



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN 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

***Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano  
barraganete (*Musa AAB*)**

**AUTOR:** Mendoza Tenelema Washington Wilmer

**TUTOR:** Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg.

El Carmen, Marzo del 2023

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A)</b>	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE <b>GRADO</b>	REVISIÓN: 2
		Página II de 52

## CERTIFICACIÓN

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

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación bajo la autoría del estudiante Mendoza Tenelema Washington Wilmer, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2022-2023, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de trabajo experimental, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*)”.

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, 21 de enero de 2023.

Lo certifico,

Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg.

**Docente Tutor**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

*"Beauveria bassiana en el control de Cosmopolites sordidus en plátano barraganete  
(Musa AAB)".*

**AUTOR:** Mendoza Tenelema Washington Wilmer

**TUTOR:** Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg.

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

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

MIEMBRO \_\_\_\_\_

MIEMBRO \_\_\_\_\_

MIEMBRO \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado en primera instancia a Dios por ayudarme a no caer en los obstáculos que se me pudieron presentar; así mismo, a mi familia en general, por ser quienes estuvieron para mí a lo largo de este proceso, son mi ejemplo de lucha, resiliencia, amor y apoyo incondicional. A mis amigos, que hicieron que estos cinco años de carrera estén llenos de momentos inolvidables.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dar gracias de igual manera a Dios y mi familia.

A mi querida Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, a la Facultad de Ingeniería Agropecuaria.

A mi querido tutor de esta investigación, por las horas dedicadas con paciencia y compromiso al desarrollo del proyecto, su guía e ilustración idónea que fueron la base para el desarrollo de este trabajo.

Mi grato agradecimiento a todos los docentes que forman parte de la carrera, por su orden, dedicación y amor a la docencia, que con perseverancia nos ayudaron a superar nuestros miedos y ser mejores profesionales para el futuro, me llevo gratos recuerdos de sus enseñanzas de cómo ser mejores académicos y humanos, juntos aportaron en nosotras una semilla de conocimientos y competencias que nos servirá para mejorar el mundo paso a paso.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
HOJA DE CALIFICACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
RESUMEN.....	XI
SUMMARY .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1.1 Hongos entomopatógenos (HEP) .....	4
1.1.1 Relación patógeno-hospedero.....	5
1.1.2 Factores bióticos y abióticos.....	6
1.1.3 Característica de la pared celular.....	6
1.1.4 Los hongos entomopatógenos y sus hospedantes.....	7
1.1.5 Mecanismos de patogenicidad.....	7
1.1.6 Mecanismos de defensa de los insectos.....	9
1.1.7 Formulaciones y estrategias de aplicación .....	10
1.2 <i>Beauveria bassiana</i> .....	10
1.2.1 Ventajas .....	10
1.2.2 Desventajas .....	11
1.2.3 Modo de acción .....	11
1.2.4 Recomendaciones de uso.....	13
1.3 Picudos en el cultivo de plátano .....	13
1.3.1 Picudo negro.....	14
1.3.2 Picudo rayado .....	15
CAPÍTULO II.....	16
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	16
CAPÍTULO III .....	20

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Ubicación del ensayo.....	20
3.2 Características agroclimáticas .....	20
3.3 Variables.....	20
3.3.1 Variables dependientes .....	21
3.3.2 Variable independiente .....	21
3.4 Características de las unidades experimentales .....	21
3.5 Tratamientos .....	21
3.6 Análisis estadístico .....	22
3.7 Diseño experimental.....	22
3.8 Datos tomados .....	22
CAPÍTULO IV .....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	25
4.1 Eficacia.....	25
4.2 Número de picudos capturados .....	26
4.3 Tipos de picudos capturados.....	27
4.4 Mortalidad .....	28
4.5 Costos de inversión .....	29
CAPÍTULO V .....	31
5. CONCLUSIONES.....	31
CAPÍTULO VI.....	32
6. RECOMENDACIONES .....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
ANEXOS.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Hongos entomopatógenos y sus hospedantes.....	7
<b>Tabla 2.</b> Toxinas producidas por algunas especies de Hifomicetos entomopatógenos... 9	9
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos evaluados en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ) en plátano de barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”. .....	21
<b>Tabla 4.</b> Esquema de ADEVA empleado en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ) en plátano de barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”. .....	22
<b>Tabla 5.</b> Mortalidad (%) por tratamientos en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ) en plátano de barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”. .....	30



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de infección y desarrollo de un hongo entomopatógeno (HEP), sobre una pupa de insecto. Secuencialidad de los pasos de infección y colonización, desde la adhesión de la espora a la cutícula o capullo de la pupa hasta la emergencia del hongo.	5
<b>Figura 2.</b> Factores abióticos y bióticos que infieren en la estabilidad y persistencia de los hongos entomopatógenos.....	6
<b>Figura 3.</b> Modo de acción de <i>Beauveria bassiana</i> en contacto con el insecto hospedador.....	12
<b>Figura 4.</b> Ciclo de infección de <i>Beauveria bassiana</i> .....	13
<b>Figura 5.</b> Picudo negro ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ).....	14
<b>Figura 6.</b> Adulto de <i>Metamasius hemipterus</i> .....	15
<b>Figura 7.</b> Eficacia (%) por tratamientos en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de <i>Cosmopolites sordidus</i> en plátano barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”.....	25
<b>Figura 8.</b> Número de picudos capturados por tratamientos en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de <i>Cosmopolites sordidus</i> en plátano barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”. .....	26
<b>Figura 9.</b> Tipos de picudos capturados por tratamientos en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de <i>Cosmopolites sordidus</i> en plátano barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”. .....	28
<b>Figura 10.</b> Mortalidad (%) por tratamientos en la investigación “ <i>Beauveria bassiana</i> en el control de <i>Cosmopolites sordidus</i> en plátano barraganete ( <i>Musa AAB</i> )”.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado). .....	37
<b>Anexo 2.</b> Resultados del análisis de varianza de la variable eficacia de control. ....	38
<b>Anexo 3.</b> Resultados del análisis de varianza de la variable número de picudos capturados. ....	38
<b>Anexo 4.</b> Resultados del análisis de varianza de la variable tipos de picudos capturados (Negros). ....	38
<b>Anexo 5.</b> Resultados del análisis de varianza de la variable tipos de picudos capturados (Rayados). ....	38
<b>Anexo 6.</b> Resultados del análisis de varianza de la variable mortalidad (%). ....	39
<b>Anexo 7.</b> Resultados de la prueba de Kruskal Wallis de la variable número total de picudos vivos. ....	39
<b>Anexo 8.</b> Resultados de la prueba de Kruskal Wallis de la variable número total de picudos rayados. ....	39
<b>Anexo 9.</b> Banco fotográfico del manejo del ensayo. ....	39

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo de evaluar la aplicación de *Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*), para ello se evaluaron 20 unidades experimentales dispuestos en un Diseño Completo al Azar con 4 tratamientos: T1 (10 g), T2 (15 g), T3 (20 g) y T4 (25 g); se midió el número de picudos capturados, número de picudos negros y rayados capturados, eficacia de captura, mortalidad y costos de producción. Los tratamientos evaluados se establecieron en un DBCA, pero su procesamiento varió de acuerdo a la naturaleza de los datos de cada variable, por lo cual se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para las variables número de picudos capturados vivos y rayados. Los resultados mostraron que existió efecto de *Beauveria bassiana* en el control de picudo solo en la variable mortalidad, en la cual el T2 (15 g) y T3 (20 g) de *Beauveria* son estadísticamente iguales con mortalidades de 75,03 % y 76,04 %, respectivamente. El costo de inversión de las trampas con atrayente biológico más bajo fue en el T1 (10 g) de *Beauveria bassiana* con \$ 1,43 USD, seguido del T2 (15 g) con \$ 1,48 USD.

**Palabras clave:** Picudo negro, inoculación, infestación, mortalidad, eficacia.

## SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the application of *Beauveria bassiana* in the control of *Cosmopolites sordidus* in banana barraganete (*Musa* AAB), for this purpose 20 experimental units were evaluated in a complete randomized design with 5 treatments: T1 (10 g), T2 (15 g), T3 (20 g) and T4 (25 g); the number of weevils captured, number of black and striped weevils captured, capture efficiency, mortality and production costs were measured. The treatments evaluated were established in a Randomized Complete Block Design DBCA, but their processing varied according to the nature of the data for each variable, so the non-parametric Kruskal Wallis test was applied for the variables number of live and striped weevils captured. The results showed that there was an effect of *Beauveria bassiana* on weevil control only in the mortality variable, in which T2 (15 g) and T3 (20 g) of *Beauveria* are statistically equal with mortalities of 75.03 % and 76.04 %, respectively. The lowest investment cost of the traps with biological attractant was in T1 (10 g) of *Beauveria bassiana* with \$ 1,43 USD, followed by T2 (15 g) with \$ 1,48 USD.

**Key words:** black palm weevil, inoculation, infestation, mortality, efficacy.

## INTRODUCCIÓN

El plátano es la fruta tropical más cultivada y una de las cuatro más importantes en términos globales, los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, a pesar de que los principales productores son India y China, siendo el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático; el plátano es uno de los cultivos más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituye una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo (Infoagro,2020).

El picudo negro *Cosmopolites sordidus*, se encuentra entre los principales problemas fitosanitarios de las plantaciones de banano y plátano, por el daño directo que las larvas causan al alimentarse del cormo, e indirecto al reducir la producción y vida útil de la plantación, obligando al productor a tomar medidas de control químico con productos altamente tóxicos, que aumentan los costos de producción, contribuyendo a la contaminación del agroecosistema y una inversión económica mucho más elevada (Vélez, 2015).

El picudo negro es el causante de la pérdida de producción debido al deterioro de las plantaciones por volcamiento de las plantas, este insecto provoca un daño directo, producidos por las larvas al alimentarse del cormo, que causa la reducción de la producción y la vida útil de la plantación (Universidad San Francisco, 2021)

Los ataques de los picudos negros obstaculizan con el inicio de las raíces, acabando con las raíces existentes, prohíben la absorción de nutrientes, disminuye el vigor de las plantas, tardan en la floración e incrementa la susceptibilidad a enfermedades y plagas, los daños en producción se relacionan con la pérdida de plantas por muerte o volcamiento, especialmente en épocas de lluvia, fallas en la fructificación y reducción del peso del racimo, el volcamiento de plantas puede originar igualmente huecos en las plantaciones y exigir replantaciones, que van a descompensar el manejo de la parcela, al tener plantas en distinto estado de crecimiento. (Torres, 2019)

Para Muñoz (2019), el picudo negro es una de las principales plagas en la producción de plátano, Ecuador enfrenta obstáculos al aplicar medidas para salvar la producción de la fruta, la plaga del picudo negro y rayado en el plátano en poblaciones altas se considera como una plaga de mucha importancia económica, ya que su daño es directo a la planta, cuando el picudo supera el umbral económico (4-5 insectos por trampas), este produce daños severos al cultivo, en su estado larval del insecto es más dañino, produciendo galerías en el cormo lo que obstruye el paso del agua y los nutrientes a la planta del plátano.

### **Pregunta de investigación**

¿La falta de conocimiento y poca evaluación de cómo aplicar *Beauveria bassiana* para el control de *Cosmopolites sordidus* G. puede producir afecciones en producciones de plátano de exportación?

### **Justificación**

Suarez (2019), pone en evidencia que el plátano tiene gran importancia para los países latinoamericanos, es una fuente importante de alimento, así como una fuente de ingresos económicos para pequeños y medianos productores, el fruto es rico en hidratos de carbono. Se consume de diversas formas; en tajadas fritas, bastimento (cocidos), maduros fritos y puré para niños.

La Universidad San Francisco (2021), expone que el uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana* permite el control de poblaciones de picudo negro y rayado, pero, la acción del hongo difiere entre cada una de las especies, el tipo de formulación y la cepa utilizada, el uso de la cepa de *B. bassiana* G. permite altos porcentajes de mortalidad de picudo rayado utilizando formulación sólida, mientras que para picudo negro no se recomienda el uso de esta cepa debido a que los valores de mortalidad son inferiores al 50%. Estudios adicionales sobre el uso de otras cepas de *B. bassiana*, dosis de aplicación y tipo de formulaciones son necesarias para identificar el porcentaje de control de picudos del banano, la respuesta toxicológica de las cepas de hongos entomopatógenos debe ser considerada antes del establecimiento de programas de control y manejo de insectos.

En base a los problemas antes mencionados se plantea el siguiente trabajo de investigación titulado: *Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* G. en plátano barraganete (*Mussa AAB*), con la finalidad de conocer cuál es sería la trampa y la dosis de *Beauveria bassiana* que ayuda a controlar el picudo negro.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

- Evaluar la aplicación de *Beauveria bassiana* B. en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*).

### ***Objetivos específicos***

- Determinar el efecto de *Beauveria bassiana* B. en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*)
- Establecer los costos de inversión de los tratamientos.

## **Hipótesis**

### **Ha: Hipótesis alterna**

Ha: La aplicación de *Beauveria bassiana* B. influyen en el control del picudo negro *Cosmopolites sordidus* G. en plátano barraganete (*Mussa AAB*).

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Hongos entomopatógenos (HEP)

Altimira (2005), describe a los hongos entomopatógenos (HEP) como microorganismos que se caracterizan por infectar y matar artrópodos, por lo cual son empleado como una alternativa al uso de insecticidas químicos tóxicos para controlar plagas. Estos hongos pertenecen al orden Hypocreales, constituido por algo más de 750 especies, los cuales han sido evaluados y empleados en biocontrol porque sus hospederos son amplios y se pueden reproducir a gran escala (p. 35).

Pucheta (2006) menciona que los hongos entomopatógenos comienzan su proceso infectivo en los insectos hospederos cuando “las esporas viables son retenidas por contacto en la superficie del integumento, mientras encuentran un espacio propicio para establecer la asociación patógeno-hospedero (Jones, 1994) y formar los túbulos germinales y a veces el apresorio, que facilitarán la invasión del hongo”.

De Albuquerque y De Albuquerque (2008-2009) comentan que los hongos entomopatógenos tienen la característica peculiar de invadir a sus hospedantes a través del tegumento por ello es de gran utilidad para el control de las poblaciones de insectos chupadores, citando a varios tipos de hongos como *Paecilomyces fumosoroseus*, *Aschersonia aleyrodinis*, *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. (p. 209)



**Figura 1.** Ciclo de infección y desarrollo de un hongo entomopatógeno (HEP), sobre una pupa de insecto. Secuencialidad de los pasos de infección y colonización, desde la adhesión de la espora a la cutícula o capullo de la pupa hasta la emergencia del hongo.



Fuente: Altimira (2005).

### 1.1.1 Relación patógeno-hospedero

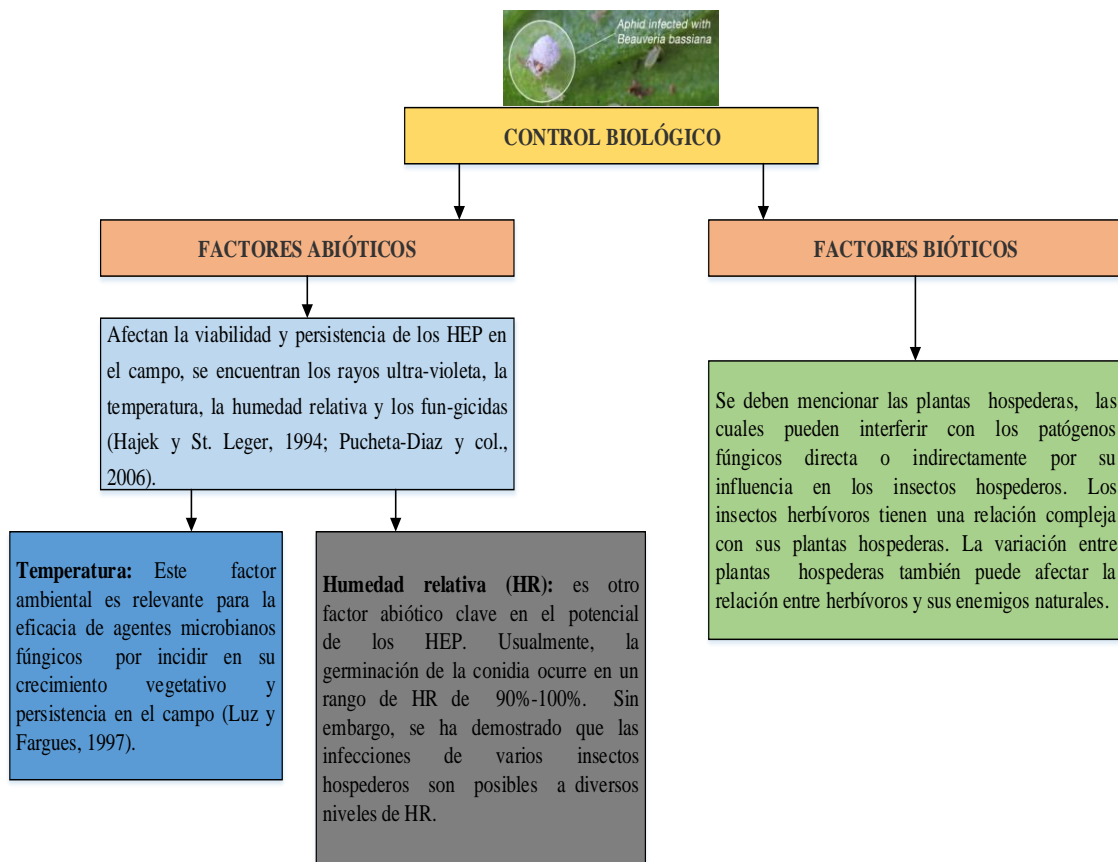
Pucheta et al. (2006), menciona la relación entre el patógeno y el hospedero, enfatizando que los hongos entomopatógenos son de mucha relevancia en los agroecosistemas por tener una capacidad natural para “regular las poblaciones de insectos, la cual depende de la susceptibilidad del hospedero o de la asociación patógeno-hospedero. En este último caso, el insecto hospedero puede ejercer una presión de selección que favorezca a pocos genotipos del patógeno” (p. 856).

La susceptibilidad y la relación con los hospederos se relacionan con los nutrientes presentes en los insectos, que son el medio para la propagación, dispersión y persistencia de los hongos. Las esporas de los entomopatógenos tienen requerimientos específicos de agua y temperatura, así como de otros factores ambientales que en conjunto funcionan como inductores para la activación de receptores presentes en el patógeno y que les permiten llevar a cabo el proceso infeccioso sobre el hospedero (citado por Pucheta et al., 2006).

### 1.1.2 Factores bióticos y abióticos

Para Carillo y Blanco (2009), existen una algunos factores abióticos y bióticos que infieren en la estabilidad y persistencia de los hongos entomopatógenos en el suelo como los detallados en la siguiente figura:

**Figura 2.** Factores abióticos y bióticos que infieren en la estabilidad y persistencia de los hongos entomopatógenos.



Fuente: Carillo y Blanco (2009).

### 1.1.3 Característica de la pared celular

Pucheta et al. (2006), en su revisión bibliográfica sobre la pared celular expone que los hongos están constituidos por polisacáridos (80%), proteínas (3-20%), lípidos, pigmentos y sales inorgánicas en cantidades menores. La quitina forma microfibrillas y es el polisacárido característico de la pared celular en hongos, pero también existe en los insectos. Este polímero es un polisacárido no ramificado, constituido de N-acetil-D-

glucosamina (GlcNAc), donde los monómeros están unidos por enlaces  $\beta$ -1,4 y existen tres tipos de quitina:  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .

### 1.1.4 Los hongos entomopatógenos y sus hospedantes

A continuación, en la tabla 1 se detallan los hongos entomopatógenos y sus hospedantes:

**Tabla 1.** Hongos entomopatógenos y sus hospedantes.

Subdivisión	Clase	Entomopatógeno	Hospedante
Mastigomycotina	Chytridiomycetes	Coclomyces	Larvas mosquitos
	Oomycetes	Leptolegmia	Larvas mosquitos
		Lagenidium giganteum	
Zygomycotina	Zygomycetes	Mucor	Varios por heridas
		Entomophthorales	Diversos
Ascomycotina	Plectomycetes	Ascospaera	Abejas
	Pyrenomycetes	Cordyceps	Varios
Deuteromycotina	Coelomycetes	Aschersonia	Cochinilla y moscas blancas
	Hyphomycetes	Beauveria	Varios
		Culicinomyces	Mosquitos
		Hirsutella	Ácaros
		Metarhizium	Varios
		Nomuraea	Noctuidos
		Paecilomyces	Varios
		Tolypocladium	Larvas mosquitos
		Verticillium	Cochinillas, moscas blancas, pulgones

Fuente: De Albuquerque y De Albuquerque (2008-2009).

### 1.1.5 Mecanismos de patogenicidad

#### 1. Enzimas

Franco et al. (2011), escribe la acción enzimática presente tanto en la cutícula del insecto como en la pared del hongo de la siguiente manera:

La cutícula de los insectos es una estructura consistente en nanofibras de quitina cristalina integrada a una matriz de proteínas, polifenoles, agua y pequeñas cantidades de lípidos (Vincent y Wegst, 2004), la cual puede ser degradada por proteasas y por quitinasas. Mientras que la pared celular de los hongos es una

estructura compleja compuesta de quitina, glucanos y otros polímeros, con evidencias de que se forma un entrecruzamiento entre estos componentes, creando una compleja estructura reticular. Identificándose a las quitinasas y glucanasas como las hidrolasas que degradan la pared celular de los hongos (Adams, 2004). Por lo que las enzimas de HE que hidrolizan estas estructuras pueden ser empleadas con fines de control biológico. (p. 147)

## 2. Toxinas

“Las toxinas son importantes para micro-organismos parasíticos ya que facilitan la infección por debilitamiento del hospedero. Algunas especies de HEP son capaces de producir ácidos orgánicos y algunos de ellos han sido implicados en el proceso infectivo”. (Carillo y Blanco, 2009, p. 46)

Pucheta et al. (2006) al hacer una revisión sobre las toxinas como mecanismo de patogenicidad de los hongos entomopatógenos cita:

“un número considerable de metabolitos secundarios de bajo peso molecular que han sido aislados de patógenos de insectos, muchos de los cuales han demostrado poseer una actividad insecticida marginal (Gillespie y Claydon, 1989). Varias especies de hongos entomopatógenos son capaces de producir ácidos orgánicos y algunos de ellos han sido implicados en el proceso infectivo. Por ejemplo, se ha reportado la producción de ácido oxálico por *Beauveria spp.*, *Lecanicillium* (*Verticillium*) *lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae* (Hegedus y Khachatourians, 1995; Asaff et al., 2006). Este compuesto ha sido descrito como un factor de virulencia en hongos fitopatógenos y se ha sugerido que en el caso de los hongos entomopatógenos puede ser un elemento que coadyuve a la solubilización de la proteína cuticular. Otro compuesto importante producido por algunos hongos entomopatógenos entre los que destaca *Paecilomyces spp.* y *M. anisopliae* es el ácido 2,6-piridindicarboxílico (ácido dipicolínico), que posee propiedades insecticidas contra larvas de *Calliphora erythrocephala* (Claydon y Grove, 1982)”.

**Tabla 2.** Toxinas producidas por algunas especies de Hifomicetos entomopatógenos.

<b>Hongo entomopatógeno</b>	<b>Toxinas producidas</b>
Metarhizium anisopliae	Destruixinas (más de 17 tipos), swainsinone, cytochalasin C.
Beauveria bassiana	Bassianin, beauvericin, bassianolide, beauverolides, tenellin
Beauveria brongniartii	Oosporein
Paecilomyces fumosorosens	Beauvericin, beauverolide, ácido piridino 2-6 dicarboxílico
Verticillium lecanii	Ácido dipcolónico, ácido hidroixcarboxílico, cyclosporin
Tolyocladium spp.	Cyclosporin, efraeptinas (5 tipos)
Hirsutella thompsonii	Hirsutellin A y B, phomalactone

Fuente: De Albuquerque y De Albuquerque (2008-2009).

### **1.1.6 Mecanismos de defensa de los insectos**

#### **a. Barrera físico-química**

La cutícula de los insectos es la primera barrera de defensa con la que se topa el hongo entomopatógeno, siendo esta rígida que recubre la parte externa del mismo conformada por dos capas: la epicutícula y la procutícula. “La primera está compuesta principalmente por grasas, ceras y lipoproteínas, cuya función es evitar la pérdida de agua por la transpiración. La segunda es la más abundante ya que constituye el 95% de esta estructura y está compuesta de quitina y diversas proteínas estructurales que proporcionan rigidez, actuando como una barrera física a la penetración de los patógenos, además de ser difícilmente degradada por las enzimas líticas excretadas por los mismos” (Téllez et al., 2009).

#### **b. Sistema inmune innato**

Larsena et al. (2019), explica cómo funciona el sistema de inmunidad innata mismo que responde a la exposición a patógenos o sustancias tóxicas con mecanismos adquiridos de nacimiento (pre-existent). Entre estos, se incluyen las barreras físicas (cutícula, mucosas entre otras), células y sustancias químicas que neutralizan toxinas y patógenos. En el sistema inmune innato de vertebrados superiores los efectores celulares

comprenden a los fagocitos, células dendríticas, células naturalmente asesinas y mastocitos, entre otros. Los efectores humorales están representados por las fracciones del sistema del complemento, las proteínas de fase aguda, péptidos antimicrobianos (AMPs, por su sigla en inglés), anticuerpos naturales y las diversas citoquinas que modulan la respuesta inmune<sup>7</sup>. La especificidad del sistema inmune innato en parte se hereda y es resultado de la co-evolución del sistema inmune de los individuos con diversos patógenos.

### **1.1.7 Formulaciones y estrategias de aplicación**

Los hongos entomopatógenos pueden ser empleados mediante aplicación inoculativa o introducciones puntuales del inóculo para iniciar ciclos de enfermedad y establecer el hongo en la población del insecto, lo que proporciona un control a largo plazo, o bien, mediante aplicación inundativa donde se utilizan como insecticidas microbianos que inicia una epizootia en la población y que conduce a su declive en un tiempo relativamente corto. La eficacia de los hongos entomopatógenos depende de su virulencia y persistencia, así como de algunas características del insecto tales como el estado contra el que se realiza la aplicación, o la existencia de otros factores de estrés en el momento de realizarla. Pero el éxito de un micoinsecticida está condicionado principalmente a su comportamiento frente a distintos factores ambientales (Quesada-Moraga, 2002).

## **1.2 *Beauveria bassiana***

Chiriboga (2015), describe la morfológica de la colonia de *Beauveria bassiana* como un hongo deuteromicete que en medio de cultivo específico (PDA), crece formando una estructura algodonosa y polvosa de color blanco conocida como muscardina blanca. Cuando la colonia va envejeciendo se vuelve crema amarillenta. El revés es de color rojizo en el centro cuando está en crecimiento y amarillo alrededor.

### **1.2.1 Ventajas**

Chiriboga et al. (2015), a continuación describe algunas ventajas para el productor en cuanto al uso de *Beauveria bassiana* B.:

Los entomopatógenos como *Beauveria bassiana* B., se multiplican y dispersan dentro del mismo cultivo favoreciendo la acción reguladora de la población de insectos-plaga. Éstos permanecen en el área en insectos vivos invernantes; en sus restos o en el suelo; y pueden ser transmitidos de una generación a otra del insecto, por contaminación de los desoves e infección de las crías recién nacidas. Los microorganismos pueden ocasionar no sólo la muerte directa de los insectos, en este caso hormigas cortadoras, sino también la disminución de la oviposición; viabilidad de los desoves o aumentar la sensibilidad a otros agentes de control. Una vez establecido el entomopatógeno en el área, mantiene la población de la plaga por debajo de los niveles de daño económico. Los entomopatógenos no contaminan el ambiente y no son tóxicos para el hombre y otros animales. La aparición de resistencia en los insectos hacia los patógenos es extremadamente baja, comparada con la alta probabilidad de adquirirla, si se usaran agroquímicos. (p. 20)

### **1.2.2 Desventajas**

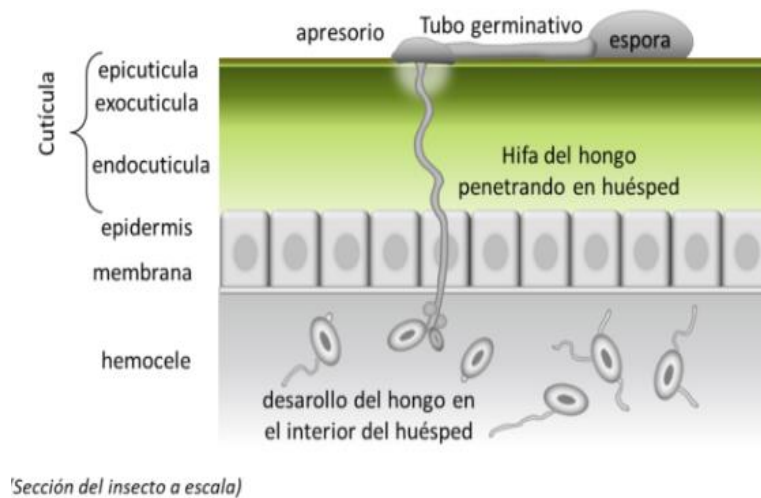
Altimira (2005), detalla algunas desventajas del uso de este entomopatógeno como la sensibilidad a la variación de las condiciones climáticas como temperaturas extremas, desecación y luz ultravioleta. Además, requieren de condiciones de almacenamiento más exigentes que las moléculas inorgánicas, para evitar que pierdan su patogenicidad. Finalmente, los insecticidas biológicos no matan instantáneamente y alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente. Sin embargo, el insecto deja de ser plaga al ser parasitado por el hongo, deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño (p. 41).

### **1.2.3 Modo de acción**

Su acción es por contacto, las conidias de *Beauveria bassiana* B. actúan en los diferentes estadios del insecto plaga, logrando enfermar al insecto, lo cual ocasiona que

deje de alimentarse y posteriormente muera. La muerte puede ocurrir entre los 3 a 5 días. El hongo en contacto con el insecto entra en competencia con la microflora cuticular, produciendo un tubo germinativo que atraviesa el tegumento del insecto y se ramifica dentro de su cuerpo, secretando toxinas que provocan la muerte del hospedante.

**Figura 3.** Modo de acción de *Beauveria bassiana* B. en contacto con el insecto hospedador.



Fuente: Belchim (2022).

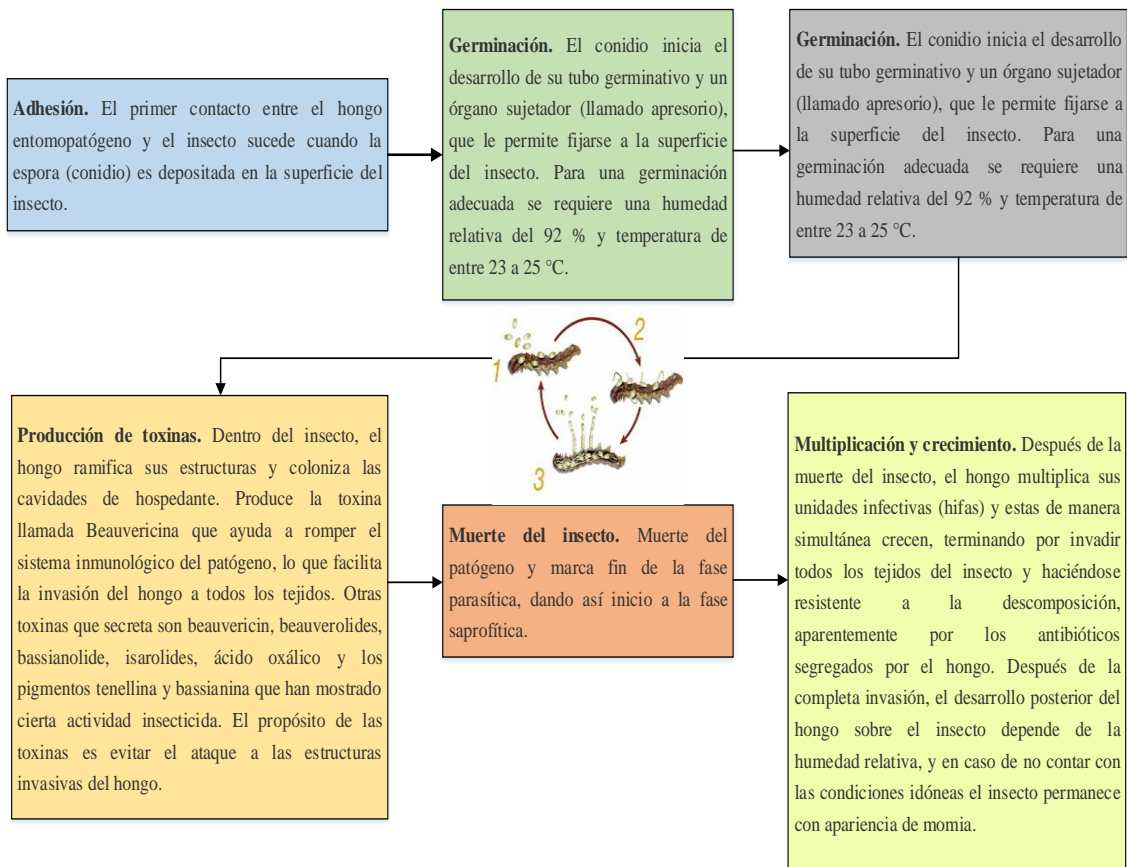
Las toxinas de *B. bassiana* son principalmente metabolitos secundarios y compuestos moleculares pequeños, como la beauvericina, la bassianina, el bassianólido, los beauverólidos, la tenelina, la oosporeína, el ácido oxálico, los cristales de oxalato cálcico y muchos análogos de la beauvericina. Entre ellos, la beauvericina secretada por el micelio es una de las toxinas más importantes (Molnár et al., 2010; Rohlfis y Churchill, 2011; Safavi, 2013). Además, posee actividad nematocida (Xu et al., 2007). Curiosamente, los nuevos derivados de la beauvericina presentan tanto citotoxicidad como actividad insecticida (citado por Wang et al., 2021).

Keswani et al. (2013), expone que dentro del grupo de los hongos entomopatógenos, las especies de *Beauveria* atacan percutáneamente a sus insectos hospedadores y que su vía de infección empieza: (1) adhesión de la espora a la cutícula del insecto, (2) germinación de la espora en la cutícula, (3) penetración a través de la



cutícula, (4) superación de la respuesta inmunitaria del hospedador, (5) proliferación dentro del hospedador, (6) crecimiento saprofítico a partir del hospedador muerto y producción de nuevas conidias como se aprecia en la figura 4.

**Figura 4.** Ciclo de infección de *Beauveria bassiana* B.



Fuente: Intagri (2022)

### 1.2.4 Recomendaciones de uso

Para la empresa Intagri (2022), la aplicación del entomopatógeno debe realizarse preferentemente por la tarde cuando la radiación solar no es muy intensa, o por las mañanas en días nublados.

### 1.3 Picudos en el cultivo de plátano

El daño de las larvas afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas, reduce el peso y la calidad del racimo, y en presencia de niveles poblacionales altos de especies de picudos (infestaciones fuertes) puede ocurrir volcamiento de las plantas antes de la cosecha por el debilitamiento general que ocurre principalmente en las raíces, cormo y base del pseudotallo (Solarte et al., 2020, p.18).

### 1.3.1 Picudo negro

Solarte et al. (2020) describe que el picudo negro del plátano se diferencia de las otras especies básicamente por “ser completamente de color negro brillante, además, su cuerpo es un poco más robusto que el picudo amarillo, con el cual más frecuentemente suele confundirse (Figura 5). El picudo negro mide entre 13 y 18 mm de largo, suele ser de movimientos lentos y pausados” (p.10).

Según Agroproductores (2021), los adultos del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) son “atraídos por el aroma de las plantas hospedantes. El ataque de este coleóptero a las plantas de la familia de las musáceas interfiere con el desarrollo del sistema radicular. Esto limita la absorción de nutrientes, y reducen el vigor de las plantas”.

**Figura 5.** Insecto adulto de Picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.)



Fuente: Solarte et al. (2020)

El picudo negro por su acción directa o por la intervención de microorganismos, manifiesta un detrimento en el número de manos por racimo, volcamiento, disminución del peso hasta en un 60 % y la pérdida total del cultivo en casos severos (citado por Vergara, 2015).

### 1.3.2 Picudo rayado

El picudo rayado usualmente tiene manchas amarillas o anaranjadas en su cuerpo, incluyendo las patas (Figura 6). Aunque se encuentran especímenes con otros patrones de coloración, su cuerpo tiene líneas más angulares y menos redondeadas que el picudo negro, y es mucho más ágil en sus movimientos, su tamaño varía entre 9 a 14 mm de largo (citado por Solarte et al., 2020, p. 11)

**Figura 6.** Adulto de *Metamasius hemipterus* L.



Fuente: Solarte et al. (2020)

El picudo rayado (*Metamasius hemipterus* L.), causa daños similares al picudo negro. Las larvas perforan la base del pseudotallo formando galerías, el ataque puede ser más severo cuando la planta presenta heridas, desbalances nutricionales, fermentos o pudriciones (residuos de cosecha). Los síntomas se presentan en las hojas volviéndose amarillentas y posteriormente se secan, produciendo un racimo pequeño raquítico que se madura de forma prematura (Belarcázar & Toro, 2002 citado por Vergara, 2015).

## CAPÍTULO II

### 2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Góngora et al. (2009), a través de una compilación de investigaciones de Cenicafé pudo concluir que existen combinaciones o mezclas de cepas de *B. bassiana* que son más efectivas para el control de la broca en el cultivo de café que las cepas individuales, es así como se encontró que la mezcla de tres cepas genéticamente diferentes y que individualmente presentan baja virulencia, causan mortalidades cercanas al 70% en las brocas que se encuentran perforando los frutos en el campo.

Espinel et al. (2018), al sintetizar información sobre el empleo de *Beauveria bassiana* B. menciona que la aplicación de combinaciones de entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. en el gusano blanco de la papa logró una eficacia del 25%, mientras que, en este mismo día, al utilizarlas de manera individual, se obtuvieron eficacias del 3,57% y del 14,29% respectivamente para *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Teniendo en cuenta estos resultados, el más rápido efecto de mortalidad podría atribuirse a la actividad de *M. anisopliae*.

Akello et al. (2008), examinó el efecto de *Beauveria bassiana* endofítica en plantas de plátano (*Musa spp.*) contra el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* en invernadero en Uganda. Se inocularon plantas de plátano cultivadas en tejidos (cv. Kibuzi, grupo genómico EA-AAA) sumergiendo las raíces en una suspensión de *B. bassiana* de  $1,5 \times 10^7$  conidias/ml durante 2 h. Dos meses después se introdujeron larvas de *C. sordidus*. Dos semanas después de la infestación larvaria, *B. bassiana* endofítica redujo significativamente la supervivencia de las larvas (23,5-88,9% de micosis), lo que resultó en una reducción del 42,0-86,7% de los daños a la planta. Entre el 53,4 y el 57,7% de los adultos del picudo del plátano murieron a causa de la infección

por *B. bassiana*. *Beauveria bassiana* B. se volvió a aislar de diferentes partes de la planta.

Nankinga y Moore (2010), al evaluar la eficacia de formulaciones de maíz, suelo y aceite de un aislado autóctono de *Beauveria bassiana* para el control del gorgojo del plátano, realizó el trampeo semanal de gorgojos durante un periodo de seguimiento de 9 meses reportando una reducción significativa de la población de gorgojos marcados y no marcados en las parcelas tratadas con *B. bassiana*, reduciendo las poblaciones de gorgojos en un 63-72% en 8 semanas tras una única aplicación. La eficacia del trampeo disminuyó en las parcelas de platanera tratadas y no tratadas con *B. bassiana*, pero fue mayor en estas últimas.

Perera et al. (2011), al evaluar distintos métodos de aplicación de un formulado comercial de *Beauveria bassiana* B. para el control del picudo negro de la platanera *Cosmopolites sordidus* G. en las condiciones de la isla de Tenerife, para lo cual estableció distintos métodos de aplicación fue Bassi® WP. Los resultados demostraron que no existen diferencias significativas en el número de capturas entre los tratamientos en los distintos tiempos de evaluación, teniendo valores a los 26 días después de la aplicación trampas modificadas de  $26,5 \pm 9,30$  individuos.

Ramírez y Torres (2016) realizaron un estudio el cual consistió en evaluar tres agentes biológicos *Heterorhabditis bacteriophora* S., *Beauveria bassiana* B. y *Metarhizium anisopliae* para determinar su efectividad en el control del picudo, para lo cual colocaron trampas fabricadas de galones plásticos en cada una de las parcelas experimentales, utilizando la feromona Cosmolure® para atraer el insecto. Se evaluaron cinco tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones. Se realizaron tres aplicaciones al suelo con un intervalo de tiempo de 15 días entre una aplicación y otra, utilizando bomba de mochila. La dosis usada de hongos fue de 240g/ha y de nematodos 200 millones/ha. Concluyendo que el agente biológico que mostró mejores resultados en el control poblacional del picudo del plátano fue *Beauveria bassiana*, en comparación al testigo ( $P \leq 0.05$ ) redujo un 82% la población de *Cosmopolites sordidus*. También *Metarhizium anisopliae* y la combinación de *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* presentaron buena efectividad, ambos con 70% en la reducción poblacional del insecto.

Dávila (2020), reporta que con el objetivo evaluar la eficacia de la aplicación líquida y sólida de *B. bassiana* para el control del picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio y campo, se trabajó en la preparación *B. bassiana* en formulación sólida, líquida o agua destilada para su aplicación en campo. A nivel de laboratorio, la formulación líquida permitió el mayor porcentaje de mortalidad de picudos negros (44%), y en picudos rayado los valores más altos se obtuvieron con la formulación sólida (88%); el TL50 usando la formulación sólida fue de 11 días. Para las evaluaciones de picudo negro en campo se encontraron diferencias entre los tratamientos únicamente al segundo día de captura, destacando la formulación líquida (27,54%), sin embargo, para picudo rayado la formulación sólida obtuvo los valores más altos de mortalidad (entre 43,33% y 80,83%) durante todos los días de captura (2, 5, 7 y 10) alcanzando un TL50 de 13 días.

Briones (2020), al establecer un trabajo de investigación que tuvo como objetivo general evaluar la comparación del control biológico y químico del picudo (*Cosmopolites spp*) en banano (*Musa paradisiaca*), estableció 3 tratamientos: T1 Control biológico, T2 Control químico y T3 Testigo. Las variables fueron: Cantidad de picudos por trampa, porcentaje de picudos muertos, porcentaje de picudos vivos por trampa y porcentaje de daño por insecto. Los resultados obtenidos de este ensayo reflejaron que control químico y biológico tuvieron el mismo resultado a nivel del número de picudos por trampa 3 y 2 individuos/trampa; el T2 control biológico obtuvo el mayor porcentaje de picudos muertos (25%); el testigo fue quien presentó mayor porcentaje de daño del insecto.

Suárez et al. (2021), con el objetivo de evaluar la efectividad del hongo *Beauveria bassiana* B. aplicado en trampas para el manejo del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* G.), estableció los siguientes tratamientos: *Beauveria bassiana* en a) líquido, b) polvo mojable, c) granulado en sustrato de arroz y d) químico Jade®. La dosis de *Beauveria bassiana* fue 300 g ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento *Beauveria bassiana* en líquido presentó los mejores resultados manteniendo los niveles más bajos de población de *Cosmopolites sordidus* G. Concluyendo que el mejor producto para el manejo de *Cosmopolites sordidus* utilizando

trampas fue *B. bassiana* granulado en sustrato de arroz con 92.47 % de insectos muertos y colonizados.

Suárez y Suárez (2019), al evaluar la efectividad del hongo *Beauveria bassiana* aplicado en trampas para el manejo del picudo de plátano (*Cosmopolites sordidus* G.), establecieron los tratamientos: *Beauveria bassiana* en líquido, *Beauveria bassiana* en polvo mojable, *Beauveria bassiana* B. granulado en sustrato de arroz, Químico Jade®. Las aplicaciones de los tratamientos se hicieron a los 15 días de haber colocado las trampas. Los resultados demostraron que el tratamiento más efectivo para el manejo del picudo negro del plátano fue el *Beauveria bassiana* granulado con 92,47% de colonización; además demostró que los tratamientos *Beauveria bassiana* sólido y *Beauveria bassiana* granulado presentaron el mayor beneficio costo generando una ganancia de C\$ 8.07 respectivamente.

## **CAPÍTULO III**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del ensayo**

El desarrollo de la presente investigación fue en la provincia de Manabí, en el cantón El Carmen, en la granja experimental “Río Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud:  $-0^{\circ}15'38.3''S$ , Longitud:  $-79^{\circ}25'48.3''W$  y Altitud: 266 m.s.n.m.

#### **3.2 Características agroclimáticas**

A continuación, se detalla algunas características agroclimáticas que presenta en El Carmen, Manabí.

Clima climático: Tropical Megatérmico Húmedo

Precipitación: 2 500 – 3 000 mm/anuales

Humedad: 80%

Temperatura: 24 – 25°C

Fuente: Gobierno Autónomo descentralizado de el cantón El Carmen (2019).

#### **3.3 Variables**



### 3.3.1 Variables dependientes

- Eficacia de captura
- Número total de picudos capturados
- Número total de picudos capturados por especie
- Mortalidad
- Costos de inversión

### 3.3.2 Variable independiente

- Diferentes dosis de *Beauveria bassiana* B.

### 3.4 Características de las unidades experimentales

A continuación, se detalla las características de las unidades experimentales:

- Número de tratamientos: 4
- Número de unidades experimentales: 20
- Número de trampas por tratamiento: 3
- Número de trampas por repetición: 12

### 3.5 Tratamientos

Los tratamientos para el ensayo experimental, que evaluó las diferentes dosis de *Beauveria bassiana* B. en la captura de picudos, son los expuestos en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tratamientos evaluados en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de (*Cosmopolites sordidus*) en plátano de barraganete (*Musa AAB*)”.

Tratamientos	Dosis de <i>Beauveria bassiana</i> B. (g)
1	10
2	15
3	20
4	25

### 3.6 Análisis estadístico

Se aplicó a los datos provenientes de las diferentes variables la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk misma que analizó muestras compuestas por menos de 50 elementos y al comprobar que no presentaban normalidad en su distribución, se procedió a realizar su procesamiento mediante la prueba de Kruskal Wallis, que permite realizar el análisis de varianza no paramétrico. Para la variable de mortalidad (%), que presentó distribución de datos normal, se realizó el análisis de varianza para establecer diferencias estadísticas entre tratamientos. Finalmente, para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

### 3.7 Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en un Diseño de Bloques Completos al Azar, mismo que contó con 4 tratamientos y 5 repeticiones (Tabla 4).

**Tabla 4.** Esquema de ADEVA empleado en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa* AAB)”.

Fuentes de variación	g.l
Total	19
Tratamientos	3
Repeticiones	4
Error	12

### 3.8 Datos tomados

- **Número de picudos capturados:** Se colectó los picudos encontrados en las trampas con diferentes dosis de *Beauveria* y se realizó su conteo total, para su posterior registro.
- **Número de picudos capturados por especie:** Se separaron los picudos recolectados de cada trampa en cada uno de los tratamientos evaluados de acuerdo a la especie de picudo (negros y rayados) y se realizó su conteo de la misma manera, para su posterior registro.

- **Mortalidad:** Se contabilizó el número total de picudo recolectados por trampa y de ellos, el número de picudos muertos, para su posterior conversión a porcentaje.
- **Eficiencia de captura.** – Para el registro de esta variable se empleó el número de insectos adultos capturados por trampa, mismo que fue medido a través de las lecturas proporcionadas en cada frecuencia de recolección por cada uno de los tratamientos, obteniendo el total de captura de picudos/tipo de trampa.
- **Costos de inversión:** Se realizó en costos fijos (materiales e insumos empleados) y variables (dosis de *Beauveria bassiana*) de cada uno de los tratamientos.

### 3.9 Manejo del ensayo

Selección de dosis a investigar: El punto de partida para seleccionar las dosis de *Beauveria bassiana* evaluadas fue los resultados de Cerna, (2021), quien menciona que aplicando 10 g por trampa se obtienen resultado favorable en el control de picudos.

Selección de la parcela: El terreno seleccionado fue en la granja experimental de la granja de la ULEAM Extensión El Carmen, debido a que, está a disposición de los estudiantes para poder ser estudiada.

Limpieza de la parcela: La limpieza se llevó cabo alrededor de las plantas seleccionadas para poder evitar inconvenientes a futuro.

Adquisición de la *Beauveria*: La *Beauveria B* que se probó fue reproducida por el Laboratorio de Microbiología de la ULEAM Ext. El Carmen, misma que tuvo un valor de 5 dólares por libra.

Elaboración de trampas: La elaboración de la trampa que se realizó fue de tipo Cuña en V, para lo cual se hizo un corte en un pseudotallo con la ayuda de un machete.

Aplicación del producto: La *Beauveria bassiana B*. fue aplicada en diferentes tratamientos con diferentes dosis de acuerdo a lo estipulado en la tabla 3, con la finalidad de comprobar la eficacia de la trampa.

Rotulación de tratamientos: Cada tratamiento se rotuló para distinguirlos durante las evaluaciones.

Toma de datos: Se recolectó la información cada 8 días por un mes, con el objetivo de poder visualizar los avances y cambios que va teniendo la trampa.

Análisis e interpretación de resultados: Se analizó e interpretó la información de manera minuciosa para poder tener unos resultados verídicos.

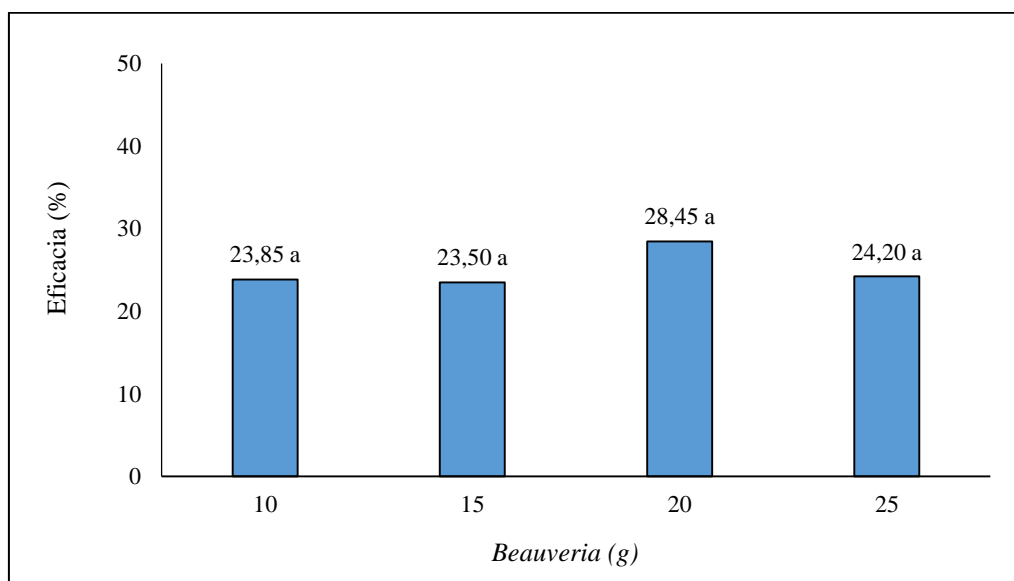
## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Eficacia

Los resultados de la prueba no paramétrica para esta variable revelaron que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ( $p > 0,05$ ); es decir es indistinto la dosis de *Beauveria bassiana* B. empleada para control de picudo, como se puede evidenciar en la figura 7. El promedio general de eficacia del ensayo fue del 25 %.

**Figura 7.** Eficacia (%) por tratamientos en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*)”.



En contraste a lo obtenido en esta variable Ramírez y Torres (2016) al evaluar tres agentes biológicos *Heterorhabditis bacteriophora*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la efectividad en el control del picudo, mostrando sus mejores resultados en el control poblacional del picudo del plátano con *Beauveria bassiana*, en comparación al testigo ( $p \leq 0.05$ ) con una reducción de 82% la población de *Cosmopolites sordidus*.

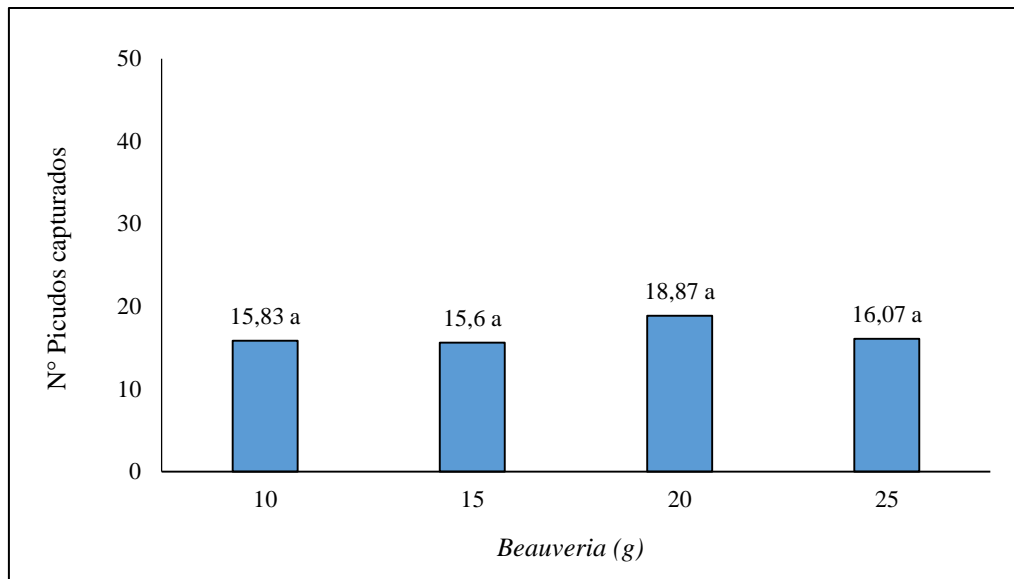
De igual manera los valores reportados a nivel de la media (25 %) es inferior a lo establecido por Suárez y Suárez (2019) quienes al evaluar la efectividad del hongo *Beauveria bassiana* aplicado en trampas para el manejo del picudo de plátano (*Cosmopolites sordidus*), lograron como el tratamiento más efectivo para el manejo del picudo negro del plátano a la *Beauveria bassiana* granulado con 92,47%.

#### **4.2 Número de picudos capturados**

La variable número de picudos totales no tuvo una distribución normal, por lo que se aplicó un análisis de varianza no paramétrico por medio de la prueba de Kruskal Wallis (Anexo 3), mismo que no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ( $p > 0,05$ ).

El promedio general de esta variable fue de 16,59 individuos infestados por *Beauveria*. En la figura 8 se aprecia que existió similar número de picudo por tratamientos por lo cual están en el mismo rango estadístico.

**Figura 8.** Número de picudos capturados por tratamientos en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa AAB*)”.



A nivel estadístico los resultados obtenidos son similares a los reportados por Perera et al. (2011), quien al evaluar distintos métodos de aplicación de un formulado comercial de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill para el control del picudo negro de la platanera *Cosmopolites sordidus* Germar, demostró que no existen diferencias significativas en el número de capturas entre los tratamientos en los distintos tiempos de evaluación, teniendo valores a los 26 días después de la aplicación trampas modificadas de  $26,5 \pm 9,30$  individuos.

De manera similar le paso a Briones (2020), quien al comparar el control biológico y químico del picudo (*Cosmopolites spp*) en banano (*Musa paradisiaca* L.), obtuvo que el control químico y biológico tuvieron el mismo resultado a nivel del número de picudos con 3 y 2 individuos/trampa.

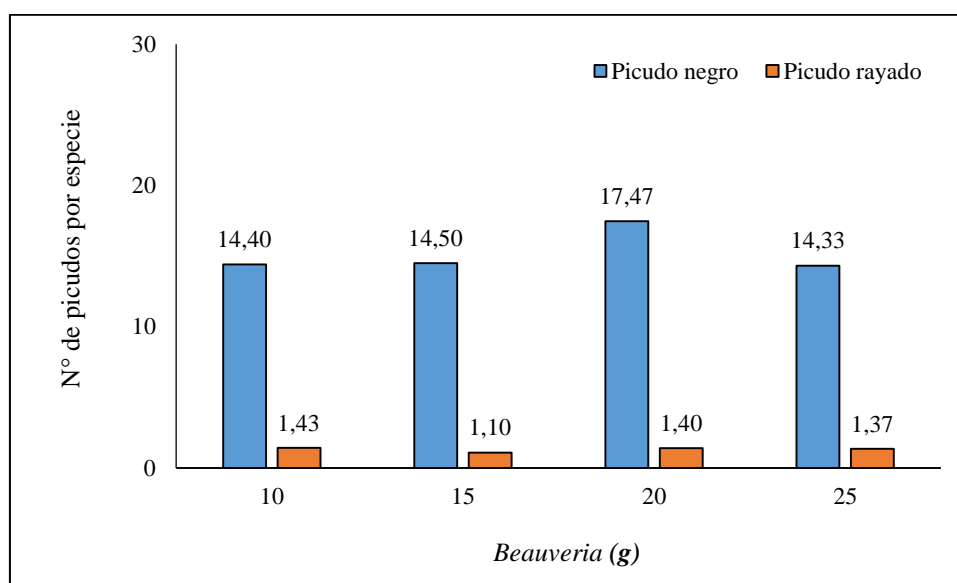
### 4.3 Tipos de picudos capturados

El análisis de varianza no paramétrico realizado por medio de la prueba de Kruskal Wallis se reporta en el anexo 4 y 5, con el cuál no se pudo establecer diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados para picudo negro y rayados ( $p > 0,05$ ).

En la figura 9 se aprecia que, existió mayor captura de picudos negros que de rayados; sin embargo, al analizarlos por individual se observa que promedios similares

por lo cual se encuentran en el mismo rango estadístico con una media general de 15,18 picudos negros y 1,33 picudos rayados.

**Figura 9.** Tipos de picudos capturados por tratamientos en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano de barraganete (*Musa AAB*)”.



Los resultados de esta variable con aplicación de *B. bassiana* sólida difieren de lo reportado por Dávila (2020), quien al evaluar la eficacia de la aplicación líquida y sólida de *B. bassiana* para el control del picudo negro y rayado; destacó que existió mayor número de picudos negros capturado en la formulación líquida (27,54%); sin embargo, para picudo rayado la formulación sólida obtuvo los valores más altos de mortalidad (entre 43,33% y 80,83%).

#### 4.4 Mortalidad

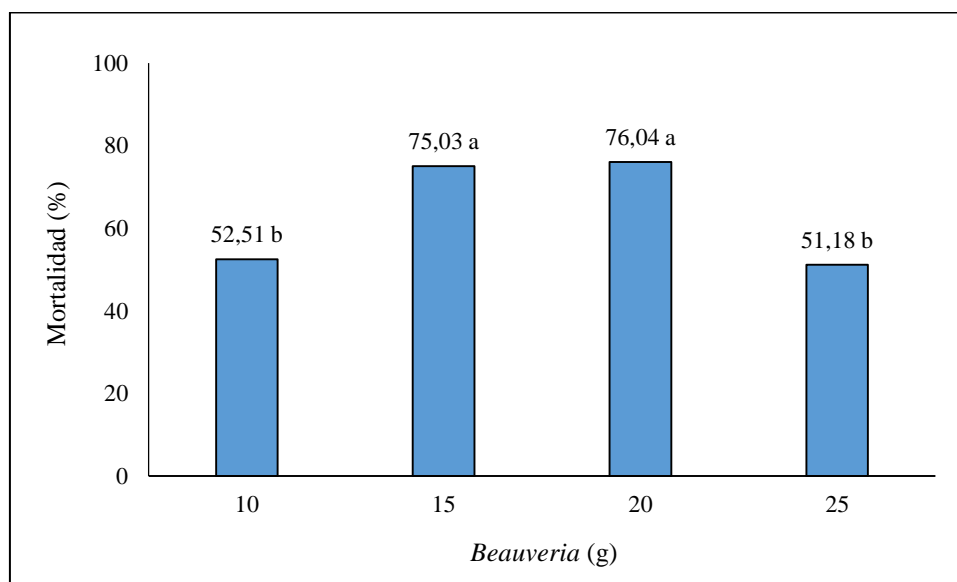
En el anexo 6 se reporta los resultados obtenidos mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) con la cual se estableció que los datos reportados en esta variable tuvieron una distribución normal, por lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza, mismo que permitió detectar diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Los promedios obtenidos por tratamiento para esta variable se reportan en la figura 10, en la cual se observa que tanto el T2 (15 g) y T3 (20 g) de *Beauveria* son



estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos evaluados con mortalidades de 75,03 % y 76,04 %, respectivamente.

**Figura 10.** Mortalidad (%) por tratamientos en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa* AAB)”.



Los valores de los tratamientos T2 y T3 superan a lo obtenido por Akello et al. (2008) quienes examinaron el efecto de *Beauveria bassiana* B. endofítica en plantas de plátano (*Musa spp.*) contra el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* G. en invernadero y concluyó que entre el 53,4 y el 57,7% de los adultos del picudo del plátano murieron a causa de la infección por *B. bassiana*. Lo mismo ocurre con lo reportado por Moore (2010), quien al evaluar la eficacia de formulaciones de maíz, suelo y aceite de un aislado autóctono de *Beauveria bassiana* para el control del gorgojo del plátano, reportó una reducción significativa de la población de gorgojos marcados y no marcados en las parcelas tratadas con *B. bassiana*, en un 63-72% en 8 semanas tras una única aplicación.

#### 4.5 Costos de inversión

Al analizar los costos de producción reportados en la tabla 5 en base a la elaboración de trampas con atrayente biológico (*Beauveria bassiana* B.) para el control de picudo, se observa que el T1 (10 g) fue el más económico con \$ 1,43 USD, seguido

del T2 (15 g) con \$ 1,48 USD; además se debe recalcar que los costos varían en función de la dosis de aplicación.

**Tabla 5.** Mortalidad (%) por tratamientos en la investigación “*Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en plátano barraganete (*Musa* AAB)”.

Detalle	Tratamientos ( <i>Beauveria bassiana</i> )			
	10 g	15 g	20 g	25 g
<b>Costos fijos</b>				
Machete (\$)	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049
Alcohol (\$)	0,75	0,75	0,75	0,75
Guantes (\$)	0,25	0,25	0,25	0,25
Mano de obra (\$)	0,31	0,31	0,31	0,31
<b>Subtotal 1 (\$)</b>	<b>1,32</b>	<b>1,32</b>	<b>1,32</b>	<b>1,32</b>
<b>Costos variables</b>				
Beauveria (\$)	0,11	0,17	0,22	0,28
<b>Costo total (\$)</b>	<b>1,43</b>	<b>1,48</b>	<b>1,54</b>	<b>1,59</b>

En la tabla 5 se aprecia que los costos son menores en el T1 y T2 considerando que estuvieron aplicados en sólido con sustrato de arroz por lo que se concuerda con lo emitido por Suárez y Suárez (2019) quienes al evaluar la efectividad del hongo *Beauveria bassiana* aplicado en trampas para el manejo del picudo de plátano (*Cosmopolites sordidus*), estableciendo que los mayores ingresos brutos los obtuvieron la *Beauveria bassiana* B. polvo mojable y *Beauveria bassiana* granulado con C\$ 604,800.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

- Existió efecto de *Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* G. en plátano Barraganete (*Mussa AAB*) solo en la variable mortalidad, en la cual el T2 (15 g) y T3 (20 g) de *Beauveria* son estadísticamente iguales con mortalidades de 75,03 % y 76,04 %, respectivamente.
- El costo de inversión de las trampas con atrayente biológico más bajo se reportó en el T1 con 10 g de *Beauveria bassiana* con \$ 1,43 USD, seguido del T2 con 15 g de *Beauveria bassiana* con \$ 1,48 USD, es decir costos bajos que pueden estar al alcance del productor y de fácil aplicación.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de 15 g de *Beauveria bassiana* para el control biológico de picudo en el cultivo de plátano Barraganete ya que incrementa la mortalidad de los insectos considerablemente.
- Continuar realizando investigaciones con la inclusión de un atrayente dulce como maduro de plátano o jalea del mismo con el propósito de incrementar la captura de los picudos en las trampas.
- Replicar la presente investigación en otra época del año para generar una línea de tiempo y conocer el comportamiento de la *Beauveria bassiana* en el control de picudo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroproductores. (2020). *Picudo negro del banano (Cosmopolites sordidus)*. Obtenido de <https://agroproductores.com/picudo-negro-del-banano-cosmopolites-sordidus/>
- Akello, J., Dubois, T., Coyne, D., & Kyamanywa, S. (2008). *Effect of endophytic Beauveria bassiana on populations of the banana weevil, Cosmopolites sordidus, and their damage in tissue-cultured banana plants*. Obtenido de Entomología. Experimentalis et Applicata. Vol 129. : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1570-7458.2008.00759.x>
- Akello, J., Dubois, T., D., C., & Kyamanywa, S. (2008). *Endophytic Beauveria bassiana in banana (Musa spp.) reduces banana weevil (Cosmopolites sordidus) fitness and damage*. Obtenido de Review Crop Protection. Volume 27, Issue 11. Pages 1437-1441: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219408001191>

- Altimira, F. (2005). *Microorganismos con actividad entomopatógena*. Obtenido de Boletín INIA. Capítulo 3. p. 36-51: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6899/NR42158.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Briones, M. (2020). *Comparación del control biológico y químico del picudo (Cosmopolites spp.) en banano (Musa paradisiaca)*. Obtenido de Tesis Ing. Agro. Universidad Agraria del Ecuador: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRIONES%20GUERRERO%20MIGUEL%20ANGEL\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRIONES%20GUERRERO%20MIGUEL%20ANGEL_compressed.pdf)
- Carillo, M., & Blanco, A. (2009). *Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga*. Obtenido de Vol. 19 no. 2. p. 46: <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/102/88>
- Certis Belchim. (2022). *Beauveria bassiana: Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de <https://certisbelchim.es/beauveria-bassiana-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). *Beauveria bassiana, hongo entomopatógeno en el control biológico de la hormiga cortadora*. Obtenido de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 28 p.: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2646/BVE17038724e.pdf>
- Dávila, K. (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 Tesis Ing. Agronómica. Universidad Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6024/1/T-UTEQ-0262.pdf>
- De Albuquerque, E., & De Albuquerque, E. (2008-2009). *Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de las moscas blancas "Homoptera: Aleyrodidae"*. Obtenido de Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 5 e 6, p.209-242: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>
- Espinel, C., Barrera, G., Torres, L., Gómez, J., & Cuartas, P. (2018). *Nuevas estrategias para el control biológico de insectos*. Obtenido de Cap. 21. p. 8: <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/23/14/313-1?inline=1>

- Franco, K., Rodríguez, S., Cervantes, J., & Barranco, J. (2011). *Enzimas y toxinas de hongos entomopatógenos, su aplicación potencial*. Obtenido de Artículo de revisión. Revista Sociedades rurales, producción y medio ambiente. Vol.11 N° 22, p.147.: <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx>
- Góngora, C., Marín, P., & Benavides, P. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la broca del café*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0384.pdf>
- Intagri. (2022). *Beauveria bassiana en el Control Biológico de Patógenos*. Obtenido de Revista Intagri. : <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>
- Keswani, C., Pratap, S., & Bahadur, H. (2013). *Beauveria bassiana: status, mode of action, applications and Safety issues*. Obtenido de Biotech Today An International Journal of Biological Sciences 3(1):16: [https://www.researchgate.net/publication/275296724\\_Beauveria\\_bassiana\\_Status\\_Mode\\_of\\_action\\_Applications\\_and\\_Safety\\_issues](https://www.researchgate.net/publication/275296724_Beauveria_bassiana_Status_Mode_of_action_Applications_and_Safety_issues)
- Larsena, A., Reynaldib, F., & Guzmán, E. (2019). *Bases del sistema inmune de la abeja melífera (Apis mellifera)*. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4785/4317>
- Nankinga, C., & Moore, D. (2010). *Reduction of Banana Weevil Populations Using Different Formulations of the Entomopathogenic Fungus Beauveria bassiana*. Obtenido de Biocontrol Science and Technology, 10:5.: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095831500750016442>
- Perera, S., Suárez, T., Padilla, M., & Carnero, A. (2011). *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)*. Obtenido de [https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt\\_384\\_evaluacionpicudo\\_platanera.pdf](https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_384_evaluacionpicudo_platanera.pdf)
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., & de la Torre, M. (2006). *Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos*. Obtenido de Revista Interciencia, vol. 31, núm. 12, p. 856: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901204.pdf>
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., & de la Torre, M. (2006). *Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos*. Obtenido de Revista INCI v.31 n.12:

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001200006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006)

- Ramírez, J., & Torres, H. (2016). *Control del picudo (Cosmopolites sordidus) en el cultivo de plátano (Musa paradisiaca) usando tres agentes biológicos, Heterorhabditis bacteriophora, Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*. Obtenido de Tesis Ing. Agronómica. Zamorano.: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5ab05ef2-d1dd-4add-a6f7-b077bd723f5d/content>
- Solarte, A., Muñoz, J., & Riascos, D. (2020). *Picudos del plátano y banano: Cosmopolites sordidus, Metamasius hemipterus, Metamasius hebetatus, Metamasius submaculatus y Polytus mellerborgii*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia. Primera edición. p. 20: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79517/9789587943368.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Suárez, L., Suarez, J., & Monzón, V. (2021). *Manejo del picudo del plátano (Cosmopolites sordidus Germar) Coleoptera: Curculionidae) con Beauveria bassiana Bals y Vuils, Tonalá-Chinandega, Nicaragua*. Obtenido de Revista La Calera. vol. 21, núm. 36: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/306/3062000009/html/>
- Téllez, A., Cruz, M., Mercado, Y., Asaff, A., & Cuenca, A. (2009). *Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos*. Obtenido de Rev. Mex. Mic vol.30 : [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000200007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007)
- Vergara, E. (2015). *“Evaluación de dosis de insecticidas y tipos de trampas en el manejo de picudos (Cosmopolites sordidus y Metamasius hemipterus), en el cultivo de banano (Musa AAA), en la zona de Babahoyo”*. Obtenido de Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil. p. 21: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19838/1/TESIS%20DE%20PICUDOS%20DEL%20BANANO.pdf>
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., & Gong, M. (2021). *The Toxins of Beauveria bassiana and the Strategies to Improve Their Virulence to Insects*. Obtenido de Artículo de revisión. Sec. Microbiological Chemistry and Geomicrobiology: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.705343/full>



## ANEXOS

**Anexo 1.** Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado).

<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>W*</b>	<b>p (una cola)</b>	
Total	20	16,59	10,44	0,95	0,6344	ns
Eficacia	20	5	3,15	0,95	0,6356	ns
Muertos	20	9,97	6,31	0,94	0,4039	ns
Vivos	20	9,5	7,66	0,87	0,0255	*
Rayados	20	1,33	1,86	0,7	<0,0001	**
Negros	20	15,18	9,78	0,93	0,3356	ns
Mortalidad	20	63,69	18,69	0,91	0,1661	ns

**Anexo 2.** Resultados del análisis de varianza de la variable eficacia de control.

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
Tratamientos	3	3,19	1,06	0,09	0,962	ns
Repeticiones	4	49,05	12,26	1,08	0,4077	ns
Error	12	135,88	11,32			
Total	19	188,12				

**Anexo 3.** Resultados del análisis de varianza de la variable número de picudos capturados.

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
Tratamientos	3	35,01	11,67	0,09	0,9621	ns
Repeticiones	4	540,05	135,01	1,08	0,4075	ns
Error	12	1495,06	124,59			
Total	19	2070,12				

**Anexo 4.** Resultados del análisis de varianza de la variable tipos de picudos capturados (Negros).

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
Tratamientos	3	132,88	44,29	1,09	0,3903	ns
Repeticiones	4	136,11	34,03	0,84	0,5268	ns
Error	12	487,17	40,6			
Total	19	756,16				

**Anexo 5.** Resultados del análisis de varianza de la variable tipos de picudos capturados (Rayados).

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
-------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------	--

Tratamientos	3	35,06	11,69	0,11	0,9552	ns
Repeticiones	4	455,38	113,84	1,03	0,432	ns
Error	12	1328,67	110,72			
Total	19	1819,11				

**Anexo 6.** Resultados del análisis de varianza de la variable mortalidad (%).

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
Tratamientos	3	2812,08	937,36	3,67	0,0437	*
Repeticiones	4	764,35	191,09	0,75	0,5775	ns
Error	12	3062,71	255,23			
Total	19	6639,14				
C.V (%)			25,08			

**Anexo 7.** Resultados de la prueba de Kruskal Wallis de la variable número total de picudos vivos.

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Medias</b>	<b>D.E.</b>	<b>Medianas</b>	<b>gl</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	
10 g Beauveria	5	9,63	7,08	8	3	1	0,3	0,9599	ns
15 g Beauveria	5	10,20	11,01	10					
20 g Beauveria	5	8,47	4,61	8					
25 g Beauveria	5	9,70	9,16	6					

**Anexo 8.** Resultados de la prueba de Kruskal Wallis de la variable número total de picudos rayados.

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Medias</b>	<b>D.E.</b>	<b>Medianas</b>	<b>gl</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	
10 g Beauveria	5	1,43	2,31	0,67	3	0,93	0,03	0,9986	ns
15 g Beauveria	5	1,10	1,39	0,33					
20 g Beauveria	5	1,40	2,07	1					
25 g Beauveria	5	1,37	2,17	0,67					

**Anexo 9.** Banco fotográfico del manejo del ensayo.



Adquisición de *Beauveria bassiana*



Pesaje de *Beauveria bassiana*



Colocación de *Beauveria bassiana*  
en trampas tipo cuña



Rotulación del ensayo