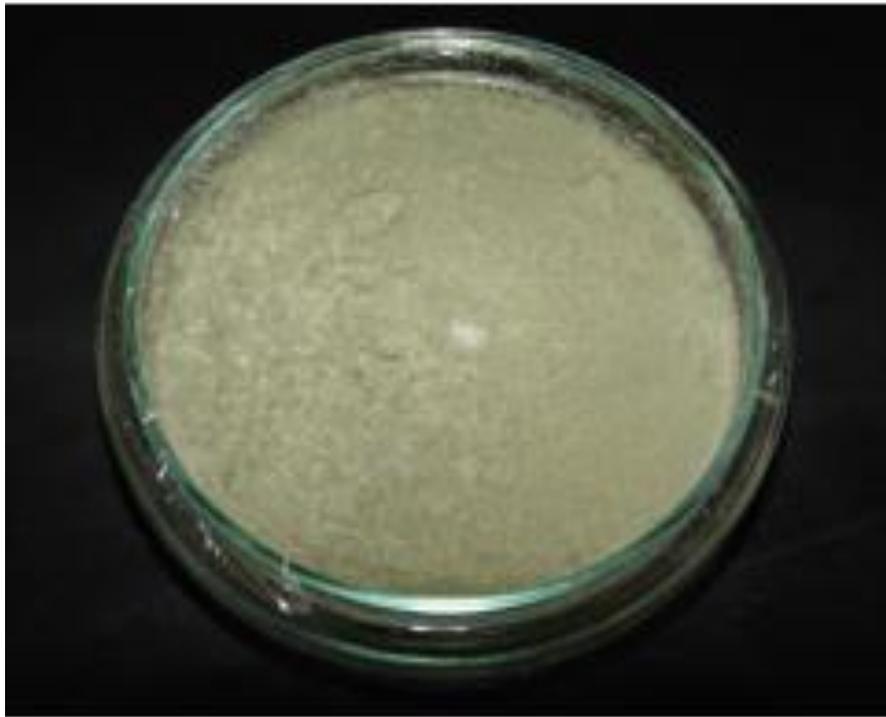


Figura 3. Producción de inoculo de *M. anisopliae* en caja Petri



Figura 4. Fundas con sustrato de arroz inoculadas con *M. anisopliae*