

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**PATOGENICIDAD DE OCHO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL  
CONTROL DEL GORGOJO NEGRO DEL PLÁTANO *Cosmopolites sordidus* EN  
LABORATORIO**

**Tesis**

**Para optar el título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
JUNIOR STEVE GARRIDO PEREZ**

**Asesor:  
GIANNFRANCO EGOÁVIL JUMP**

**Tingo María – Perú.**

**2024**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA  
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 007-2024-FA-UNAS

BACHILLER : JUNIOR STEVE GARRIDO PEREZ

TÍTULO : "PATOGENICIDAD DE OCHO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DEL GOGOJO NEGRO DEL PLÁTANO *Cosmopolites sordidus* (GERMAR, 1824) EN LABORATORIO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES  
VOCAL : M. Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

ASESOR : M. Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 06/03/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.

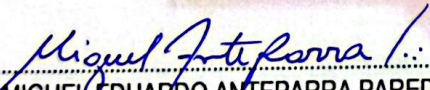
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

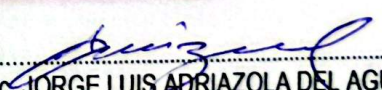
CALIFICATIVO : MUY BUENO

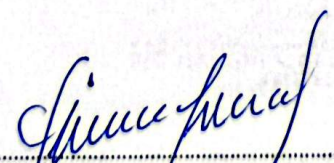
RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 06 DE MARZO DEL 2024

  
M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES  
PRESIDENTE

  
M. Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL

  
Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS  
VOCAL

  
M. Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP  
ASESOR



UNAS

VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE  
CIENTÍFICO  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 400 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un Índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### Programa de Estudio:

Agronomía

### Tipo de documento:

Tesis  X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PATOGENICIDAD DE OCHO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO NEGRO DEL PLÁTANO <i>Cosmopolites sordidus</i> EN LABORATORIO	JUNIOR STEVE GARRIDO PEREZ	19% Diecinueve	0% Cero

Tingo María, 28 de noviembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**PATOGENICIDAD DE OCHO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL  
CONTROL DEL GORGOJO NEGRO DEL PLÁTANO *Cosmopolites sordidus* EN  
LABORATORIO**

<b>Autor</b>	: Junior Steve Garrido Perez
<b>Asesor</b>	: M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump
<b>Área de investigación</b>	: Ciencias Agrícolas
<b>Línea de investigación</b>	: Diagnóstico y control de plagas
<b>Eje temático</b>	: Control del gorgojo negro del plátano
<b>Lugar de ejecución</b>	: Laboratorio de Entomopatógenos – FA - UNAS
<b>Duración del trabajo</b>	: 12 meses
<b>Financiamiento</b>	: S/ 3 753,30

**Tingo María – Perú. Marzo, 2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**VICERRECTOR DE INVESTIGACION**  
**Instituto de Investigación**  
**Unidad de Gestión de la Investigación**

---

**FORMATO PARA REGISTRAR LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**UNIVERSITARIO**

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la selva  
**Facultad** : Agronomía  
**Escuela profesional** : Agronomía  
**Departamento académico** : Ciencias agrarias

**Título de la tesis** : Patogenicidad de ocho hongos entomopatógenos para el control del gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* en laboratorio

**Objetivo general** : Evaluar mediante ensayos de patogenicidad el control de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* sobre adultos de *C. sordidus* en laboratorio

**Autor de la tesis** : Junior Steve Garrido Perez  
**DNI** : 42750743  
**Correo** : junior.garrido@unas.edu.pe  
**Asesores** : M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump  
**Área de investigación** : Ciencias Agrícolas  
**Grupo de investigación** : Plantas agrícolas, medicinales, ornamentales, florísticas - PLAMOF  
**Línea de investigación** : Diagnóstico y control de plagas  
**Lugar de ejecución** : Laboratorio de Entomopatógenos – FA – UNAS  
**Fecha de inicio** : Noviembre del 2019  
**Fecha de finalización** : Diciembre del 2020  
**Presupuesto** : S/. 3 753,30  
**Financiamiento** : Propio (x)      FIF ( )      Externo ( )

**Según: Resolución:** N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

## DEDICATORIA

A Dios:

Por medio de su poder celestial y enseñanzas  
brindarme la capacidad y sabiduría para cada  
día ser un mejor Hombre.

A mis queridos padres:

Lucas Mariano y Mercedes por siempre  
brindarme las condiciones necesarias para mi  
formación profesional.

A mis hermanos:

Andrea, Carlos, Milagros y Valeria por  
brindarme su apoyo incondicional.

A mi esposa Diana Laura, mis hijas Adriana  
Valeria y Fátima Luciana, razón de cada día  
ser mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y de manera especial al plantel de docentes de la Facultad de Agronomía, por haberme brindado todos los servicios y por las enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.
  
- Al Ing. Giannfranco Egoavil Jump, asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo en la redacción y colaboración.
  
- A los miembros del jurado, los docentes M.Sc. Miguel Eduardo Anteparra Paredes, M.Sc. Jorge Luis Adriazola Del Águila y al Ing. Carlos Miranda por las críticas constructivas en el presente trabajo
  
- Al laboratorio de fitopatología, lugar donde se ejecutó el presente trabajo de investigación, en la cual se tuvo todas las condiciones.
  
- A Wilma, Paul Peña, Oniel y todos aquellos que de una u otra manera me brindaron su apoyo para la ejecución del trabajo de investigación.
  
- A todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Plaga <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	3
2.1.1. Taxonomía .....	3
2.1.2. Origen y Distribución .....	3
2.1.3. Biología y ciclo de vida .....	3
2.1.4. Síntomas y Daños .....	4
2.2. Hongos entomopatógenos.....	5
2.2.1. <i>Beauveria bassiana</i> .....	5
2.2.2. <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	10
2.2.3. <i>Paecilomyces lilacinus</i> .....	12
2.3. Producción de entomopatógenos .....	15
2.4. Ensayos de patogenicidad.....	16
2.5. Trabajos de investigación .....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.1.1. Zona de vida.....	24
3.1.2. Procedencia de los entomopatógenos .....	24
3.1.3. Siembra de los entomopatógenos .....	25
3.2. Producción de los entomopatógenos en sustrato de arroz .....	27
3.2.1. Esterilización del sustrato de arroz .....	27
3.2.2. Siembra de los entomopatógenos en el sustrato de arroz .....	29
3.2.3. Incubación.....	29
3.3. Ensayo de patogenicidad sobre gorgojo negro <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	32
3.3.1. Componente en estudio.....	32
3.3.2. Diseño estadístico .....	32
3.3.3. Análisis de variancia .....	32
3.4. Determinación de la concentración de los tratamientos .....	33
3.4.1. Conteo de conidias.....	33
3.4.2. Homogeneización .....	34

3.4.3.	Colecta de la plaga .....	34
3.4.3.1.	Zona de colecta .....	34
3.4.3.2.	Procedimiento .....	35
3.4.4.	Preparación de los gorgojos para la prueba .....	36
3.4.5.	Aplicación de los entomopatógenos .....	37
3.4.6.	Evaluaciones .....	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
4.1.	Ensayo de patogenicidad sobre el gorgojo negro <i>Cosmopolites sordidus</i> .....	40
4.1.1.	Concentración de conidios de los entomopatógenos .....	40
4.1.2.	Tiempo Letal Medio (TL50).....	42
4.1.3.	Período de inoculación a muerte de <i>C. sordidus</i> .....	44
4.1.4.	Inicio de la producción de micelio en horas .....	46
4.1.5.	Porcentaje de individuos con presencia de micelio .....	47
4.1.6.	Periodo de Muerte del insecto a producción de micelio de los entomopatógenos (horas).....	49
4.1.7.	Inicio del cubrimiento micelial .....	51
4.1.8.	Porcentaje de individuos de <i>C. sordidus</i> con cubrimiento micelial .....	53
4.1.9.	Periodo de muerte a cubrimiento micelial de <i>C. sordidus</i> .....	54
V.	CONCLUSIONES .....	57
VI.	RECOMENDACIONES .....	58
VII.	REFERENCIAS.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Procedimiento para la producción de los entomopatógenos .....	30
2. Componentes en estudio. ....	32
3. Tratamientos en estudio. ....	32
4. Modelo del Análisis de Variancia .....	33
5. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) de los promedios de los tratamientos .....	33
6. Conteo de conidios.....	41
7. Análisis de Variancia ( $\alpha=0,05$ ) de la etapa de inoculación a muerte de <i>C. sordidus</i> en horas. ....	44
8. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el parámetro etapa de inoculación a muerte de <i>C.</i> <i>sordidus</i> en horas. ....	45
9. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del inicio de la producción de micelio (horas) .....	46
10. Prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para el inicio de la producción de micelio (horas).....	47
11. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del porcentaje de individuos con presencia de micelio.....	48
12. Prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para el total de individuos con presencia de micelio .....	48
13. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) de la muerte a producción de micelio (horas).....	50
14. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), período de muerte a producción de micelio (horas).....	50
15. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del Inicio del cubrimiento micelial.....	52
16. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el inicio del cubrimiento micelial (horas) .....	52
17. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del porcentaje de cubrimiento micelial.....	53
18. Prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para el porcentaje de cubrimiento micelial .....	53
19. Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) de la muerte a cubrimiento micelial .....	55
20. Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el periodo de muerte a cubrimiento micelial.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ciclo de vida del picudo negro del banano .....	4
2.	Características morfológicas de <i>B. bassiana</i> . .....	7
3.	Características morfológicas de <i>M. anisopliae</i> . .....	10
4.	Características morfológicas de <i>P. lilacinus</i> . .....	13
5.	Ubicación del laboratorio de entomopatógenos, Facultad de Agronomía – UNAS. ..	24
6.	Preparación de PDA Formulado (ICN Biomedicals), a) Agregando 39 g de PDA en 1 L de agua destilada y b) PDA Formulado color homogéneo y sin grumos listo para agregar a las placas petri. ....	25
7.	Procedimiento de aislamiento de los entomopatógenos obtenidos de diferentes lugares de acuerdo a los tratamientos. ....	26
8.	Cultivo de los entomopatógenos. a. Siembra de los entomopatógenos y b. Incubación de los hongos entomopatógenos. ....	27
9.	Procedimiento de esterilización del sustrato.....	28
10.	Siembra de los entomopatógenos en sustrato de arroz.....	29
11.	Incubación de los entomopatógenos en sustrato de arroz. ....	30
12.	Flujograma de siembra de entomopatógenos en sustrato de arroz e incubación de los tratamientos .....	31
13.	Procedimiento de conteo de conidias.....	34
14.	Trampa tipo sándwich. ....	35
15.	Colecta del gorgojo negro. ....	35
16.	Gorgojos negros seleccionados para la prueba. ....	36
17.	Colecta de gorgojo, selección y desinfección. ....	36
18.	Acondicionamiento de los tratamientos.....	37
19.	Procedimiento de aplicación de entomopatógenos de acuerdo con los tratamientos, sobre los gorgojos .....	38
20.	Evaluación diaria de los tratamientos. ....	39
21.	Tiempo Letal Medio (TL50) de las cepas de <i>B. bassiana</i> , <i>M. anisopliae</i> y <i>P. lilacinus</i> sobre sobre el gorgojo negro del plátano <i>C. sordidus</i> . ....	43
22.	Etapas de inoculación a muerte en horas.....	45
23.	Inicio de la producción de micelio en horas en cada uno de los tratamientos en estudio. ....	47

24.	Total, de individuos con presencia de micelio en cada uno de los tratamientos.....	49
25.	Muerte a producción de micelio en horas en cada uno de los tratamientos.....	51
26.	Tiempo desde el inicio del cubrimiento micelial en cada uno de los tratamientos en estudio. ....	52
27.	Porcentaje de cubrimiento micelial en cada uno de los tratamientos .....	54
28.	Periodo de muerte a cubrimiento micelial (horas) en cada uno de los tratamientos...	56

## RESUMEN

El gorgojo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*) es una de las principales plagas que afectan el cultivo de plátano, provocando daños severos en el rizoma y pseudotallo, lo cual disminuye la absorción de nutrientes, la estabilidad de la planta y la productividad del cultivo. Ante la necesidad de alternativas sostenibles al control químico, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de evaluar la patogenicidad de ocho hongos entomopatógenos para el control de adultos de *C. sordidus* bajo condiciones de laboratorio. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando diez insectos adultos por unidad experimental, los cuales fueron expuestos mediante pulverización directa a una suspensión de conidios de  $1 \times 10^8$  conidios/mL. Los tratamientos evaluados fueron: T<sub>1</sub>: *Beauveria bassiana* cepa JAB 06, T<sub>2</sub>: *B. bassiana* cepa JAB 07, T<sub>3</sub>: *B. bassiana* cepa JAB 08, T<sub>4</sub>: *Metarhizium anisopliae* cepa JAB 15, T<sub>5</sub>: *M. anisopliae* cepa JAB 16, T<sub>6</sub>: *Metarhizium robertsii* cepa JAB 17, T<sub>7</sub>: *Lecanicillium lecanii* cepa JAB 18 y T<sub>8</sub>: *Cordyceps fumosorosea* cepa JAB 45. Se evaluaron variables como porcentaje de mortalidad diaria durante 10 días, tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>) mediante análisis Probit, tiempo de inoculación a muerte, aparición y cubrimiento de micelio sobre el cadáver, y porcentaje de individuos con cubrimiento micelial. Los resultados demostraron que el tratamiento T<sub>4</sub> (*M. anisopliae* JAB 15) fue el más eficaz, al presentar el menor tiempo letal medio (TL<sub>50</sub> = 115,5 h), causar el 100 % de mortalidad en 130 h y registrar una alta esporulación sobre los cadáveres. Le siguieron en efectividad las cepas *M. anisopliae* JAB 16 y *B. bassiana* JAB 08, con mortalidad total en 147 y 150 h, y TL<sub>50</sub> de 147 y 133 h, respectivamente. Asimismo, las cepas *M. anisopliae* (JAB 15 y 16) y *B. bassiana* (JAB 06 y 08) destacaron por su capacidad de colonización micelial sobre los insectos muertos, mostrando rápido inicio de producción, alto porcentaje de presencia y cubrimiento completo del micelio, lo cual confirma su potencial como agentes de control biológico del gorgojo negro del plátano en estrategias de manejo integrado.

**Palabras claves:** entomopatógenos nativos, tiempo letal medio, manejo agroecológico

## ABSTRACT

The banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) is one of the main pests affecting banana cultivation, causing severe damage to the rhizome and pseudostem, which reduces nutrient absorption, plant stability, and overall crop productivity. Given the need for sustainable alternatives to chemical control, this research aimed to evaluate the pathogenicity of eight entomopathogenic fungi for the control of *C. sordidus* adults under laboratory conditions. A completely randomized design (CRD) was used with eight treatments and four replications, applying each fungal strain to ten adult insects per experimental unit via direct spraying at a concentration of  $1 \times 10^8$  conidia/mL. The treatments evaluated were: T<sub>1</sub>: *Beauveria bassiana* strain JAB 06, T<sub>2</sub>: *B. bassiana* JAB 07, T<sub>3</sub>: *B. bassiana* JAB 08, T<sub>4</sub>: *Metarhizium anisopliae* JAB 15, T<sub>5</sub>: *M. anisopliae* JAB 16, T<sub>6</sub>: *Metarhizium robertsii* JAB 17, T<sub>7</sub>: *Lecanicillium lecanii* JAB 18, and T<sub>8</sub>: *Cordyceps fumosorosea* JAB 45. Variables assessed included cumulative mortality over 10 days, median lethal time (LT<sub>50</sub>) via Probit analysis, time from inoculation to death, onset and presence of mycelium on cadavers, mycelial coverage, and the percentage of individuals fully colonized by the fungus. Results showed that treatment T<sub>4</sub> (*M. anisopliae* JAB 15) was the most effective, presenting the lowest LT<sub>50</sub> (115,5 h), achieving 100% mortality within 130 hours, and demonstrating a high sporulation rate on insect cadavers. It was followed in efficacy by *M. anisopliae* JAB 16 and *B. bassiana* JAB 08, which reached total mortality in 147 and 150 hours, respectively, and LT<sub>50</sub> values of 147 and 133 hours. Additionally, the strains *M. anisopliae* (JAB 15 and 16) and *B. bassiana* (JAB 06 and 08) excelled in post-mortem mycelial development, showing rapid onset, strong presence, and full coverage of fungal growth on cadavers, confirming their potential as biological control agents of the banana weevil within integrated pest management strategies.

**Keywords:** native entomopathogens, median lethal time, agroecological management

## I. INTRODUCCIÓN

En el valle del Alto Huallaga, departamento de Huánuco, uno de los cultivos de mayor importancia es el plátano, según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el 2012 la producción y superficie cosechada fue de 11,518 kg/ha y 12,505 ha respectivamente, teniendo un incremento del 8 % en la producción nacional en el 2018, siendo que, estas plantaciones son susceptibles a plagas y enfermedades, lo que provoca muerte de las plantas y por ende baja productividad (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). Sin embargo, es posible elevar esta productividad, siempre en cuando el agricultor reciba un buen asesoramiento técnico, que genere conciencia y conocimiento, permitiéndole obtener plantas con buen atributo agronómico, mediante un manejo integrado de la plantación.

Las plantaciones de plátano tienen una serie de factores bióticos que merman la producción, entre los cuales destacan los patógenos e insectos, que, por las condiciones de alta temperatura y humedad relativa propia de esta zona tropical peruana, pueden causar daños considerables que afectan el rendimiento (Jimenez, 2009). Sin embargo, en los últimos años, la diversidad de insectos plaga que atacan al plátano ha incrementado, motivo que lleva a frecuentes aplicaciones de insecticidas para el control de la plaga, debido a las pérdidas que estas ocasionan, lo que obliga a tomar medidas de control muchas veces irracionales, incrementando los costos de producción, la contaminación del medio ambiente, resurgencia de plagas secundarias y residuos tóxicos en los productos de consumo (Rivas y Rosales, 2003).

Cárdenas (2009) menciona que el problema en producción de plátano a nivel nacional son las plagas, representan el 54 % de los problemas fitosanitarios, siendo considerado a *Cosmopolites sordidus* (picudo negro) como uno de los principales de importancia económica, para autores como Torres (2012) esta plaga llega a causar daños que superan el 50 % de pérdidas en las plantaciones. Las pérdidas de rendimiento provocadas por el gorgojo negro del plátano *C. sordidus* pueden llegar hasta el 60 % por hectárea, lo que causa gran preocupación para el manejo adecuado de esta plaga (Castrillon, 2001)

La aplicación de métodos biológicos para el control de insectos con el hongo *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912) constituye una de las estrategias de control de plagas más importantes, especialmente del orden Coleoptera (Castrillon, 2002). Se han realizado muchos estudios, con diferentes cepas de *B. bassiana* para evaluar la patogenicidad

del hongo, con el fin de obtener cepas con mejores resultados en el control de diversas plagas como la broca del café, mosca blanca, etc. (Valbuena y Alzate, 2007).

Por otro lado, existen otras cepas del entomopatógeno que demuestran características positivas en el control de nematodos e insectos plaga, como son *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (1883) y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson (1974) con posibilidades para ejercer control en el gorgojo negro dentro de un plan de manejo integrado del cultivo (Perez, 2004). En tal sentido, se ha planteado el presente trabajo para evaluar diferentes cepas de *B. bassiana*, así como cepas de *M. anisopliae* y *P. lilacinus*, para el control de *C. sordidus* en condiciones de laboratorio, siendo la hipótesis que, por lo menos una de las cepas presenta mayor patogenicidad que las otras, por lo que se considera los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar mediante ensayos de patogenicidad el control de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* sobre adultos de *C. sordidus* en laboratorio.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de conidias de los diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos.
- Determinar el tiempo letal medio (TL50) de los diferentes tratamientos.
- Determinar el inicio, periodos y porcentaje de mortalidad, crecimiento y cubrimiento micelial.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Plaga *Cosmopolites sordidus*

#### 2.1.1. Taxonomía

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), la clasificación taxonómica es la siguiente (ITIS, 2025):

Reino	: Animalia
Filo	: Arthropoda
Clase	: Insecta
Orden	: Coleoptera
Superfamilia	: Curculionoidea
Familia	: Dryophthoridae
Subfamilia	: Rhynchophorinae
Tribu	: Litosomini
Género	: <i>Cosmopolites</i>
Especie	: <i>C. sordidus</i>

#### 2.1.2. Origen y Distribución

El picudo negro del banano tiene su origen en el Sudeste Asiático y, con el tiempo, se ha expandido a prácticamente todas las zonas del trópico y subtropical donde se cultivan bananos y plátanos. Los daños que provoca suelen ser más marcados en el plátano y en los bananos de cocción de las zonas de altiplano (Gold & Messianes, 2000).

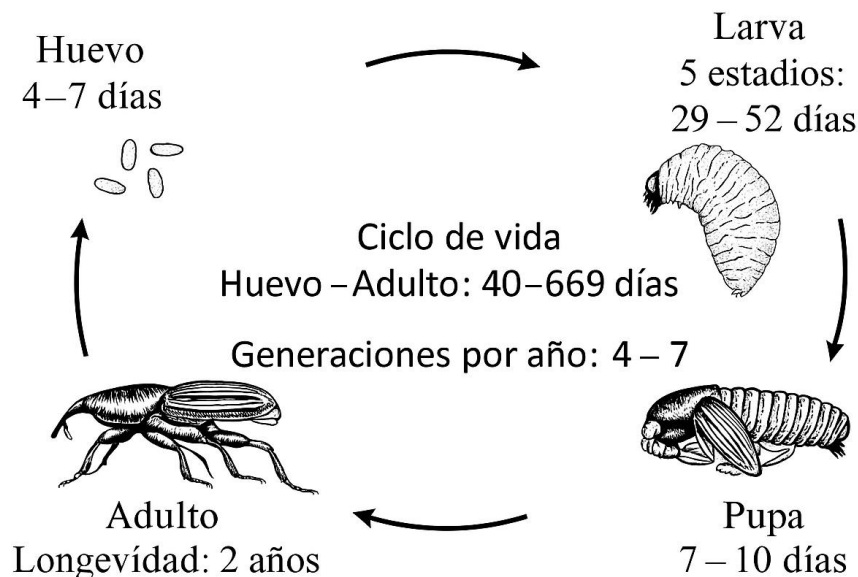
Esta plaga está presente en plantaciones bananeras y plataneras de regiones tropicales alrededor del mundo (Tazán, 2003, citado por Vélez, 2011).

#### 2.1.3. Biología y ciclo de vida

El picudo negro del banano (*C. sordidus*) es una de las principales plagas del banano y el plátano. El adulto, de color negro y 10–15 mm de longitud, se desplaza libremente, aunque suele hallarse entre las vainas foliares; en el suelo se ubica en la base de la planta o asociado a los restos del cultivo (Castrillón, 2001).

Es un insecto nocturno y muy sensible a la desecación. Los adultos pueden permanecer largos periodos en la misma mata y, en seis meses, solo una fracción mínima recorre más de 25 m. Su diseminación se da sobre todo por material de siembra infestado. Presenta una estrategia de vida tipo “K”, con longevidad elevada y baja fecundidad: muchos adultos viven alrededor de un año y algunos alcanzan hasta cuatro. En sustratos húmedos puede sobrevivir varios meses sin alimentarse. La proporción de sexos es 1:1. Se

han observado tasas de oviposición superiores a un huevo por día, aunque lo más común es aproximadamente un huevo por semana. La hembra deposita huevos blancos, ovalados, de manera individual en orificios hechos con su pico, ubicándolos entre las vainas foliares y sobre la superficie del rizoma; las plantas en floración y los residuos del cultivo son sitios preferidos para poner los huevos. Las larvas se alimentan principalmente dentro del rizoma y, en ocasiones, atacan el tallo verdadero y, esporádicamente, el pseudotallo. Pasan por cinco a ocho estadios larvales, y la pupación ocurre cerca de la superficie de la planta hospedera. El desarrollo depende de la temperatura: en condiciones tropicales, el ciclo de huevo a adulto toma entre cinco y siete semanas. Los huevos no se desarrollan por debajo de 12 °C, lo que ayuda a explicar la rareza de la plaga por encima de los 1 600 m s. n. m. (Gold y Messianes, 2000; Castrillón, 2001).



Fuente: Gold y Messianes (2000) y Castrillon (2001)

**Figura 1.** Ciclo de vida del picudo negro del banano

#### 2.1.4. Síntomas y Daños

Los rizomas recién cortados atraen a los picudos negros del banano, lo que hace que los retoños usados como semilla queden expuestos al ataque. Se han reportado pérdidas superiores al 40 % del cultivo por esta plaga. Sus daños interrumpen el inicio de nuevas raíces, destruyen las existentes, limitan la absorción de nutrientes, disminuyen el vigor, retrasan la floración y elevan la susceptibilidad a otras plagas y enfermedades (Gold et al., 2001; Merchán, 2003; Muñoz, 2007; Vélez, 2011). La merma en el rendimiento se debe tanto a la pérdida de plantas (muerte, rotura del rizoma y volcamiento) como a la reducción

del peso de los racimos. Aunque el volcamiento suele atribuirse a los nematodos, también se ha observado bajo infestaciones intensas de picudo en ausencia de estos; se considera que alcanza umbral de daño económico cuando la captura supera tres picudos por trampa por semana (Gold y Messianes, 2000).

Las lesiones provocadas por las larvas se traducen en menor crecimiento, despigmentación foliar, tendencia a la pérdida de raíces y volcamiento, reducción en la emisión de brotes, mortalidad de plantas jóvenes, alargamiento del ciclo productivo, mayor predisposición a otros organismos y disminución del vigor de la planta madre y de los hijuelos subsecuentes (Gold y Messianes, 2000; Merchán, 2003; Vélez, 2011).

En campos recién establecidos, las poblaciones de picudo negro suelen comenzar bajas. Dado su ritmo reducido de oviposición, el incremento poblacional es lento y los problemas se manifiestan con mayor frecuencia a partir del segundo ciclo. En un ensayo, las pérdidas de rendimiento aumentaron de 5 % en el primer ciclo a más del 60 % en el tercero (Gold y Messianes, 2000). Se ha comprobado que el daño por picudo se incrementa de un ciclo a otro hasta alcanzar su máximo en la tercera generación, momento en el que se observa menor altura de planta, menos hojas, racimos más livianos y retraso en el crecimiento de los hijuelos (Rukazambuga et al., 1998).

Los picudos negros no distinguen entre los aromas de distintas musáceas, lo que coincide con lo señalado por Haddad & Muñoz (1977): muestran mayor preferencia por clones con genoma AAB y ABB frente a los de tipo AAA (Manzanilla y Martínez, 2005).

En zonas donde se reimplantan bananos o plátanos cada uno a tres años, las poblaciones de picudo pueden no alcanzar niveles de plaga, incluso con germoplasma susceptible. Esta plaga ha contribuido al declive e incluso desaparición de los bananos de cocción de altiplanos en partes de África Oriental. Su condición de plaga varía según el clima y el manejo; en un estudio se observaron diferencias de hasta 100 veces en densidades entre fincas de una misma cuenca. Además, la importancia económica del picudo difiere según el material genético: en plantaciones comerciales de Cavendish suele ser relativamente menor (Gold y Messianes, 2000).

## **2.2. Hongos entomopatógenos**

### **2.2.1. *Beauveria bassiana***

#### **a. Taxonomía**

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), *B. bassiana* se clasifica de la siguiente forma (ITIS, 2025):

División	:	Deuteromycota
Clase	:	Deuteromicetes
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Género	:	Beauveria
Especie	:	<i>B. bassiana</i>

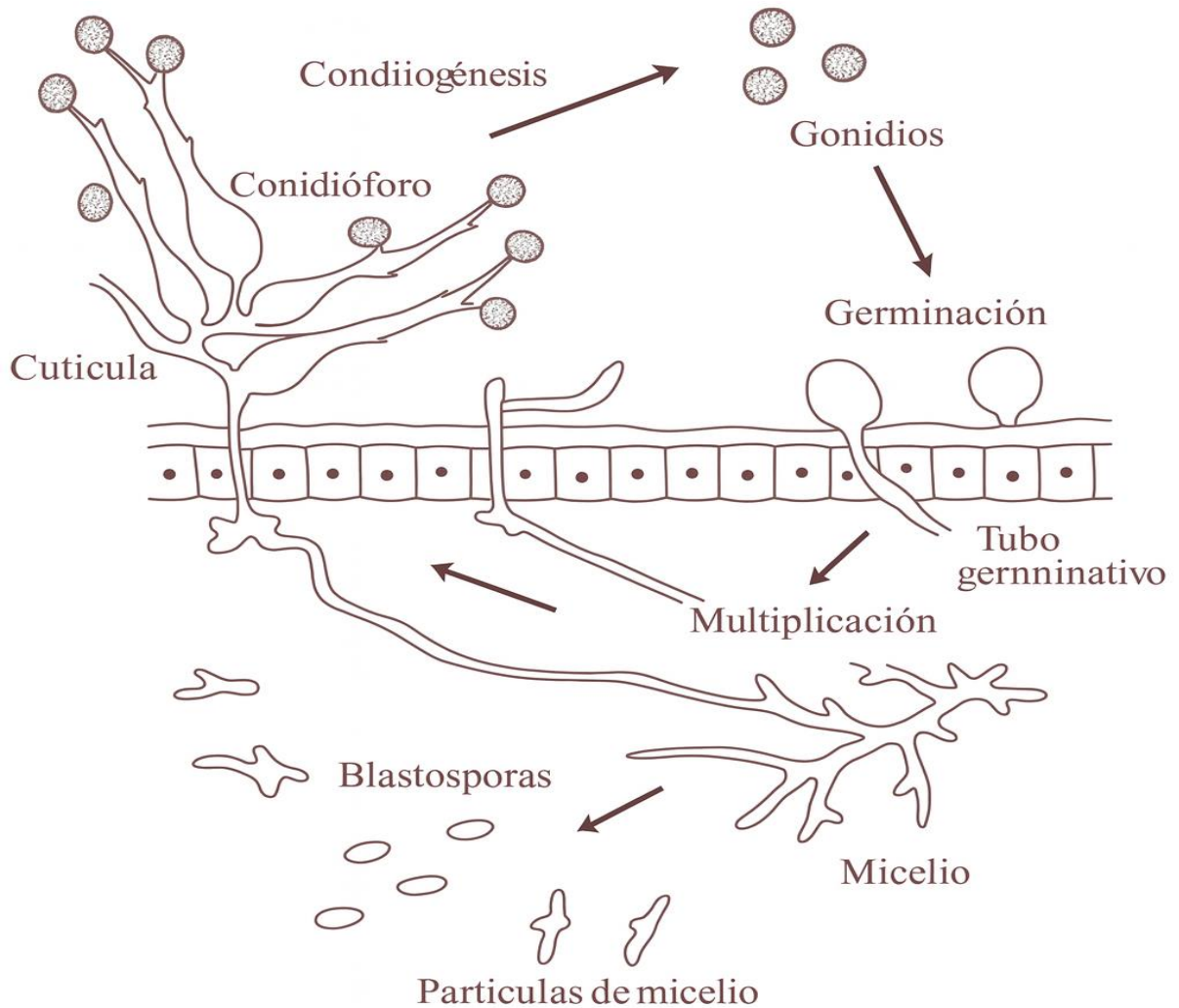
#### **b. Distribución**

El hallazgo fortuito de *B. bassiana* fue descrito en 1835 por Agostino Bassi, quien inicialmente denominó a este hongo *Botrytis paradoxa*, identificado como el agente causal de la “muscardina blanca” en el gusano de seda *Bombix mori* (Carballo & Guharay, 2004). *B. bassiana* es ampliamente reconocida por su vasto espectro de hospederos y su distribución global; se ha demostrado su patogenicidad y elevada virulencia contra más insectos plaga que cualquier otro hongo entomopatógeno (Carballo et al., 2004). Está presente en todo el mundo, con vida saprófita y parasitaria, atacando sobre todo insectos de los órdenes Coleoptera y Lepidoptera (Perez, 2004).

#### **c. Características morfológicas**

Este hongo presenta estructuras observables al microscopio (Figura 2) denominadas fialidas o células conidiógenas, con un raquis dentado en zigzag y base globosa —con aspecto de botella—, que se proyectan apicalmente en agrupaciones densas (Carballo et al., 2004). Su capacidad para infectar a numerosos insectos mediante mecanismos físicos y químicos se relaciona con su naturaleza eucariótica y heterótrofa, compuesta por células con pared quitinizada (Echeverría, 2006).

Los conidióforos tienen 1–2  $\mu\text{m}$  de diámetro y de ellos surgen grandes grupos de células conidiógenas (Cañedo y Ames, 2004). Las conidias se describen como septadas y globosas, con tamaños reportados menores a 3,5, y más comúnmente de 2–3  $\times$  2–2,3  $\mu\text{m}$ ; se insertan de manera sucesiva y opuesta a lo largo del raquis (Carballo y Guharay, 2004; Carballo et al., 2004; Cañedo y Ames, 2004). El micelio es blanco y las conidias muestran tonalidades de blanco a crema (Carballo et al., 2004). En Agar Papa Dextrosa, la colonia a los 14 días aparece blanca, algodonosa a polvorienta; con el tiempo adquiere matices amarillentos y cremosos, y el reverso se observa rojizo en el centro y amarillento hacia los bordes (Cañedo y Ames, 2004). Como rasgo de supervivencia, *B. bassiana* requiere del huésped en su fase patogénica o parasítica, mientras que en la fase saprófita puede desarrollarse en el suelo utilizando materia orgánica como sustrato (Boomsma et al., 2014).



Fuente: Boomsma et al. (2014)

**Figura 2.** Características morfológicas de *B. bassiana*.

#### d. Importancia en la agricultura

Aunque *B. bassiana* es uno de los entomopatógenos más investigados, su empleo como bioplaguicida es menor en comparación con *Bacillus thuringiensis*. Aun así, se le considera un candidato de gran relevancia para el control microbiano de plagas. Su aplicación ha sido destacada en China y Europa; en América Latina, el uso más extendido en los últimos años ha sido contra *Hypothenemus hampei* (broca del café) (Carballo et al., 2004), siendo reconocido entre los enemigos naturales más importantes de esta plaga (Zevallos et al., 1996).

#### e. Ciclo de vida

El ciclo de *B. bassiana* incluye dos etapas: una fase patogénica y otra saprófita. La fase patogénica comprende cuatro eventos principales: adhesión, germinación,

diferenciación y penetración (Valero, 2016). La infección inicia cuando el conidio se adhiere a la cutícula del insecto. Existen zonas preferentes del tegumento del hospedador —especialmente las regiones intersegmentarias, cuya composición y estructura difieren del resto— donde los conidios se fijan, germinan y penetran. Las condiciones óptimas de germinación son 23–25 °C y 92 % de humedad relativa. Tras germinar, el conidio forma un tubo germinativo que culmina en un apresorio, cuya función incluye debilitar la cutícula en el punto de contacto mientras se forma el haustorio (Carballo et al., 2004; Carballo & Guharay, 2004; Ortiz et al., 2010).

La fase saprófita transcurre dentro del hemocele, donde el hongo prolifera intensamente. Esta multiplicación ocurre por gemación, originando formas micelianas libres y unicelulares (blastosporas), además de hifas. Finalmente, el hongo invade los tejidos y provoca la muerte del hospedero. Después, se produce un crecimiento micelial hacia el exterior y la formación de nuevas unidades reproductivas (conidios) sobre y alrededor del cadáver del insecto (Carballo et al., 2004).

#### **f. Modo de acción**

El control biológico mediante hongos entomopatógenos puede ser muy efectivo (Vélez, 2011). Estos hongos atraviesan la cutícula de los insectos por dos vías: una física, ejercida por la presión de las hifas que rompen zonas membranosas y poco esclerotizadas; y otra química, basada en enzimas que degradan la cutícula. La muerte del insecto se produce por micotoxinas, destrucción tisular, obstrucción mecánica del aparato digestivo y otros daños asociados al crecimiento del micelio (Robert y Yerdol, 1971; Alves, 1986, citado por Cabrera y Ernesto, 1995).

*B. bassiana* penetra preferentemente por áreas frágiles de la cutícula, combinando efectos físicos y químicos a través de enzimas liberadas durante la germinación y la entrada—quitinasas, proteasas y lipasas—que actúan de acuerdo con el sustrato: primero sobre la capa cerosa de la epicutícula y luego sobre la matriz proteica y quitinosa (Ortiz et al., 2010). Antes de la penetración, el apresorio muestra actividad metabólica que contribuye a degradar la capa cerosa, probablemente mediante proteasas, amilopeptidasas y esterases, facilitando así la invasión (Ortiz et al., 2010).

Otra ruta de infección es el tracto digestivo; sin embargo, los conidios rara vez germinan en el intestino. Una vez dentro del hospedero, el hongo se multiplica formando hifas y blastosporas y produce toxinas que, junto con el avance del micelio por órganos y tejidos empezando por el tejido graso y los desequilibrios nutricionales, ocasionan la

enfermedad y la muerte. Entre los metabolitos con acción insecticida destaca la beauvericina (Carballo et al., 2004).

En el interior del insecto, el desarrollo del hongo puede llegar a atrofiar el sistema nervioso (Cabrera y Ernesto, 1995). *B. bassiana* sintetiza múltiples toxinas peptídicas cíclicas y lineales (depsipéptidos), incluyendo beauvericina, beauverólidos H e I, bassianólido e isarólidos A, B y C, además de enniatinas y oosporina. Estos compuestos aislados del micelio alteran la permeabilidad de membranas, inducen pérdida de fluidos celulares, afectan procesos de muda y metamorfosis, reducen la fecundidad, interfieren con interacciones ligando–receptor y provocan deformaciones estructurales, contribuyendo a la muerte del insecto. La beauvericina, en particular, ha mostrado toxicidad frente a moscas y mosquitos en bioensayos y ayuda a suprimir la respuesta inmune del hospedante (Carballo et al., 2004; Barneth, 1999).

En la broca del café, los conidios de *B. bassiana* germinan aproximadamente 12 horas después de la inoculación. La penetración en el tegumento mediada por enzimas toma otras 12 horas y, hacia las 72 horas, el insecto suele estar completamente colonizado (Gonzales et al., 1993). Entre los tres y cuatro días posteriores, el hongo comienza a hacerse visible externamente sobre el cuerpo de la broca. Antes de morir, los insectos infectados muestran signos como inquietud, cese de la alimentación y pérdida de coordinación, además de posibles cambios en la coloración del tegumento. Habitualmente se desplazan hacia zonas elevadas de la vegetación; los subterráneos ascienden hacia la superficie. Allí permanecen hasta su muerte y luego quedan adheridos a hojas y ramas, o sobre el suelo, exhibiendo los signos característicos de la infección (Carballo et al., 2004).

#### g. Productos comerciales

**Mycotrol;** es un formulado basado en la cepa GHA de *B. bassiana*, amparado por patente de producción. Emplea tecnología coloidal (ETC) que evita la necesidad de refrigeración y ofrece alta concentración ( $2 \times 10^{13}$  UFC/L), buena estabilidad, viabilidad >95% y eficacia comprobada en campo (Laverlam, 2010).

**Probiobass;** es un bioproducto a base de *B. bassiana*, entomopatógeno que controla de forma natural diversas plagas de los cultivos (chinches, picudos, brocas, gorgojos, escarabajos, gusanos, entre otras). Puede emplearse en agricultura biológica, orgánica y convencional. No contamina, no es tóxico y favorece el equilibrio agroecológico al restablecer el control natural (Probiotec, 2011).

**Spectrum;** es un insumo de origen biológico que no requiere advertencias especiales para su manejo más allá de las precauciones del producto con el que se mezcle. Aporta  $1 \times 10^{11}$  conidios de *B. bassiana* por gramo (Cyr – Agroquímica, 2023).

### 2.2.2. *Metarhizium anisopliae*

#### a. Taxonomía

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), *M. anisopliae* se clasifica de la siguiente forma (ITIS, 2025):

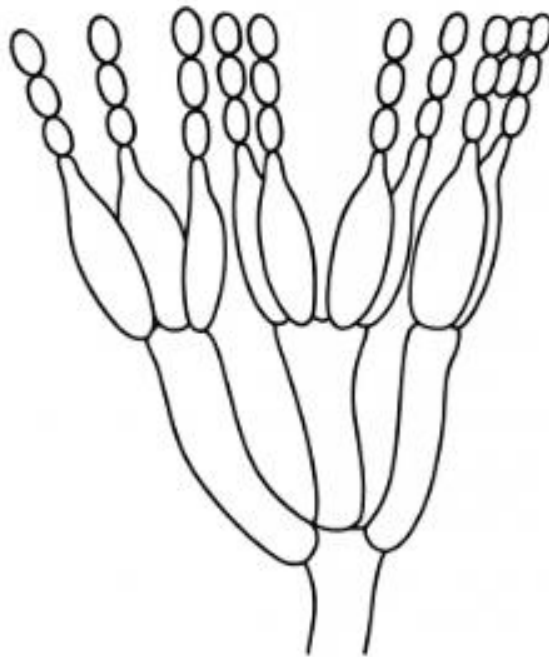
División	:	Deuteromicota.
Clase	:	Deuteromicete.
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Género	:	Metarhizium
Especie	:	<i>M. anisopliae</i>

#### b. Distribución

*M. anisopliae* es el agente causal de la muscardina verde y es un patógeno de más de 300 especies de siete órdenes de insectos. Los Coleoptera son los hospederos más comunes (Carballo et al., 2004).

#### c. Características morfológicas

Al microscopio, *M. anisopliae* exhibe células conidiógenas (fiálidas) cilíndricas, con ápices redondeados o cónicos, dispuestas en himenios densos. Sus conidióforos se ramifican repetidamente hasta formar una estructura tipo candelabro.



Fuente: Carballo et al. (2004)

**Figura 3.** Características morfológicas de *M. anisopliae*.

Los conidios, septados y de forma cilíndrica u ovoide, se organizan en cadenas que suelen alinearse en columnas prismáticas o cilíndricas, o bien en masas compactas de cadenas paralelas. La coloración de los conidios varía del verde pálido o brillante al verde-amarillo u oliváceo. En *M. anisopliae* var. *anisopliae* los conidios son cortos (3,5–9  $\mu\text{m}$ ), mientras que en la var. *majus* alcanzan 9–18  $\mu\text{m}$ . Los insectos infectados aparecen cubiertos por micelio blanco y, cuando el hongo esporula sobre el cadáver, éste adquiere un tono verdoso (Carballo et al., 2004).

#### **d. Importancia en la agricultura**

Es el segundo hongo entomopatógeno más ampliamente usado en el control microbial y es el hongo más utilizado en Latinoamérica para el control de diferentes especies de cercópidos que son plagas en la caña de azúcar (Carballo et al., 2004).

#### **e. Ciclo de vida**

El ciclo de *M. anisopliae* incluye una fase patogénica que comienza cuando los conidios se adhieren a zonas frágiles de la cutícula del insecto. Con humedad adecuada, los conidios germinan, forman un tubo germinativo y luego un haustorio que facilita la penetración. Antes de la muerte del hospedero, proliferan cuerpos hifales. La muerte del insecto pone fin a la fase patogénica y da paso al crecimiento saprofítico del micelio dentro del hemocele, invadiendo los tejidos. El deceso se debe tanto al daño mecánico como a los metabolitos tóxicos producidos por el hongo. Tras la muerte, el micelio emerge al exterior y culmina con la formación de conidios sobre y alrededor del cadáver (Carballo et al., 2004).

#### **f. Modo de acción**

Tras la germinación, el hongo ingresa por zonas débiles de la cutícula del insecto mediante dos vías: (i) acción física, ejercida por estructuras como el apresorio y el haustorio formadas después de germinar, y (ii) acción química, gracias a enzimas (proteasas, lipasas y quitinasas) que degradan la cutícula. Además del efecto mecánico del micelio que, al multiplicarse dentro del cuerpo, invade órganos y tejidos, destacan las destruxinas por su acción insecticida. El hospedero activa defensas celulares (p. ej., granulomas que encapsulan el micelio), pero las toxinas fúngicas erosionan estas barreras y facilitan que las blastosporas colonicen el hemocele. *Metarhizium anisopliae* produce diversas destruxinas (A, B, C, D y desmetil-B; además A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> y E<sub>1</sub>), tóxicas por inyección intrahemocélica, con efecto que varía según la especie de insecto. También se han descrito citocalasinas, que podrían contribuir al progreso de la enfermedad. Los insectos infectados muestran cambios de conducta cese de la alimentación, pérdida de coordinación y tienden a desplazarse a partes altas de la planta o a la superficie del suelo (en

especies subterráneas), junto con alteraciones del tegumento (cambios de color o manchas). Tras la muerte, quedan como cadáveres con signos típicos: crecimiento del hongo en zonas intersegmentarias y una coloración verde por la esporulación (Carballo et al., 2004).

#### g. Productos comerciales

**Metatrópico;** es un bioinsumo formulado con *M. anisopliae* que controla broca del café y mosca blanca (*Bemisia argentifolii*), así como mosca de la fruta, gusanos, cucarachas, cucarrones, áfidos/trips/pulgones, ácaros y varios picudos (negro, rayado, amarillo) en frutales, flores, forestales, hortalizas, cítricos, plátano, cacao, maíz y otros cultivos. También tiene acción sobre plagas y artrópodos de interés pecuario como la chinche de los pastos, la mosca del ganado, el lorito verde y la garrapata (Soluciones Microbianas del Trópico [SMT], 2011).

**Destruxin WP;** contiene una cepa natural y selectiva de *M. anisopliae* activa contra insectos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera, con una concentración de  $1 \times 10^{10}$  conidios por gramo de producto (Merkagro, 2010).

**Raxter** es un insecticida elaborado con una cepa patógena natural y selectiva de *M. anisopliae*, con  $2 \times 10^8$  conidios por gramo, capaz de parasitar principalmente insectos de los órdenes Hemiptera y Coleoptera (BIOCROP, 2023).

### 2.2.3. *Paecilomyces lilacinus*

#### a. Taxonomía

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), *Paecilomyces lilacinus* se clasifica de la siguiente forma (ITIS, 2025):

División	:	Deuteromycota
Clase	:	Deuteromycetes
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Género	:	<i>Paecilomyces</i>
Especie	:	<i>P. lilacinus</i>

#### b. Distribución

En condiciones naturales, *P. lilacinus* se comporta como un habitante típico del suelo. Este hongo es capaz de mantenerse en la fracción de materia orgánica y suele encontrarse de manera constante en los campos agrícolas, especialmente en zonas húmedas y con alta presencia de plagas (InfoAgronomo, 2019).

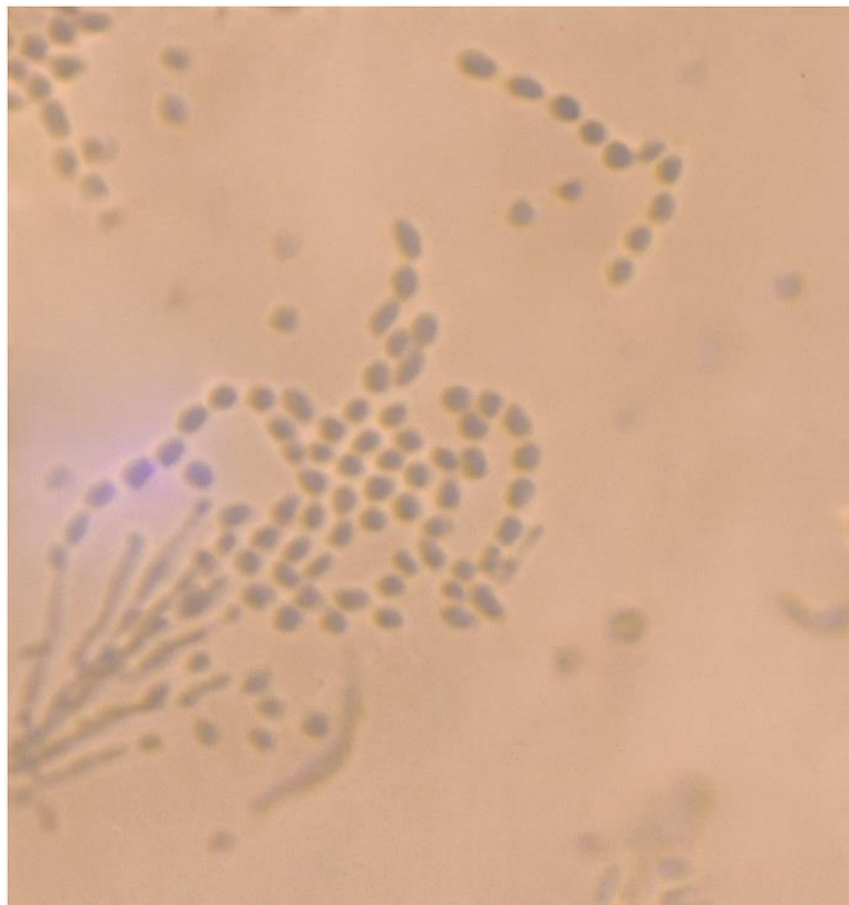
Además de ser patógeno de insectos, la principal importancia de *P. lilacinus* radica en su acción sobre los fitonemátodos, frente a los cuales provoca altas tasas de

mortalidad, lo que se traduce en una reducción significativa de sus poblaciones en los cultivos (Monzón et al., 2009).

Desde su descubrimiento en el Perú en 1979, el hongo *P. lilacinus* se considera uno de los organismos de control biológico más estudiados. Actúa principalmente como parásito de huevos y hembras de nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Globodera* y *Rotylenchulus*; además, se ha informado que produce toxinas que afectan el sistema nervioso de otros nematodos (Pérez et al., 1999).

### c. Características morfológicas

Los conidios son de forma cilíndrica a fusiforme, se disponen en cadenas y presentan los extremos redondeados. Las hifas vegetativas tienen paredes lisas, mientras que los conidióforos son de porte erecto y suelen agruparse en sinemas, con verticilios ramificados que sostienen conjuntos de cuatro a seis fiálides. El tamaño de los conidios varía aproximadamente entre 1 y 2  $\mu\text{m}$  de ancho y 3 a 4  $\mu\text{m}$  de largo; las hifas miden entre 1 y 1,5  $\mu\text{m}$  de ancho y 3,5 a 4,4  $\mu\text{m}$  de largo, y los conidióforos presentan un ancho de 1,5 a 3  $\mu\text{m}$  (Pérez et al., 2003).



Fuente: Pérez et al. (2003)

**Figura 4.** Características morfológicas de *P. lilacinus*.

#### **d. Importancia en la agricultura**

En los últimos años, en la lucha contra los nemátodos fitoparásitos se ha incrementado el uso de agentes biorreguladores, no como reemplazo de otras tácticas, sino como componente complementario dentro de los programas de manejo integrado. Dentro de estos agentes, *P. lilacinus* es el hongo más empleado en el biocontrol de nemátodos (Pérez et al., 1999).

#### **e. Ciclo de vida**

Inicialmente se presenta como habitante del suelo; cuando encuentra un hospedero, el conidio se adhiere a su superficie, luego germina y posteriormente penetra al interior de su cuerpo. A continuación, el hongo comienza la colonización interna y, finalmente, se observa el crecimiento externo acompañado de la producción de nuevos conidios (Monzón et al., 2009).

#### **f. Modo de Acción**

La infección del huésped se inicia con la fase de adhesión, en la cual intervienen las hidrofobinas, que son pequeñas proteínas anfipáticas de alrededor de 100 aminoácidos. Posteriormente, mediante degradación enzimática, el hongo atraviesa la cutícula, la cual está compuesta por ceras, entre ellas el hexadecano (Vigueraz et al., 2009).

*P. lilacinus* presenta, al menos, dos mecanismos de acción: el parasitismo directo y la producción de metabolitos secundarios. Este hongo inhibe de forma consistente la movilidad de su hospedero (Verdejo, 2005).

Los productos formulados a base de *P. lilacinus* actúan principalmente como agentes de contacto. Este hongo produce estructuras denominadas conidios, responsables del efecto sobre los nematodos. Al entrar en contacto con el cuerpo del nematodo, los conidios se fijan sobre su pared externa, germinan y generan estructuras especializadas a través de las cuales logran penetrar. Una vez dentro, el hongo aprovecha los nutrientes del nematodo y se multiplica de manera masiva, invadiendo completamente su cuerpo y provocando una enfermedad que finalmente ocasiona su muerte. Bajo condiciones favorables de humedad, tras la invasión, las estructuras del hongo emergen al exterior del nematodo y sobre su cuerpo se forman nuevos conidios capaces de infectar a otros nematodos. Los productos a base de *Paecilomyces* no causan la muerte inmediata del nematodo, ya que se requiere un lapso desde la adhesión de los conidios hasta la colonización del hongo; sin embargo, desde el momento en que este ingresa al cuerpo del hospedero se altera el comportamiento de la plaga (movimiento, reproducción y alimentación), de modo que deja de dañar el cultivo antes de morir (Monzón et al., 2009).

### g. Productos comerciales

Safelomyces es un producto biológico formulado a partir del hongo *P. lilacinus*, presentado en forma de polvo mojable, con una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios por gramo. Este microorganismo ha demostrado una acción biocontroladora efectiva, especialmente sobre huevos y estados juveniles J2 de distintos géneros de nematodos fitoparásitos. Asimismo, se ha reportado su acción sobre hongos formadores de esclerocios como *Sclerotinia* spp. y *Sclerotium* spp. (Naturalcontrol, 2011).

Nemabiol actúa provocando enfermedad y regulando las poblaciones de nematodos como *Radopholus similis*, *Meloidogyne* sp., *Helycotilenchus* sp. y *Pratylenchus* sp. Este producto está constituido por *P. lilacinus* en una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios por gramo y muestra mejores resultados cuando se utiliza de manera preventiva, en condiciones de baja infestación y sobre estados larvarios primarios (Qbiol, 2010). Además, se trata de un formulado cuyo ingrediente activo es una cepa del hongo *P. lilacinus* con igual concentración ( $1 \times 10^8$  conidios por gramo), considerado enemigo natural de nematodos fitopatógenos de los géneros *Meloidogyne* sp., *Heterodera* sp., *Globodera* sp., *Tylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *Xiphinema* sp., *Nacobbus* sp., *Aphelenchus* sp. y *Helicotylenchus* sp. (Fertimicro, 2012).

### 2.3. Producción de entomopatógenos

Para que los hongos entomopatógenos puedan emplearse como insecticidas, es necesario producirlos a escala masiva y asegurar que conserven su capacidad infectiva durante un periodo de tiempo prolongado. Desde hace aproximadamente un siglo se han multiplicado hongos para su uso como agentes biológicos de control de plagas, utilizando diversos métodos de reproducción, entre ellos el empleo de sustratos como el arroz (Vélez et al., 1997).

El proceso se inicia con un cultivo puro, denominado “hongo patrón” o “semilla”. Para la preparación de las bolsas, se colocan 200 g de arroz entero en bolsas plásticas de polipropileno y se agregan 100 ml de agua (destilada o potable); luego, las bolsas se sellan y se esterilizan en autoclave a 1,2 bares de presión y 121 °C durante cuatro a cinco minutos. Tras la esterilización, se agitan para evitar la formación de grumos y favorecer que el inóculo se distribuya de manera uniforme en el arroz, permitiendo un crecimiento homogéneo. Posteriormente, el arroz contenido en las bolsas se inocula con el hongo patrón y se deja en condiciones ambientales hasta que el hongo coloniza completamente el sustrato. Una vez concluida la colonización, el arroz se lava con agua y el caldo o suspensión resultante de este lavado se utiliza para el control de plagas (Monzón, 2001).

## 2.4. Ensayos de patogenicidad

La prueba de patogenicidad constituye el criterio central en la evaluación de la calidad de una formulación, ya que permite verificar si el patógeno es capaz de atacar efectivamente la plaga para la cual ha sido diseñada (Vélez et al., 1997).

Investigaciones realizadas en Camerún, Guatemala, Brasil y Costa Rica han demostrado que el hongo entomopatógeno *B. bassiana* puede causar la muerte de la broca del café tanto en condiciones de laboratorio como de campo; sin embargo, estos autores no reportaron diferencias en la patogenicidad entre distintos aislamientos de *B. bassiana* frente a la broca (Fernández, 1955; Monterroso, 1981; Pascalet, 1939; Quesada, 1985, citado por Jiménez, 1992). A pesar de ello, se ha comprobado que sí existen variaciones en la virulencia entre razas de *B. bassiana* contra este mismo insecto (Gonzalez, 1993; Estrada, 1997).

Bajo condiciones controladas de laboratorio se evaluaron 46 aislamientos procedentes de diversos hospedantes y localidades de origen; se observó que el 35 % de ellos provocó mortalidades inferiores al 50 %, mientras que cinco aislamientos alcanzaron niveles de infección superiores al 80 %. Además, se registraron diferencias entre dos aislamientos en relación con el tiempo requerido para causar la muerte del insecto: en el tratamiento con el aislamiento Bb-9205 Ds los individuos murieron en un promedio de 106 horas, mientras que con la cepa Bb-9205 BFC la mortalidad ocurrió en 66,72 horas en promedio después de la inoculación. En la fase de muerte hasta el cubrimiento completo de micelio, la duración fue de 31,92 horas para el aislamiento Bb-9205 Ds y de  $44,4 \pm 6,96$  horas para Bb-9205 BFC, contadas desde la inoculación (Gonzalez, 1993).

Las variaciones en patogenicidad podrían explicarse por respuestas internas del hospedante, así como por características fisiológicas y/o genéticas propias del hongo (Ignoffo, 1975, citado por Gonzalez, 1993). Asimismo, se señala que el primer paso en el desarrollo de un hongo entomopatógeno como insecticida es la selección de aislamientos altamente patogénicos para la plaga objetivo, lo cual exige el diseño de un sistema de bioensayo adecuado (Hall et al., 1982, citado por Jiménez, 1992). Para determinar las diferencias entre medias en los ensayos de patogenicidad, se empleó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$  (Gonzales, 1993; Rodríguez et al., 1997).

## 2.5. Trabajos de investigación

En el año 2000, en Colombia, se llevó a cabo una investigación dirigida a identificar enemigos naturales del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en zonas plataneras, con la finalidad de incorporarlos como alternativa dentro de programas de manejo integrado

de plagas. El estudio fue de carácter descriptivo, basado en observaciones directas de campo, sin comparación estadística entre tratamientos ni aplicación de pruebas de significancia. La metodología consistió en recorridos por plantaciones de plátano, recolección manual y observación de insectos asociados a los residuos de cultivo, registrando la presencia de depredadores naturales. Entre los principales organismos encontrados se destacaron los coleópteros *Hololepta* sp. y *Alegoria dilatata*, hormigas del género *Camponotus* sp. y tijeretas (Dermaptera: Forficulidae), los cuales frecuentan los sitios donde se desarrollan las larvas del picudo. Se concluyó que estos depredadores representan un recurso biológico promisorio, que debe conservarse y estudiarse con mayor profundidad para su incorporación efectiva en estrategias sostenibles de control del picudo negro (Londoño et al., 2000).

En 2003, en la Universidad de Guayaquil (Ecuador), se desarrolló un estudio orientado a generar tecnologías limpias para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en cultivos de plátano, mediante la evaluación de diferentes tipos de trampas (de disco, longitudinal, en cuña y tipo “V”), con y sin la adición del insecticida carbofurán al 5 %. El propósito fue disminuir la dependencia de plaguicidas químicos mediante métodos alternativos. La metodología incluyó la instalación de trampas en campo, el monitoreo periódico de las capturas, así como la evaluación del daño en cormos y de variables agronómicas, infiriéndose el uso de un diseño completamente al azar o en bloques con análisis de varianza. Entre los tratamientos evaluados, la trampa tipo “V” con insecticida fue la de mayor eficacia en la captura del insecto, aunque esta opción resultó parcialmente contradictoria con el principio de tecnologías limpias. El estudio concluyó que el empleo aislado de microorganismos u otros métodos no químicos presenta limitaciones para el control efectivo de *C. sordidus*, por lo que se recomienda un enfoque de manejo integrado que combine prácticas culturales, trampas eficientes y agentes biológicos para obtener resultados sostenibles y eficaces (Quijije et al., 2003).

En 2007, en Chile, se realizó un trabajo experimental con el objetivo de seleccionar aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como agentes de control biológico de la avispa chaqueta amarilla (*Vespula germanica*), con miras a integrarlos en programas de manejo integrado. Se buscó identificar las cepas con mayor capacidad de causar mortalidad y de esporular sobre obreras y machos. Se evaluaron 30 aislamientos de *B. bassiana* y 29 de *M. anisopliae* mediante cebos líquidos azucarados con una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios/ml, aplicados a adultos de edad similar, comparándolos con un testigo sin hongo. El diseño experimental fue completamente al azar, con seis repeticiones por aislamiento y 10 avispas por unidad experimental; los datos de

mortalidad y esporulación se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey. La metodología incluyó la exposición de los insectos a los aislamientos, el registro diario de la mortalidad y la incubación de los cadáveres en cámaras húmedas para evaluar la esporulación. Los resultados indicaron que dos cepas de *B. bassiana* (Qu B941 y Qu B933) presentaron las mayores mortalidades (95 y 79 % en obreras; 73 y 66 % en machos) y altos niveles de esporulación (hasta 77 %), superando ampliamente a los aislamientos de *M. anisopliae*, cuyo mejor aislamiento alcanzó solo 61 % de esporulación. Se concluyó que algunos aislamientos nativos de *B. bassiana* tienen un alto potencial como biocontroladores selectivos de *V. germanica* y constituyen herramientas promisorias para programas de control biológico integrado (Merino et al., 2007).

En 2003, en plantaciones de *Pinus caribaea* en Colombia, se efectuó un ensayo de campo con el propósito de evaluar la efectividad de tres cepas de *Beauveria bassiana* (La 36, LBB 1 y La Brasileña) para el control de descortezadores del género *Ips*, dentro de un enfoque de manejo integrado. Los tratamientos consistieron en rociar troncos y árboles descortezados (trozas de 50 cm de longitud y 14–16 cm de diámetro, y árboles de 20 años descortezados a 20 cm del fuste) con una solución de  $1,5 \times 10^8$  conidios/ml, a una dosis de 5 L/m<sup>3</sup>, aplicada antes y después de la invasión de los insectos, junto con un testigo sin hongo. El diseño se estructuró en parcelas de campo comparando las cepas entre sí y frente al testigo, aunque no se detallan las pruebas estadísticas utilizadas. La metodología contempló la aplicación directa de la suspensión sobre toda la madera afectada y el seguimiento del ensayo durante 22 días, registrándose el número de insectos vivos, muertos y aquellos cubiertos por micelio. Los resultados mostraron que ninguna de las cepas evaluadas tuvo un efecto significativo sobre el establecimiento o desarrollo de los descortezadores, por lo que no se identificó un tratamiento superior. En consecuencia, se concluyó que, a la concentración y dosis evaluadas, estas cepas de *B. bassiana* no son recomendables para su incorporación en programas de manejo integrado de descortezadores en plantaciones de pino (López Castilla et al., 2009).

En 2010, en galpones avícolas situados cerca de Isnotú, municipio Rafael Rangel, estado Trujillo (Venezuela), se desarrolló un estudio con el fin de evaluar la efectividad de esporas de *Beauveria brongniartii* en el control de la mosca doméstica (*Musca domestica*), mediante nebulización en galpones con densidad de siete pollos/m<sup>2</sup>. Se aplicó una suspensión de  $9 \times 10^7$  conidios/ml (15 L por cada 1 200 m<sup>2</sup>). Se establecieron dos tratamientos: T1 (control con placebo) y T2 (aplicación del hongo a concentración fija). El diseño incluyó controles y tratamientos con réplicas, y se realizó un análisis estadístico de las densidades

poblacionales de moscas utilizando la prueba de Duncan ( $P < 0,05$  y  $P < 0,01$ ). La metodología consistió en tres nebulizaciones semanales consecutivas y en el recuento de moscas mediante rejillas de muestreo instaladas en cada galpón, calculándose la reducción porcentual de la población mediante la fórmula de Mulla et al. Las nebulizaciones redujeron la población de moscas en 81 % la primera semana, 31 % la segunda y 100 % la tercera; posteriormente se mantuvo una presión entomocida cercana al 94 %. Se concluyó que, bajo estas condiciones, *B. brongniartii* constituye una alternativa viable para el control sanitario integral en unidades de producción avícola (Cova et al., 2010).

En 2011, en una plantación de banano de la región Caribe de Costa Rica, se realizó un ensayo de campo con el objetivo de evaluar la eficacia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* como controlador biológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), comparando distintos métodos de aplicación. Se ensayaron tratamientos consistentes en la aplicación del hongo al suelo ( $1,0 \times 10^{14}$  conidios/ha), en trampas tipo cuña ( $2,5 \times 10^{12}$  conidios/ha) y en trampas tipo pseudotallo ( $5,0 \times 10^{12}$  conidios/ha), además de un testigo químico con clorpirifos y un testigo absoluto sin aplicación. El experimento se organizó bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento y parcelas de 1 600 m<sup>2</sup> como unidades experimentales. La metodología incluyó el monitoreo del parasitismo y la mortalidad de los adultos del picudo, así como el registro semanal de capturas en las diferentes trampas. Los resultados evidenciaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) en las variables evaluadas, destacando la trampa tipo cuña con una mortalidad de 73,4 % y la trampa tipo pseudotallo con 71,0 %, superando incluso al tratamiento químico. Se concluyó que la aplicación de *B. bassiana* mediante trampas tipo cuña y pseudotallo es efectiva para reducir las poblaciones de *C. sordidus* y representa una opción viable y sostenible dentro de los programas de manejo biológico en sistemas de producción bananera (Navas, 2011).

En 2014, en almácigos de plátano variedad Dominico Hartón en Colombia, se llevó a cabo un estudio con el propósito de establecer un manejo integrado de nematodos fitoparásitos y evaluar su impacto en la sanidad y desarrollo del cultivo, incluyendo el efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre adultos del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Entre los tratamientos se consideraron la limpieza sanitaria de cormos, la aplicación de *Pochonia lilacinus* y la incorporación de *B. bassiana*, tanto de manera individual como combinada. Aunque no se detalla el diseño estadístico, el estudio se desarrolló bajo condiciones reales de campo con un enfoque práctico, orientado a evaluar la eficacia de las intervenciones implementadas. La metodología comprendió la desinfección del material de siembra, el

establecimiento de los almácigos, el monitoreo de variables sanitarias y de crecimiento, y el seguimiento de las plagas asociadas al cultivo. Se observó que *B. bassiana* resultó eficaz en el parasitismo de adultos del picudo negro y que su aplicación conjunta con *P. lilacinus* generó un efecto favorable en el control biológico y en la calidad de los almácigos. Se concluyó que esta estrategia integrada constituye una alternativa viable y sostenible para el manejo fitosanitario del plátano, al disminuir la dependencia de insumos químicos y promover sistemas de producción más saludables (Valencia et al., 2014).

En 2018, en México, se desarrolló un estudio enfocado en la caracterización del picudo del nopal (*Cactophagus spinolae*) y en la evaluación de su susceptibilidad a los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, como parte de una estrategia de control biológico de esta plaga de importancia económica. El objetivo fue determinar la virulencia de ambos hongos a través de la mortalidad y la esporulación en adultos infectados. Aunque el documento no presenta un diseño estadístico complejo, el trabajo se efectuó en condiciones controladas, con observación directa y comparación entre tratamientos. La metodología consistió en la aplicación de suspensiones fúngicas sobre los insectos, el monitoreo de la mortalidad y la posterior incubación de los cadáveres en condiciones de alta humedad para favorecer la esporulación. Se observó que los adultos infectados con *B. bassiana* desarrollaron el micelio con mayor rapidez y cobertura en la superficie del insecto, con una esporulación de 77 %, frente al 61 % registrado en individuos infectados con *M. anisopliae*. Se concluyó que *B. bassiana* presenta una mayor capacidad infectiva y de esporulación bajo las condiciones evaluadas, lo que respalda su potencial como agente de control biológico para su inclusión en programas de manejo del picudo del nopal (Orduño y Vázquez, 2018).

En 2020, en Camerún, se llevó a cabo un estudio con el fin de evaluar la susceptibilidad del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) a cepas autóctonas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en el marco de una estrategia biológica para el manejo del complejo de plagas en plátano. Se utilizaron diferentes concentraciones de conidios en bioensayos de laboratorio, evaluando la virulencia de seis aislamientos locales aplicados a adultos y larvas en distintos estadios del insecto. El diseño experimental incluyó repeticiones bajo condiciones estandarizadas, con aplicación directa de esporas y seguimiento de la mortalidad a lo largo del tiempo, lo que permitió realizar análisis estadísticos sobre la efectividad de cada aislamiento. La metodología se centró en pruebas de contacto y exposición, determinando los niveles de patogenicidad y el tiempo medio de muerte ( $TL_{50}$ ), y se identificaron diferencias significativas entre cepas. Los aislamientos de *Metarhizium*

mostraron mayor virulencia que los de *Beauveria*, especialmente contra larvas, mientras que los adultos presentaron una resistencia relativa más alta. Se concluyó que los hongos entomopatógenos nativos poseen un alto potencial para el control biológico de *C. sordidus*; sin embargo, se recomienda evaluar su eficacia en condiciones de campo y considerar su integración en programas de manejo sostenible y en la producción de bioinsecticidas (Membang et al., 2020).

En 2013, en Perú, se evaluó la patogenicidad de una cepa comercial de *Beauveria bassiana* sobre larvas de tercer estadio de *Dione juno*, recolectadas en campo, con el objetivo de determinar su potencial como agente de control biológico. Se aplicaron tres concentraciones ( $10^6$ ,  $10^7$  y  $10^8$  conidios/ml) mediante inmersión y se registró diariamente la mortalidad y el consumo foliar. A la dosis más alta ( $10^8$  conidios/ml), la mortalidad alcanzó 84 % al cuarto día y 100 % al quinto día, con una  $CL_{50}$  estimada en  $9,39 \times 10^6$  conidios/ml; además, el consumo foliar disminuyó conforme avanzó el tiempo. La cepa fue caracterizada fisiológicamente, observándose un crecimiento diametral de 17,5 cm en diez días y una esporulación de 94,5 %. Se concluyó que *B. bassiana* es altamente eficaz contra larvas de *D. juno* y constituye una opción viable para su control biológico en sistemas de producción intensivos (Malpartida y Dale, 2006).

En 1998 se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar la eficacia de una formulación mojable de *Beauveria bassiana* sobre distintos estadios de la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus* bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y fotoperiodo. Se empleó una concentración de 0,1 % del producto formulado con  $4,4 \times 10^{13}$  esporas por gramo, más un mojante al 0,02 %, aplicado mediante pulverización manual hasta el punto de goteo. Se efectuaron conteos cada dos o tres días para determinar el efecto sobre huevos blancos, huevos rosados y larvas L1, L2 y L3. Los resultados mostraron eficacias de 65 % en huevos blancos, 90 % en huevos rosados, 88 % en L1, 73 % en L2 y 91 % en L3. Se concluyó que *B. bassiana* fue altamente efectivo en el control de la plaga, especialmente en los estadios larvales avanzados (Santamaría et al., 1998).

En 2008, en Costa Rica, se evaluó la eficacia del hongo *Metarhizium anisopliae* para el control de la garrapata *Boophilus microplus* mediante pruebas in vitro e in vivo, aplicando concentraciones de  $10^8$ ,  $10^9$  y  $10^{10}$  conidios/ml sobre huevos, larvas y hembras repletas. En la fase in vivo se utilizó la concentración más alta directamente sobre los animales en finca. Los resultados evidenciaron un efecto letal sobre todos los estadios, con diferencias altamente significativas a favor de las concentraciones más elevadas. La inhibición de la oviposición y la mortalidad de hembras se incrementaron proporcionalmente

con la concentración, observándose mortalidad desde el tercer día con  $10^{10}$  conidios/ml. Se concluyó que *M. anisopliae* es eficaz en el manejo biológico de *B. microplus*, especialmente a concentraciones altas (Arguedas et al., 2008).

En 2006, en fincas con pasto *Brachiaria decumbens*, se evaluó la eficacia de tres cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control del salivazo (Homoptera: Cercopidae), utilizando dos modalidades de aplicación: convencional (200 L/ha) y bajo volumen (60 L/ha), con una dosis de  $2,5 \times 10^{12}$  conidios/ha. Se realizaron dos aplicaciones separadas por 30 días y el monitoreo poblacional se efectuó semanalmente mediante un marco metálico para ninfas y una red entomológica para adultos. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre métodos de aplicación, lo que indica que, bajo las condiciones de campo evaluadas, las cepas de *M. anisopliae* no lograron un control efectivo de las poblaciones de salivazo (Castillo, 2006).

En 1998, en Perú, Bautista evaluó en laboratorio la mortalidad de adultos de la langosta peruana causada por *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, determinando que el tiempo medio para alcanzar 50 % de mortalidad fue de 5,77 días para *M. anisopliae* y de 8,69 días para *B. bassiana*, lo que demostró diferencias importantes en la patogenicidad de estos hongos sobre la plaga (Bautista, 1998).

En 2005, Nájera et al., en México, evaluaron aislamientos de *M. anisopliae* y *B. bassiana* frente a larvas de tercer estadio de la gallina ciega (*Phyllophaga crinita*) con el propósito de valorar su potencial como agentes de control biológico. Verificaron que ambos hongos crecieron, esporularon y causaron micosis en las larvas, siendo el aislamiento más virulento una cepa de *M. anisopliae*, que mostró mayor capacidad infectiva en condiciones experimentales (Nájera et al., 2005).

En 2005, en ensayos de laboratorio, Ibarra et al. determinaron la mortalidad y esporulación de adultos de *Dalbulus maidis* tratados con tres cepas de *M. anisopliae*, tres de *B. bassiana* y un testigo. Cada tratamiento se replicó cuatro veces con 20 insectos por unidad experimental. La cepa M362 de *M. anisopliae* alcanzó la mayor mortalidad (40,1 %) a los 25 días, además de matar significativamente más rápido, con un promedio de 10,5 días, y presentar la mayor esporulación (52,8 %) a los tres días (Ibarra et al., 2005).

En 2004, bajo condiciones de campo, Lezama et al. evaluaron la eficacia de *M. anisopliae* para el control de *Spodoptera frugiperda* en maíz, utilizando una dosis de  $1 \times 10^{12}$  conidios/ha, y lo compararon con triclorfón (800 g/ha) y con una mezcla del hongo más la mitad de la dosis del insecticida. El índice de daño medio fue de 5,5 con el insecticida, 7,2

con la mezcla, 16,3 con el hongo solo y 32 en el testigo; todos los tratamientos resultaron significativamente diferentes al testigo (Lezama et al., 2004).

En años previos a 1999, en condiciones reales de cultivo de plátano, Pérez et al. evaluaron dos dosis del hongo entomopatógeno *Pochonia lilacinus* ( $3 \times 10^7$  unidades) aplicado mediante riego por goteo para el control de *Radopholus similis* y juveniles de *Meloidogyne* sp. A niveles bajos (100 g por planta) se obtuvo un control efectivo, buena estabilidad y resultados agronómicos favorables, lo que consolidó su potencial como biopesticida en sistemas de riego (Pérez et al., 1999).

En 2002, en plantaciones de plátano en Colombia, Castrillón et al. implementaron manejo cultural combinado con la aplicación de *P. lilacinus* (Biostat) al suelo y al pseudotallo. Se observaron reducciones significativas ( $P < 0,05$ ) en las poblaciones de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus*), así como aumentos en la microflora del suelo y en el peso del racimo (5,5 kg por racimo), con dedos de peso uniforme (450 g), considerados de primera calidad (Castrillón et al., 2002).

En 2011, en un estudio sobre abejas, Espinosa et al. evaluaron la susceptibilidad de estos insectos a aislamientos de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*. Encontraron que solo el 1 % de las abejas tratadas con *P. lilacinus* desarrolló micosis, lo que sugiere un bajo riesgo para organismos no objetivo en ambientes de polinización cuando se utiliza este agente (Espinosa et al., 2011).

En 2010, Chan et al. realizaron ensayos in vitro e in vivo con cinco cepas de *Paecilomyces fumosoroseus* (cuatro nativas y una comercial) sobre huevos y ninfas de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*, con el fin de evaluar su potencial como agente de control biológico. Se determinaron la tasa de crecimiento diario de la colonia (TCD), la esporulación, la tasa de germinación de esporas (TGE), la mortalidad, el tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ) y el área bajo la curva de mortalidad acumulada (ABCMA). La cepa comercial (Pae sin) mostró la  $TL_{50}$  más baja (3,2 días) y la mayor ABCMA (311,9), resultando la más patogénica, especialmente sobre ninfas, con mortalidades que oscilaron entre 51,4 % y 74,5 %. Estos resultados confirman su alto potencial como biocontrolador de *B. tabaci* (Chan et al., 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), en Tingo María (distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco), ubicado a 668,6 m s.n.m., en las coordenadas aproximadas 9°18'48" S y 75°59'45" O



**Figura 5.** Ubicación del laboratorio de entomopatógenos, Facultad de Agronomía – UNAS.

#### 3.1.1. Zona de vida

Tingo María se encuentra en la región natural de Rupa-Rupa o Selva Alta. La zona de Tingo María se caracteriza por tener un clima de bosque muy húmedo subtropical (Holdridge, 1987).

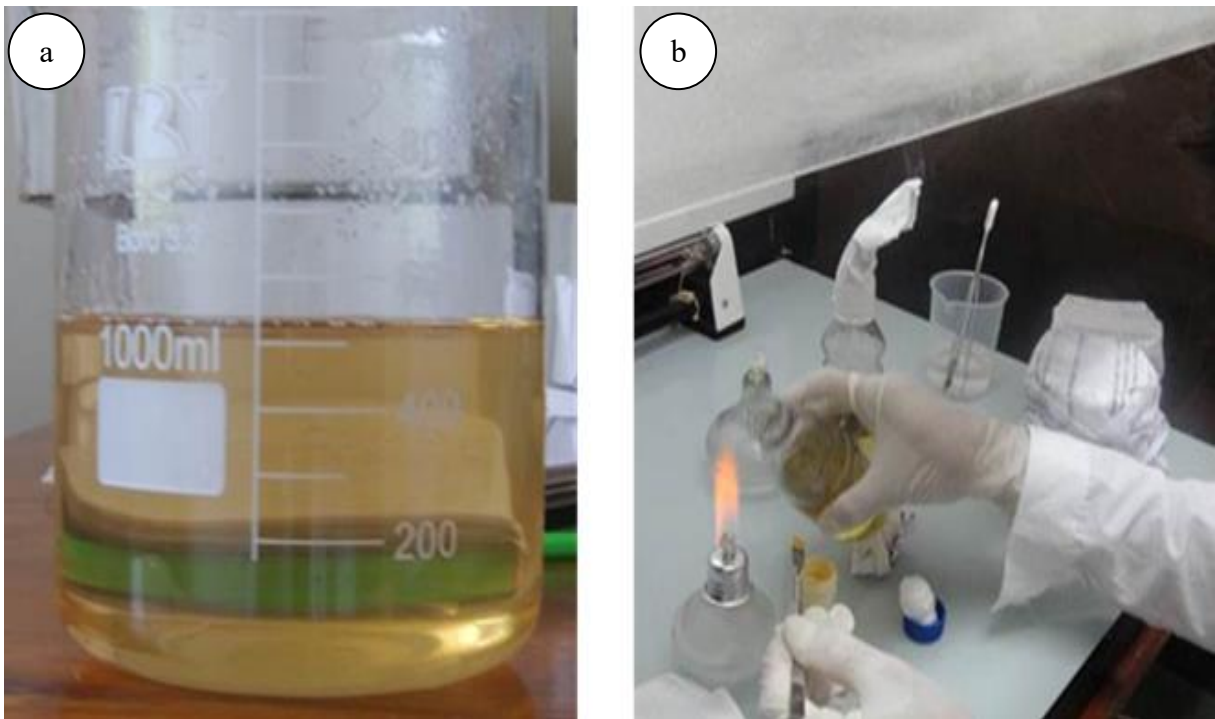
#### 3.1.2. Procedencia de los entomopatógenos

Para el presente ensayo de patogenicidad se utilizaron ocho aislamientos de hongos entomopatógenos de los cuales cinco aislamientos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*) fueron adquiridos en el SENASA, Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Cuadro 4) y los otros tres aislamientos corresponden a la Provincia de Leoncio Prado (*B. bassiana*), Villa Rica (*B. bassiana*) y Chiclayo (*P. lilacinus*), donde anteriormente fueron aislados

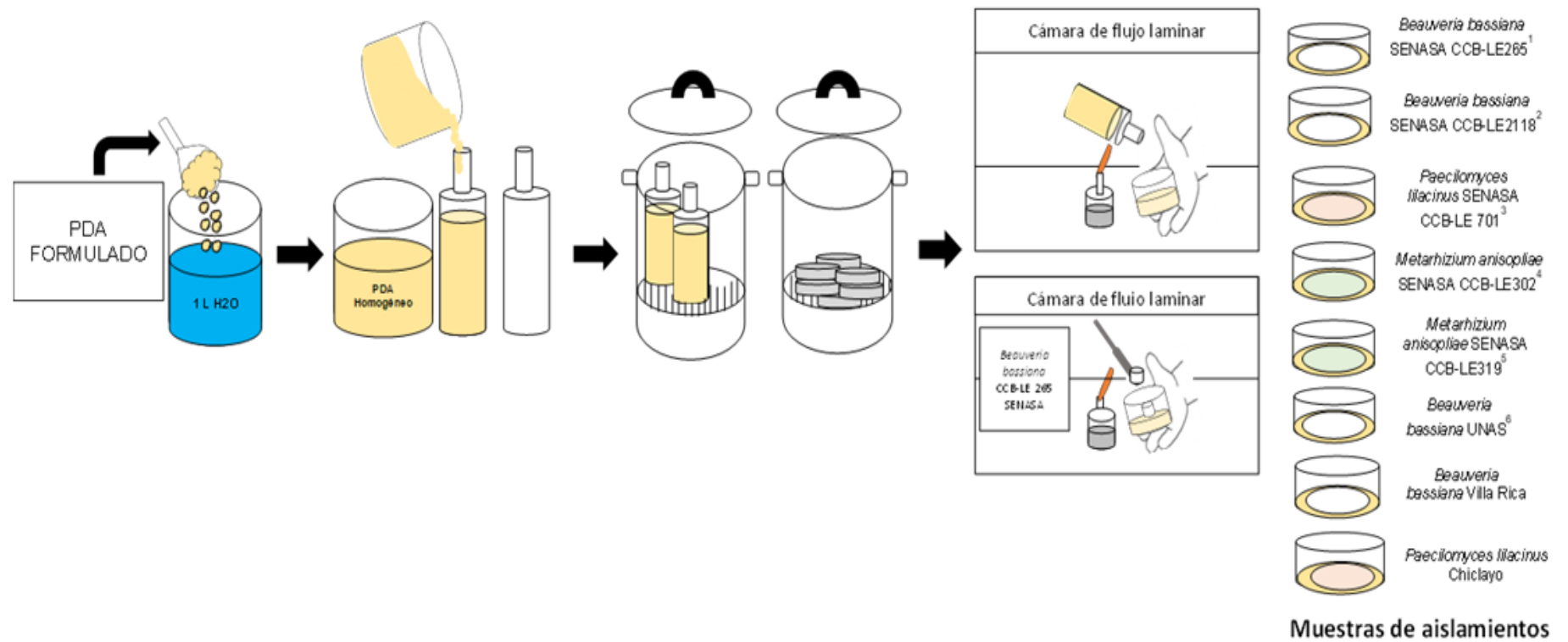
(Cuadro 3), estos aislamientos se obtuvieron de coleópteros infectados, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Entomopatógenos donde fueron aisladas y purificadas. Cabe destacar que las cepas en estudios han sido escogidas por sus características eficientes en el control de diferentes plagas bajo el control de calidad de SENASA como de la UNAS.

### 3.1.3. Siembra de los entomopatógenos

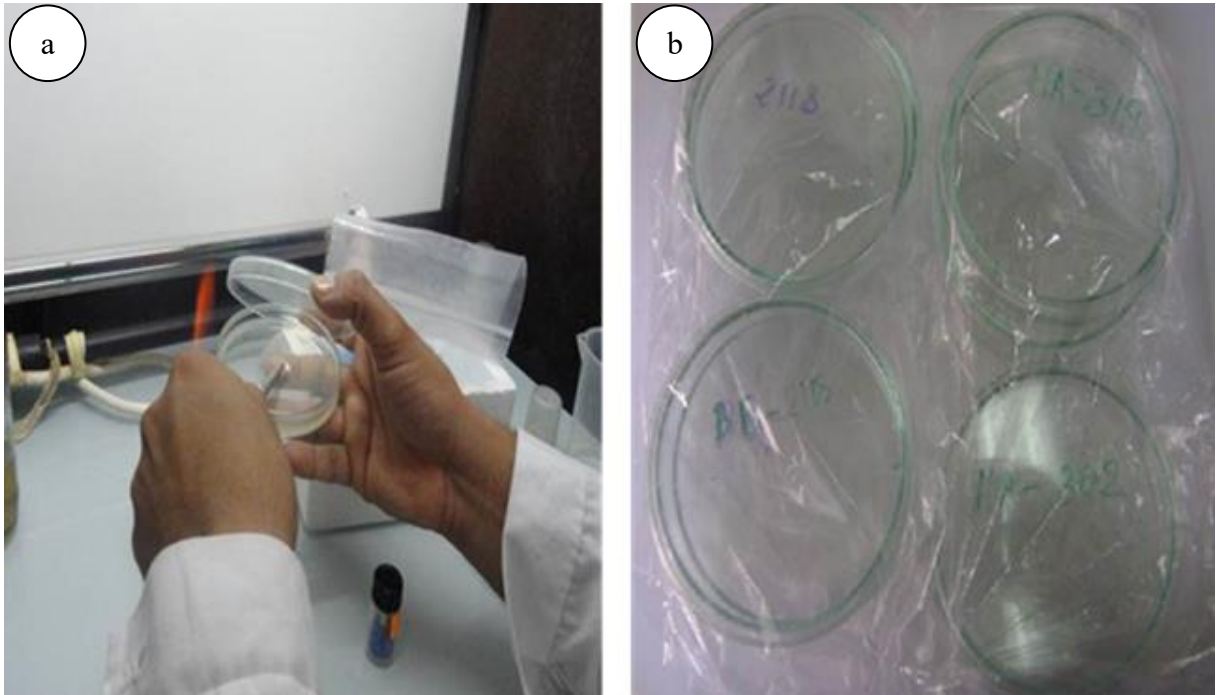
Fueron sembrados en el medio agar papa dextrosa (PDA) en placas Petri 8,5 cm de diámetro (Figura 2) previamente esterilizadas a 121 °C a 15 lbs de presión por 30 minutos. Las placas Petri se incubaron a una temperatura de  $24 \pm 5$  °C durante 10 días (tres placas Petri por aislamiento).



**Figura 6.** Preparación de PDA Formulado (ICN Biomedicals), a) Agregando 39 g de PDA en 1 L de agua destilada y b) PDA Formulado color homogéneo y sin grumos listo para agregar a las placas petri.



**Figura 7.** Procedimiento de aislamiento de los entomopatógenos obtenidos de diferentes lugares de acuerdo a los tratamientos.

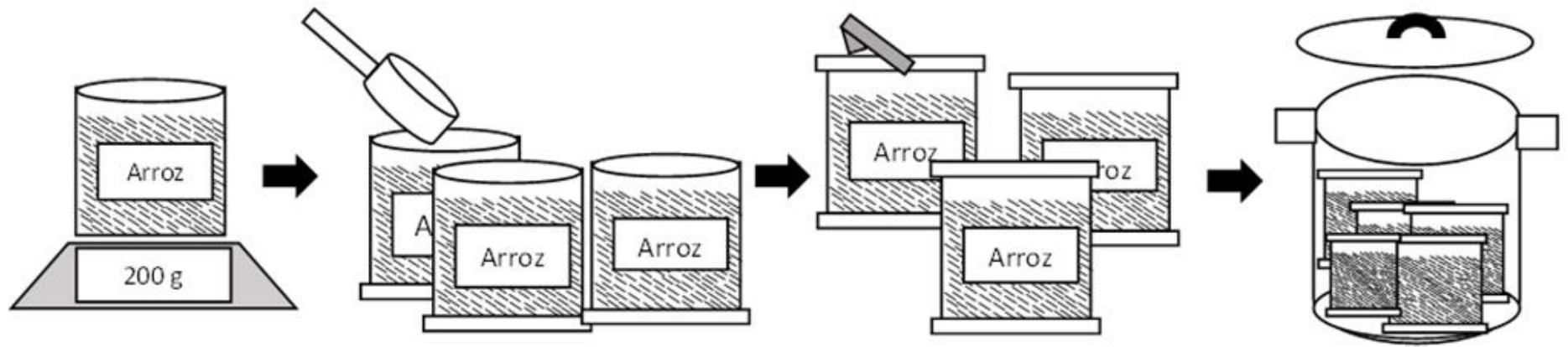


**Figura 8.** Cultivo de los entomopatógenos. a. Siembra de los entomopatógenos y b. Incubación de los hongos entomopatógenos.

### 3.2. Producción de los entomopatógenos en sustrato de arroz

#### 3.2.1. Esterilización del sustrato de arroz

Para la multiplicación en sustrato artificial se usó arroz (Carballo, 1998), para lo cual se pesaron 200 g de arroz en una bolsa de polipropileno de 8 x 12 cm, se adicionaron 40 ml de agua destilada, luego se doblaron las bolsas y se engraparon (Figura 5). Seguidamente, se esterilizaron las bolsas engrapadas a 120 °C y 15 lb de presión por 15 minutos (Figura 5) (Gomez, 1998; Condori, 2015).



**Figura 9.** Procedimiento de esterilización del sustrato

### 3.2.2. Siembra de los entomopatógenos en el sustrato de arroz

Las bolsas con arroz se dejaron enfriar dentro de una cámara de flujo laminar previamente desinfectada con rayos UV. Luego, se llevaron los cultivos puros de cada aislamiento en estudio, desarrollados en placas Petri con PDA a la cámara de flujo laminar; para mantener la asepsia durante la siembra se encendió un mechero de alcohol y el ventilador de la cámara de flujo (Figura 6). Posteriormente se procedió a realizar la inoculación de cada aislamiento en el arroz estéril, para lo cual se utilizó un sacabocado que auxilió en la obtención de tres rodajas de PDA de cada aislamiento, seguidamente se abrieron las bolsas y con un estilete estéril se inocularon las tres rodajas sobre el arroz esterilizado.



**Figura 10.** Siembra de los entomopatógenos en sustrato de arroz

### 3.2.3. Incubación

Se inocularon 24 bolsas con arroz (tres bolsas por aislamiento). Se homogenizó el hongo, se anotó la fecha y se llevó a la sala de incubación (ambiente completamente limpio para que incube), durante 10 días, diariamente se procedió a homogenizar (Figura 7).

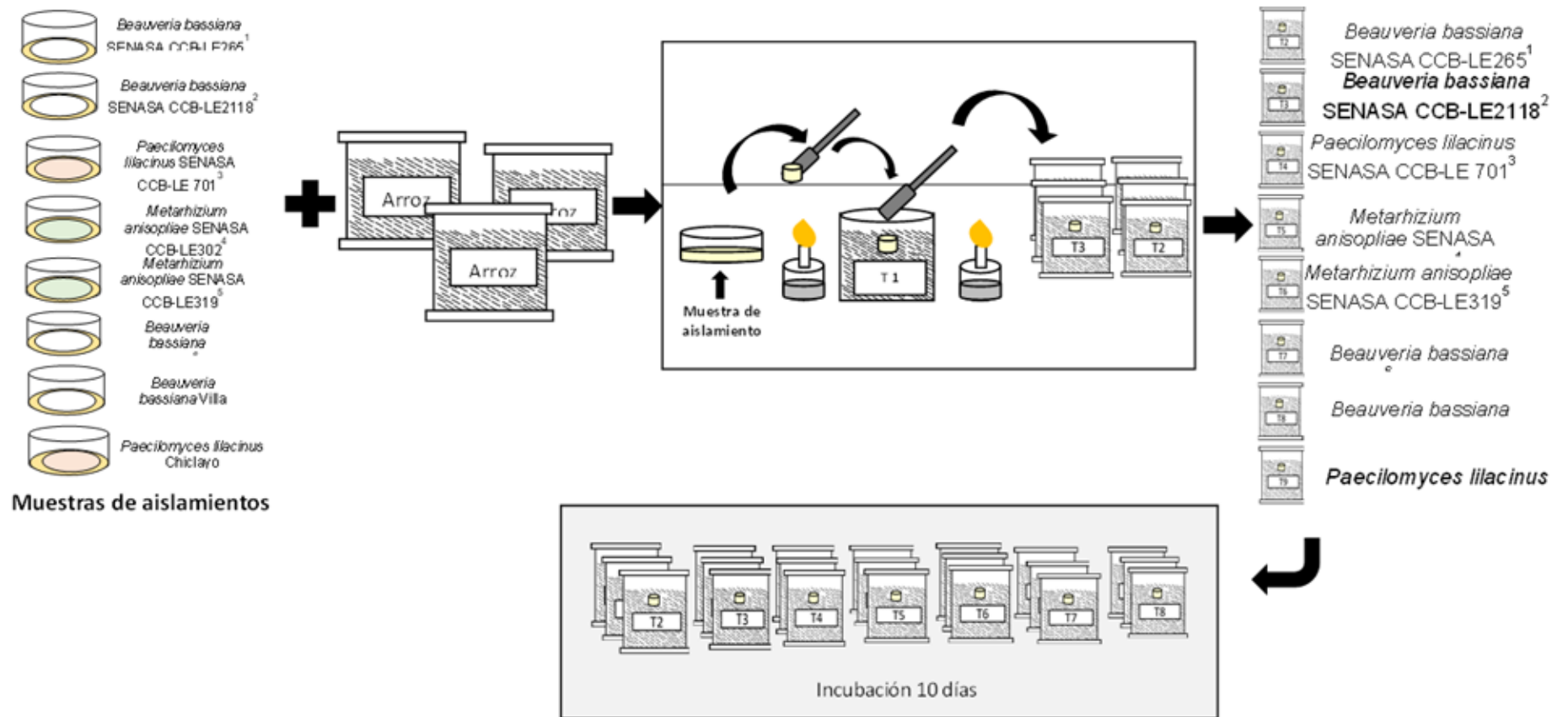


**Figura 11.** Incubación de los entomopatógenos en sustrato de arroz.

Se muestra en forma resumida el proceso para la producción de los hongos entomopatógenos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Procedimiento para la producción de los entomopatógenos

<b>Indicadores de procedimientos</b>			
<b>Procedimiento</b>	<b>Veces</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total (min)</b>
Lavado y preparación de placas	2	20	40
Esterilizado de placas	2	20	40
Preparación de medio PDA	2	10	20
Esterilizado de PDA	2	30	60
Plaqueo del medio de cultivo	2	30	60
Siembra del entomopatógeno	1	30	30
Preparación del sustrato de arroz	1	30	30
Esterilización del sustrato de arroz	2	20	40
Inoculación del sustrato de arroz	1	-	-
Homogenización del sustrato de arroz	Diario	-	-



**Figura 12.** Flujograma de siembra de entomopatógenos en sustrato de arroz e incubación de los tratamientos

### 3.3. Ensayo de patogenicidad sobre gorgojo negro *Cosmopolites sordidus*

#### 3.3.1. Componente en estudio

Los componentes en estudio se indican de la siguiente manera (Tabla 2)

**Tabla 2.** Componentes en estudio.

Entradas	Unidad Experimental (gorgojo negro)	Salidas (Evaluaciones)
Aislamientos de Entomopatógenos		
Cepas de <i>Beauveria bassiana</i> SENASA	Gorgojo Negro ( <i>Cosmopolites sordidus</i> L.)	Patogenicidad de los Entomopatógenos sobre el gorgojo negro <i>C. sordidus</i>
Cepas <i>Metarhizium anisopliae</i> SENASA		
Cepa <i>Paecilomyces lilacinus</i> SENASA		
Aislamientos de <i>Beauveria bassiana</i>		
y <i>Paecilomyces lilacinus</i>		

#### 3.3.2. Diseño estadístico

Se usó el diseño completamente al azar (DCA), con nueve tratamientos, incluyendo al tratamiento testigo (T<sub>1</sub>) (Tabla 3), con tres repeticiones (unidades experimentales) (Calzada, 1982).

**Tabla 3.** Tratamientos en estudio.

Trat.	Medios de cultivo	Nº de Placas	Repetición (UE)	Especímenes (Tratamiento)
T <sub>1</sub>	Testigo	3	15	45
T <sub>2</sub>	<i>Beauveria bassiana</i> SENASA CCB-LE265 <sup>1</sup>	3	15	45
T <sub>3</sub>	<i>Beauveria bassiana</i> SENASA CCB-LE2118 <sup>2</sup>	3	15	45
T <sub>4</sub>	<i>Paecilomyces lilacinus</i> SENASA CCB-LE 701 <sup>3</sup>	3	15	45
T <sub>5</sub>	<i>Metarhizium anisopliae</i> SENASA CCB-LE302 <sup>4</sup>	3	15	45
T <sub>6</sub>	<i>Metarhizium anisopliae</i> SENASA CCB-LE319 <sup>5</sup>	3	15	45
T <sub>7</sub>	<i>Beauveria bassiana</i> UNAS <sup>6</sup>	3	15	45
T <sub>8</sub>	<i>Beauveria bassiana</i> Villa Rica	3	15	45
T <sub>9</sub>	<i>Paecilomyces lilacinus</i> Chiclayo	3	15	45

<sup>2</sup> Aislado de *Hypothenemus hampei* (broca del café), de la provincia de Sania en Puno - Perú.

<sup>3</sup> Aislado de *Comopolites sordidus* (gorgojo negro del plátano) del caserío San Luis de Shuaro de la provincia de Chanchamayo en Junín - Perú.

<sup>4</sup> Aislado de *Meloidogyne incognita* (nematodo del nódulo) de Italia.

<sup>5</sup> Aislado de Carabidae de Perú.

<sup>6</sup> Aislado de *Comopolites sordidus* (gorgojo negro del plátano) de la provincia de Chanchamayo en Junín - Perú.

<sup>7</sup> Aislado en San Miguel

#### 3.3.3. Análisis de variancia

Se realizó el Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 4) y se determinó el coeficiente de variabilidad de los ensayos, ecuación (2). Además, se hallaron las diferencias de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 5) (Calzada, 1982), para lo cual se utilizó el software estadístico SAS.

**Tabla 4.** Modelo del Análisis de Variancia

<b>F.V</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.Cal.</b>	<b>F.Tab.</b>
Tratamiento	t-1=8	SCtra	SCtra/g <sub>ltra</sub> = CMtra	CMtra/CMee	F <sub>α</sub> (g <sub>ltra</sub> ,g <sub>lee</sub> )
Error Experimental	t(r-1)=18	SCee	SCee/g <sub>lee</sub> = CMee	Cmee/Cmem	F <sub>α</sub> (g <sub>lee</sub> ,g <sub>lem</sub> )
Error de muestreo	tr(m-1)=54	SCem	SCem/g <sub>lem</sub> = CMem		
Total	trm-1=80	SCtotal			

t: tratamiento (aislamientos), r: repetición (unidades experimentales) y m: muestras (gorgojos negros)

$$CV = \frac{\sqrt{(CMe) \times (100)}}{Y..} \quad \dots(2)$$

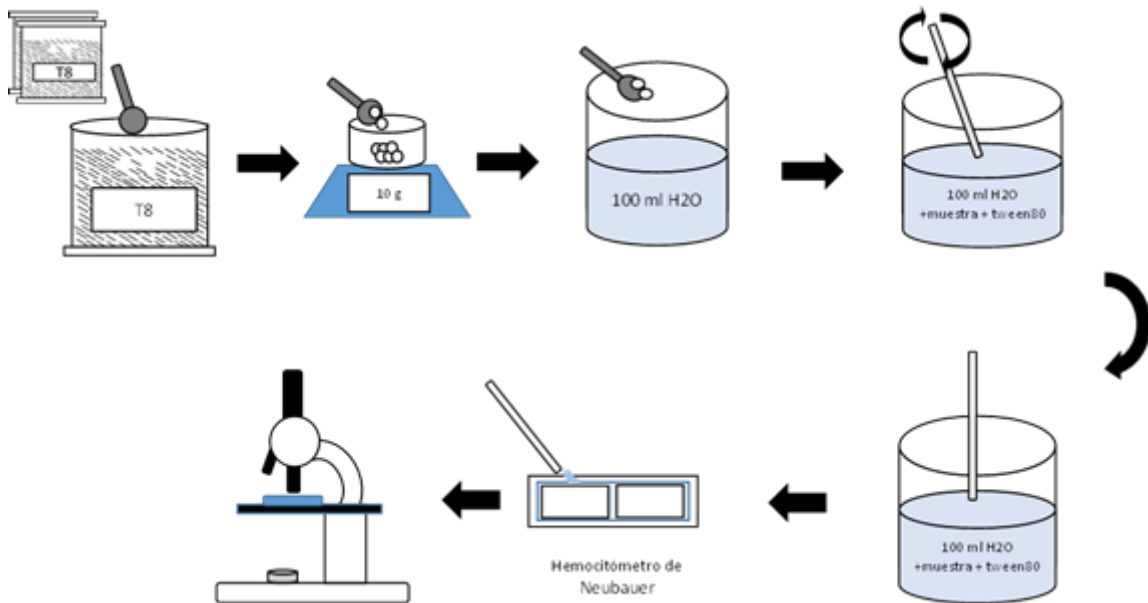
**Tabla 5.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) de los promedios de los tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Significancia</b>
T <sub>1</sub> Testigo		
T <sub>2</sub> <i>Beauveria bassiana</i> CCB-LE 265 SENASA		
T <sub>3</sub> <i>Beauveria bassiana</i> SENASA CCB-LE2118		
T <sub>4</sub> <i>Paecilomyces lilacinus</i> SENASA CCB-LE 701		
T <sub>5</sub> <i>Metarhizium anisopliae</i> SENASA CCB-LE302		
T <sub>6</sub> <i>Metarhizium anisopliae</i> SENASA CCB-LE319		
T <sub>7</sub> <i>Beauveria bassiana</i> UNAS		
T <sub>8</sub> <i>Beauveria bassiana</i> Villa Rica		
T <sub>9</sub> <i>Paecilomyces lilacinus</i> Chiclayo		

### 3.4. Determinación de la concentración de los tratamientos

#### 3.4.1. Conteo de conidias

La concentración del inóculo se determinó con el hemocitómetro de Neubauer. Para lo cual se tomaron 10 g de muestras de tres bolsas por tratamiento, cada muestra se depositó en vasos precipitados de vidrio, enrazados a 100 ml de agua destilada con dos gotas de Tween 80 al 0,1%, seguidamente se agitó con la ayuda de una vaqueta de vidrio por un minuto, obteniendo una suspensión original, de la cual se extrajo con una pipeta 0,25 ml de la suspensión original y se depositó con mucho cuidado dentro del hemocitómetro de Neubauer, de tal manera que, el líquido ingrese por capilaridad sin que entre burbuja en la cámara (French, 1982; Gonzalez, 1993; Jimenez, 1992; Velez, 1997). Luego, con la ayuda de un contómetro se realizó el conteo de tres muestras por aislamiento, sacando un promedio de las concentraciones (suspensiones) de conidios por mililitro.



**Figura 13.** Procedimiento de conteo de conidias

### 3.4.2. Homogeneización

Las concentraciones de los tratamientos (suspensión) se ajustaron a la concentración más baja de conidios/mL, para lo cual se usó la ecuación (3).

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

...(3)

Dónde:

C<sub>1</sub>= Concentración más baja

C<sub>2</sub>= Concentración superior a C<sub>1</sub>

V<sub>1</sub> = Volumen del tratamiento C<sub>1</sub>

V<sub>2</sub> = Volumen final del tratamiento con C<sub>2</sub>

### 3.4.3. Colecta de la plaga

#### 3.4.3.1. Zona de colecta

Se procedió a la colecta del gorgojo negro *Cosmopolites sordidus* en una parcela de plátano de hace más de 20 años, localizada en el caserío Los Milagros, carretera Marginal, con ayuda de trampas tipo sándwich (Figura 10).



**Figura 14.** Trampa tipo sándwich.

#### **3.4.3.2. Procedimiento**

Se procedió a colocar las trampas a lo largo del platanal, después de 7 días se hizo una inspección de las trampas, encontrándose los adultos del gorgojo negro (Figura 10 y 11).



**Figura 15.** Colecta del gorgojo negro.

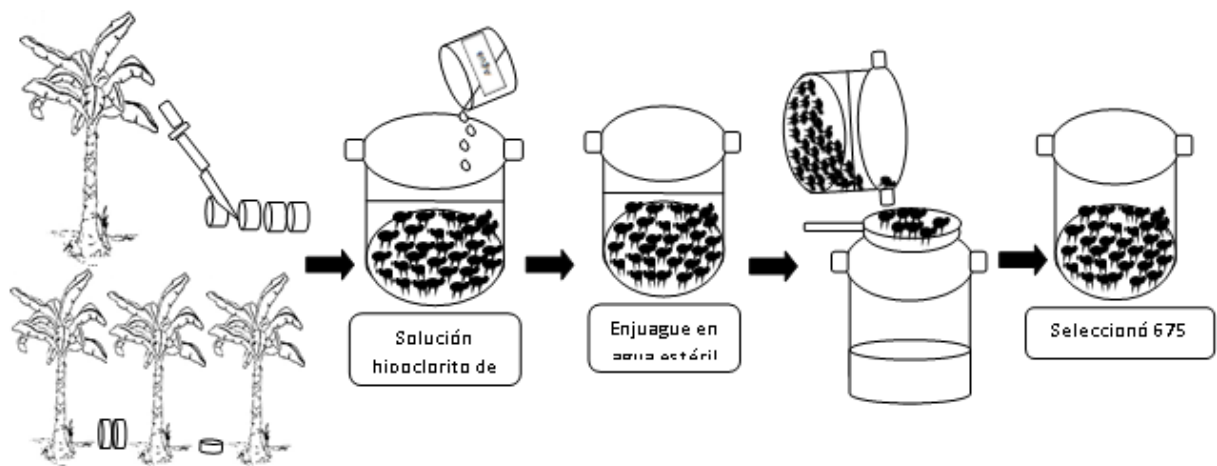
### 3.4.4. Preparación de los gorgojos para la prueba

Se utilizaron 675 adultos del *C. sordidus*, para evitar demoras en el experimento por pérdida de algunos especímenes, se colectaron 878, 30 % más de lo requerido (Figura 12 y 13).

Dentro de un táper de plástico cuadrado de 20 L se acondicionaron los gorgojos negros para ser desinfectados por aspersion e inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 % durante cinco minutos, transcurrido este tiempo se procedió a lavar los ejemplares con agua destilada estéril, con el auxilio de un cernidor y toallas. De estos coleópteros se seleccionaron aquellos que presentaron mayor actividad (675 especímenes).



**Figura 16.** Gorgojos negros seleccionados para la prueba.



**Figura 17.** Colecta de gorgojo, selección y desinfección.

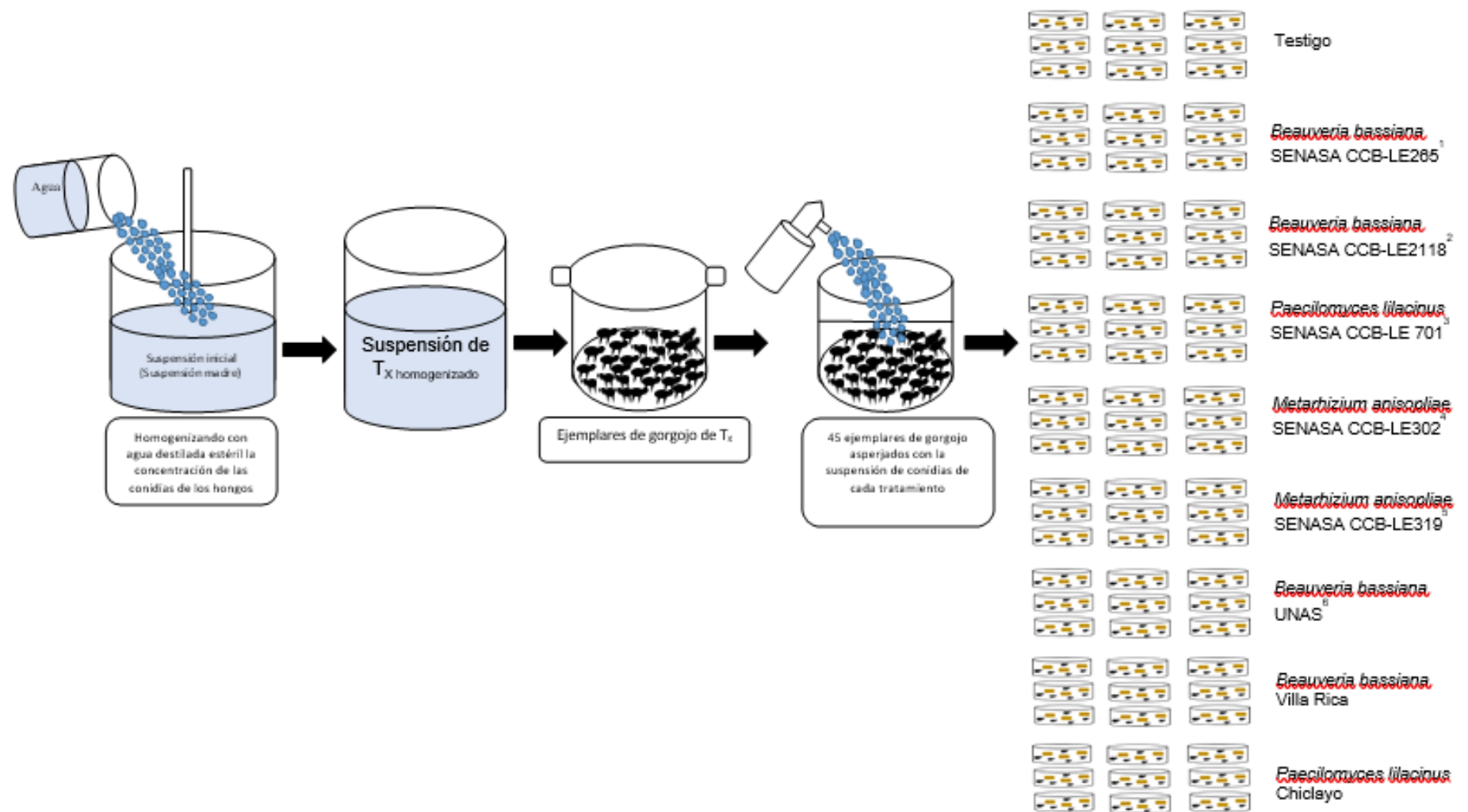
### 3.4.5. Aplicación de los entomopatógenos

Se asperjaron con la suspensión de esporas de cada aislamiento, 15 ejemplares por repetición, es decir, 45 ejemplares por cada tratamiento (Tabla 3), durante un minuto. Según Flores et al. (1997) la aspersión debe proporcionar un óptimo cubrimiento de la plaga. Los especímenes del testigo no tuvieron ninguna aspersión con el hongo, pero fueron tratados con agua destilada estéril durante un minuto.



**Figura 18.** Acondicionamiento de los tratamientos

Seguidamente, se acondicionaron cinco ejemplares del gorgojo negro dentro de placas Petri de 6 cm de diámetro, que contenían papel filtro estéril y algodón estéril humedecido con agua destilada estéril. En el interior de la placa Petri, se colocaron pseudotallos de plátano previamente cortados y desinfectados con hipoclorito de sodio 0,5 % y rayo ultravioleta (Figura 14 y 15).



**Figura 19.** Procedimiento de aplicación de entomopatógenos de acuerdo con los tratamientos, sobre los gorgojos

### 3.4.6. Evaluaciones

Seguidamente, se taparon las placas Petri y durante 25 días con una frecuencia diaria se evaluaron la mortalidad y el cubrimiento del micelio del hongo en los insectos, observando al estereoscopio el comportamiento del entomopatógeno en el gorgojo negro (Figura 16). Se registraron los siguientes parámetros:

- Número de conidios de los aislamientos.
- Porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*.
- Periodo de inoculación a muerte de *Cosmopolites sordidus* en días.
- Porcentaje de *Cosmopolites sordidus* con cubrimiento de micelio.
- Inicio del cubrimiento del micelio en días.
- Periodo de muerte a cubrimiento micelial en días.
- Tendencia de cada tratamiento.



**Figura 20.** Evaluación diaria de los tratamientos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Ensayo de patogenicidad sobre el gorgojo negro *Cosmopolites sordidus*

#### 4.1.1. Concentración de conidios de los entomopatógenos

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 6, el tratamiento T<sub>9</sub> - *P. lilacinus*-Chiclayo (PL-Chi) fue superior al resto de los tratamientos por obtener la mayor concentración de conidios,  $4,29 \times 10^9$ , con respecto a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T<sub>4</sub> - *P. lilacinus*-SENASA CCB-LE 701 (CCB-LE 701) con  $2,68 \times 10^9$ .

Se puede observar que la cepa del tratamiento T<sub>9</sub> (PL-Chi) fue superior a la cepa del tratamiento T<sub>4</sub> (CCB-LE701), posiblemente esto se deba a que la cepa de T<sub>9</sub> (PL-Chi) esté más adaptada a la zona de Tingo María debido a que la cepa es procedente de la zona de la ciudad de Chiclayo, lugar con condiciones ambientales muy parecidas a la ciudad de Tingo María en la época de verano, mientras que el tratamiento T<sub>4</sub> (CCB-LE701) es una cepa procedente de Italia por lo que se considera una cepa introducida a las condiciones climáticas del Perú.

Del mismo modo sucede con la cepa del tratamiento T<sub>7</sub> (UNAS), que siendo una cepa nativa está más adaptada a las condiciones climáticas de la zona de Tingo María que las otras cepas que tienen diferentes procedencias como del tratamiento T<sub>2</sub> (CCB-LE265) que es de la provincia de Sania en Puno, T<sub>3</sub> (CCB-LE2118) que es de la provincia de Chanchamayo en Junín - Perú y la cepa del T<sub>8</sub> (VR) procedente de Villa Rica.

La cepa que menor concentración obtuvo fue la del tratamiento T<sub>6</sub> (CCB-LE319) de *M. anisopliae*, cepa aislada de *C. sordidus* (gorgojo negro del plátano) de la provincia de Chanchamayo en Junín, esto puede deberse a que se trata de una cepa introducida proveniente de condiciones climáticas diferentes a la zona de Tingo María.

**Tabla 6.** Conteo de conidios

T r	Conteo de conidios									Concentración			Volumen de agua				
	Conteo inicial						Convertido 0.1 ml			X	C/mL	S. O.	C/g	VASI	VASF	VAA	
	Primer		Segundo		Tercero		1°	2°	3°								
C	GA	C	GA	C	GA												
T <sub>1</sub>	1												0	0	0		
	2																
T <sub>2</sub>	1	322,00	0,19	310,00	0,20	334,00	0,17	169,47	155,00	196,47	151,91	7,60x10 <sup>6</sup>	100,00	7,60E+08	50,00	219,63	119,63
	2	239,50		196,00		283,00		126,05	98,00	166,47							
T <sub>3</sub>	1	136,00	0,18	204,00	0,16	344,00	0,19	75,56	127,50	181,05	134,87	6,74E+06	100,00	6,74E+08	50,00	194,99	94,99
	2	138,00		235,00		383,00		76,67	146,88	201,58							
T <sub>4</sub>	1	1322,00	0,17	981,00	0,19	1152,00	0,22	777,65	516,32	523,41	535,89	2,68E+07	100,00	2,68E+09	10,00	154,96	54,96
	2	1068,00		1010,00		524,00		628,24	531,58	238,18							
T <sub>5</sub>	1	1027,00	0,12	1173,00	0,16	900,00	0,17	855,83	733,13	529,41	737,29	3,69E+07	10,00	3,69E+08	30,00	63,96	53,96
	2	1082,80		1139,00		1175,00		902,33	711,88	691,18							
T <sub>6</sub>	1	1178,00	18,00	882,00	0,16	900,00	0,19	6,54	551,25	473,68	345,84	1,73E+07	10,00	1,73E+08	30,00	30,00	
	2	653,00		903,25		903,30		3,63	564,53	475,39							
T <sub>7</sub>	1	609,00	0,20	826,00	0,21	926,00	0,25	304,50	393,33	370,40	333,79	1,67E+07	100,00	1,67E+09	50,00	482,58	382,58
	2	545,00		646,00		886,00		272,50	307,62	354,40							
T <sub>8</sub>	1	177,00	0,25	181,00	0,24	129,00	0,28	70,80	75,42	46,07	74,00	3,70E+06	50,00	1,85E+08	100,00	106,99	56,99
	2	361,00		159,00		115,00		144,40	66,25	41,07							
T <sub>9</sub>	1	1435,00	0,12	1524,00	0,15	987,00	0,17	1195,83	1016,00	580,59	857,68	4,29E+07	100,00	4,29E+09	20,00	496,00	396,00
	2	1440,00		1022,00		803,00		1200,00	681,33	472,35							

**Leyenda**

T <sub>1</sub> : Testigo	T <sub>2</sub> : B. bassiana SENASA CCB-LE265	T <sub>3</sub> : B. bassiana SENASA CCB-LE2118
T <sub>4</sub> : P. lilacinus SENASA CCB-LE 701	T <sub>5</sub> : M. anisopliae SENASA CCB-LE302	T <sub>6</sub> : M. anisopliae SENASA CCB-LE319
T <sub>7</sub> : B. bassiana UNAS	T <sub>8</sub> : B. bassiana Villa Rica	T <sub>9</sub> : P. lilacinus Chiclayo

SO: Suspensión Original	C/ml: Conidios por mililitro	C/g: Conidios por gramo
VASI: Volumen de agua de la suspensión inicial	VASF: Volumen de agua de la suspensión final	VAA: Volumen de agua adicionar
T: Tratamiento	r: Repeticiones	C: Conidios
X: Promedio		

#### 4.1.2. Tiempo Letal Medio (TL50)

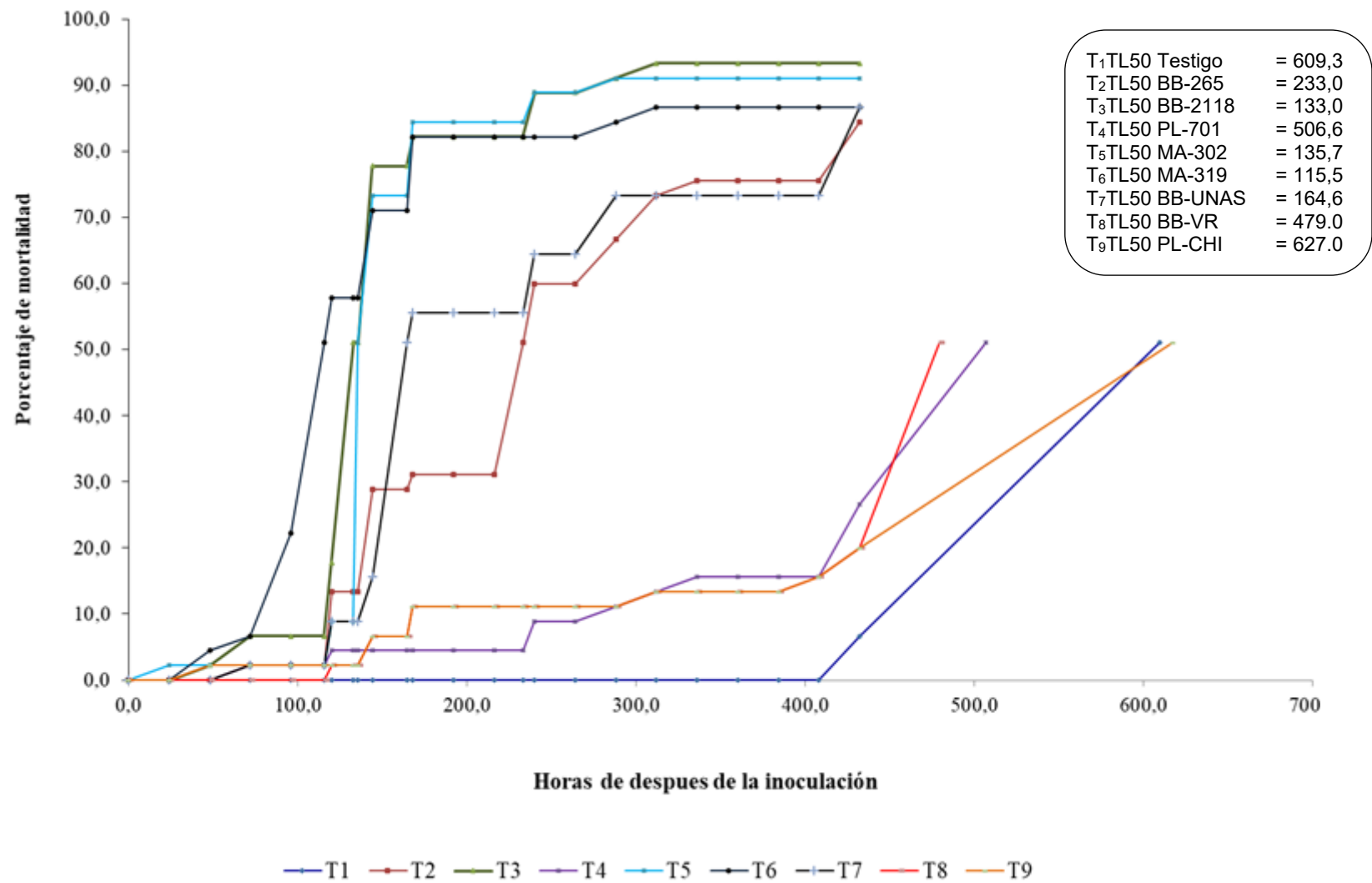
De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 17), el tratamiento T<sub>6</sub> (MA-319) cepa de *M. anisopliae*, obtuvo el menor TL50 con 115,5 horas, desde la inoculación hasta muerte del 50 % de los individuos de *C. sordidus* (gorgojo negro del plátano), seguido por el tratamiento T<sub>3</sub> (BB-2118) con un TL50 de 133 horas y T<sub>5</sub> (MA-302) con un TL50 de 135,7 horas conformado por otra cepa de *M. anisopliae*.

Los resultados obtenidos coinciden con los trabajos realizados por Mena (2010) sobre la hormiga cortadora de hojas (*Atta colombica*), donde *Metarhizium* sp., tuvo control positivo en 1,3 y 2,0 días para matar el 50 % de los individuos, es decir, a las 31,2 y 48 horas.

El tratamiento T<sub>9</sub> (PL-Chi) con 617 horas, es el que mayor TL50 obtuvo, según Monzón et al. (2009), *P. lilacinus* tiene mayor relevancia como patógeno de fitonemátodos, en donde causa una alta tasa de mortalidad reduciendo las poblaciones en los cultivos.

*M. anisopliae* y *B. bassiana* infectan una amplia variedad de huéspedes en numerosos órdenes de insectos, incluidos Orthoptera, Lepidoptera, Dermaptera, Diptera y Coleoptera (Maina et al., 2018). Sin embargo, para seleccionar aislamientos y usarlos en el control biológico, es fundamental el conocimiento de la tasa de mortalidad y el tiempo letal (para matar al menos el 50 % de los individuos) de un hongo entomopatógeno sobre una plaga objetivo específico (Bayissa et al., 2017; Mweke et al., 2018). La presente tesis reporta dos aislamientos de *M. anisopliae* (MA-CsCha, MA-Carabid) y dos aislamientos de *B. bassiana* (BB-CsCha, BB-CsLp) con capacidad de causar más del 50 % de mortalidad en adultos de *C. sordidus* en condiciones de laboratorio. En Brasil, Fancelli et al. (2013) informaron resultados similares en los que los aislamientos autóctonos de *B. bassiana* promovieron las tasas de mortalidad (14 – 96 %) de adultos de *C. sordidus* en experimentos de laboratorio. Sin embargo, los aislamientos de la presente tesis más virulentos lograron un TL50 de 4,82; 5,40 y 5,79 días, más rápido que el aislamiento más virulento reportado por Fancelli et al. (2013); González et al. (2018) y Lopes et al. (2011) de acuerdo a la literatura.

Por otro lado, algunos estudios han reportado que es posible que los aislados exóticos sean más efectivos que los aislados autóctonos (Lopes et al., 2013). A pesar de que esto no es una regla, en este estudio se utilizaron aislamientos exóticos de Sania (BB-Hb), Villa Rica (BB-CsVr), Provincia de Chiclayo (PL-CsChi) e Italia (PL-MiIt) sin resultados relevantes.



**Figura 21.** Tiempo Letal Medio (TL50) de las cepas de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* sobre el gorgojo negro del plátano *C. sordidus*.

Además, los resultados indican diferencias entre y dentro de los aislados de hongos entomopatógenos según lo informado por Cheng et al. (2016). Por lo tanto, pertenecer a la misma especie de hongo no es garantía de un nivel de virulencia similar porque los aislados pueden usar diferentes tipos y cantidades de enzimas y metabolitos para infectar al insecto huésped (Abdelaziz et al., 2018). En el futuro, se espera utilizar mezclas de diferentes especies de agentes de control biológico para aumentar los efectos contra las plagas y disminuir el uso de insecticidas y minimizar los riesgos de contaminación ambiental y resistencia de plagas (Carvalho, 2017; Reddy et al., 2014). Finalmente, los resultados de este estudio indican que los aislados de hongos entomopatógenos seleccionados son aptos para reducir las poblaciones de adultos de *C. sordidus* en laboratorio y son candidatos de adecuados para ser probados en campo.

#### 4.1.3. Período de inoculación a muerte de *C. sordidus*

El análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) para la etapa de inoculación a muerte de *C. sordidus* mostró que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo sobre el tiempo letal del insecto. El valor de F calculado para tratamientos (F<sub>Cal</sub> = 8,02) superó ampliamente al F tabular (F<sub>Tab<sub>0,05</sub></sub> = 2,66), por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y se concluye que al menos uno de los hongos entomopatógenos evaluados difiere en su capacidad para provocar la muerte de *C. sordidus*.

**Tabla 7.** Análisis de Variancia ( $\alpha=0,05$ ) de la etapa de inoculación a muerte de *C. sordidus* en horas.

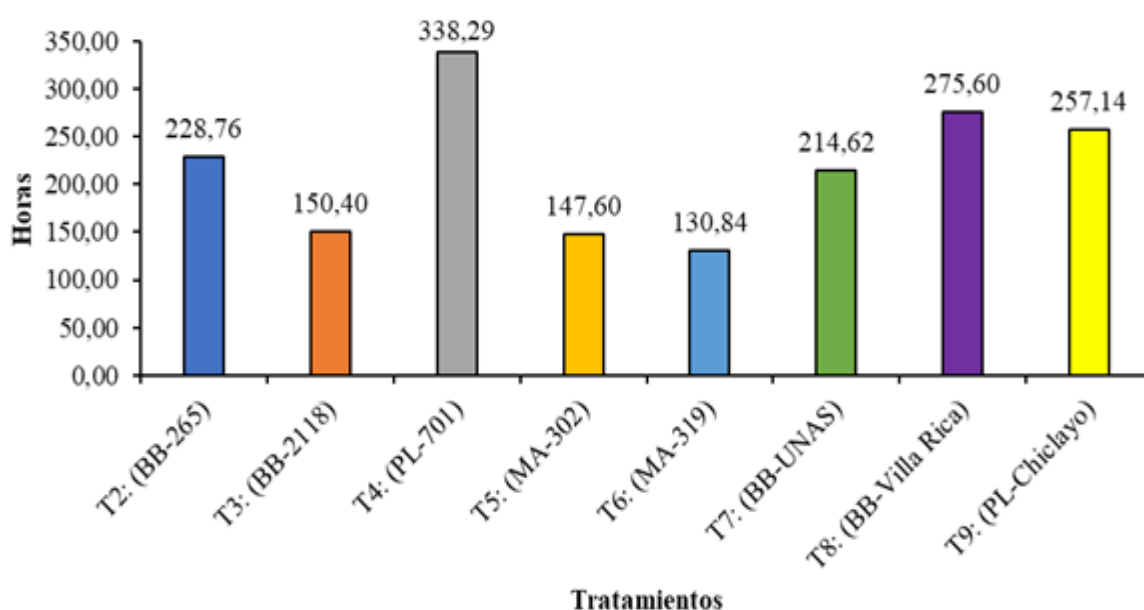
Fuente de variación	GL	SC	CM	F.Cal.	F.Tab.
Tratamiento	7	291598,04	41656,86	8,02*	2,66*
Error experimental	16	83081,33	5192,58	1	1,86
Error de muestreo	48	248577,28	5178,69		
Total	71	623256,64			
CV (%)	34				

El coeficiente de variación (CV = 34 %) refleja una variabilidad relativamente alta en la respuesta biológica, situación frecuente en bioensayos con insectos debido a la heterogeneidad natural entre individuos y a factores ambientales difíciles de controlar completamente. No obstante, la magnitud de la F para tratamientos, claramente superior al valor crítico, respalda que las diferencias detectadas son estadísticamente confiables. Por tanto, se justifica la aplicación de pruebas de comparación múltiple entre medias para

identificar cuáles tratamientos presentan mayor virulencia y, en consecuencia, mejor desempeño para el control de *C. sordidus*.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el parámetro etapa de inoculación a muerte de *C. sordidus* en horas.

Tratamiento	Descripción	Horas	Sig.
T <sub>6</sub>	MA-319	130,84	a
T <sub>5</sub>	MA-302	147,60	ab
T <sub>3</sub>	BB-2118	150,40	ab
T <sub>7</sub>	BB-UNAS	214,62	ab
T <sub>2</sub>	BB-265	228,76	ab
T <sub>9</sub>	PL-Chiclayo	257,14	ab
T <sub>8</sub>	BB-Villa Rica	275,60	ab
T <sub>4</sub>	PL-701	338,29	b



**Figura 22.** Etapa de inoculación a muerte en horas

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 7) de la etapa de inoculación a muerte de *C. sordidus*, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 8 y Figura 18), donde se encontraron diferencias estadísticas significativas del tratamiento T<sub>6</sub> (MA-319 = 130,84 horas) con respecto al resto de tratamientos, es decir, este tratamiento fue eficiente, consiguiendo causar la muerte de la plaga en el menor tiempo en relación a los otros tratamientos.

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Mena (2010) sobre la hormiga cortadora de hojas (*Atta colombica*) donde *Metarhizium* sp., alcanzaron 100 % de mortalidad al quinto día de inoculación (120 horas), y superior al trabajo realizado por Bautista (1998) que determinó la mortalidad en adultos de langosta peruana con *M. anisopliae* a los 5,77 días (138,48 horas) y con *B. bassiana* a los 8,69 días (208,56 horas). Para el total de individuos muertos y porcentaje de mortalidad, no se realizó el Análisis de Varianza, porque todos los tratamientos tuvieron 100 % de mortalidad.

#### 4.1.4. Inicio de la producción de micelio en horas

De acuerdo con la prueba de F del ANVA (Tabla 9), se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir, que uno o algunos de los tratamientos de hongos entomopatógenos presentan cualidades diferentes para iniciar la producción de micelio sobre el insecto.

**Tabla 9.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0.05$ ) del inicio de la producción de micelio (horas)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F.Cal.	F.Tab.
Tratamiento	4,00	87240,51	21810,13	21,31	3,48 *
Error experimental	10,00	10234,45	1023,45	0,91	2,16
Error de muestreo	30,00	33592,11	1119,74		
Total	44	131067,07			
CV (%)	14				

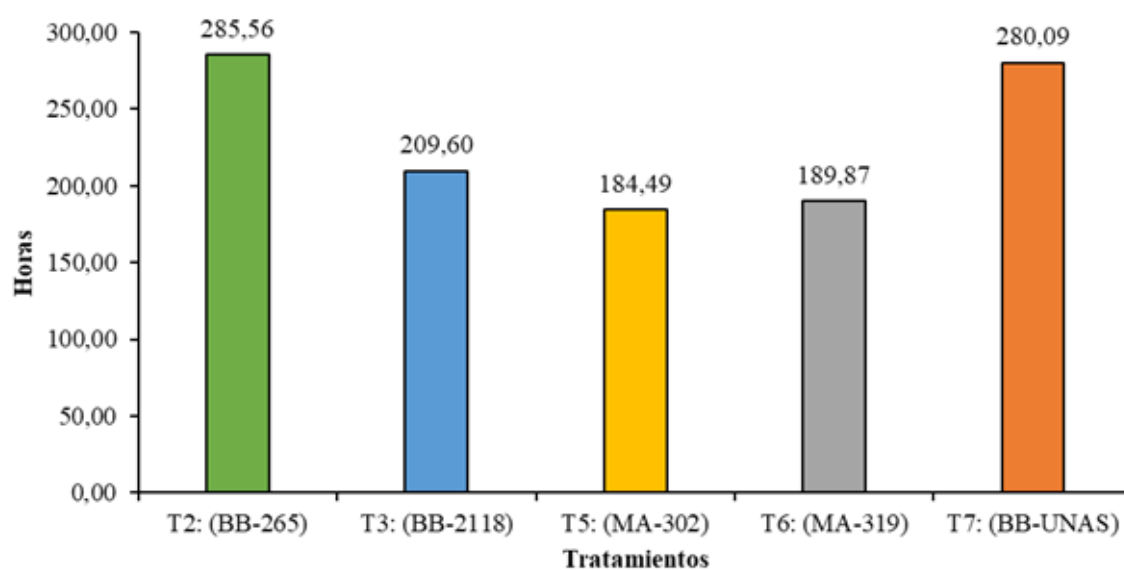
El coeficiente de variabilidad fue de 14 %, esto significa según Calzada (1986) que existe muy buena homogeneidad de los resultados entre las unidades experimentales de cada uno los tratamientos, es decir, la producción de micelio sobre las poblaciones de los insectos muertos, fue similar entre los individuos de cada tratamiento, debido a que no hubo un efecto adverso de la población de insectos muertos en la producción de micelio de cada cepa en cada tratamiento, esto se debe a que las poblaciones de los insectos fueron homogéneas referente a la edad y sanidad de los mismos.

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 9) del inicio de la producción de micelio en horas, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 10 y Figura 19), donde se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T<sub>5</sub> (MA-302 = 184,49) y T<sub>6</sub> (MA-319 = 189,87) con el resto de los tratamientos, es decir, que el inicio de la producción de micelio en horas de

estos dos tratamientos fue menor que el resto, siendo el tratamiento T5 (MA-302 = 184,49) superior numéricamente a los demás tratamientos, por tener el menor tiempo en horas

**Tabla 10.** Prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para el inicio de la producción de micelio (horas)

Tratamiento	Descripción	Horas	Sig.
T <sub>5</sub>	MA-302	184,49	a
T <sub>6</sub>	MA-319	189,87	a
T <sub>3</sub>	BB-2118	209,60	ab
T <sub>7</sub>	BB- UNAS	280,09	b
T <sub>2</sub>	BB-265	285,56	b



**Figura 23.** Inicio de la producción de micelio en horas en cada uno de los tratamientos en estudio.

Estos resultados son similares a los de Ibarra et al. (2005) que determinaron la esporulación sobre individuos adultos de *Dalbulus maidis* causada por *M. anisopliae* y *B. bassiana* bajo condiciones de laboratorio, donde *M. anisopliae* tuvo el menor tiempo de esporulación, a los 3,0 días (72 horas) y 3,7 días (88,8 horas), y las cepas de *B. bassiana* esporularon entre los 4,7 días (112,8 horas) y 13.8 días (331,2 horas).

#### 4.1.5. Porcentaje de individuos con presencia de micelio

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar el ANVA ( $\alpha = 0,05$ ) del total de individuos con presencia de micelio de los entomopatógenos sobre *C. sordidus*, de acuerdo con la prueba de F del ANVA (Tabla 11), se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir que existen diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 11.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del porcentaje de individuos con presencia de micelio.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F.Cal.</b>	<b>F.Tab.</b>
Tratamiento	8	60122,06	7515,26	49,09	2,51*
Error experimental	18	2755,56	153,09	0,36	1,80
Error de muestreo	54	23200,00	429,63		
Total	80	86077,61			
CV (%)	20				

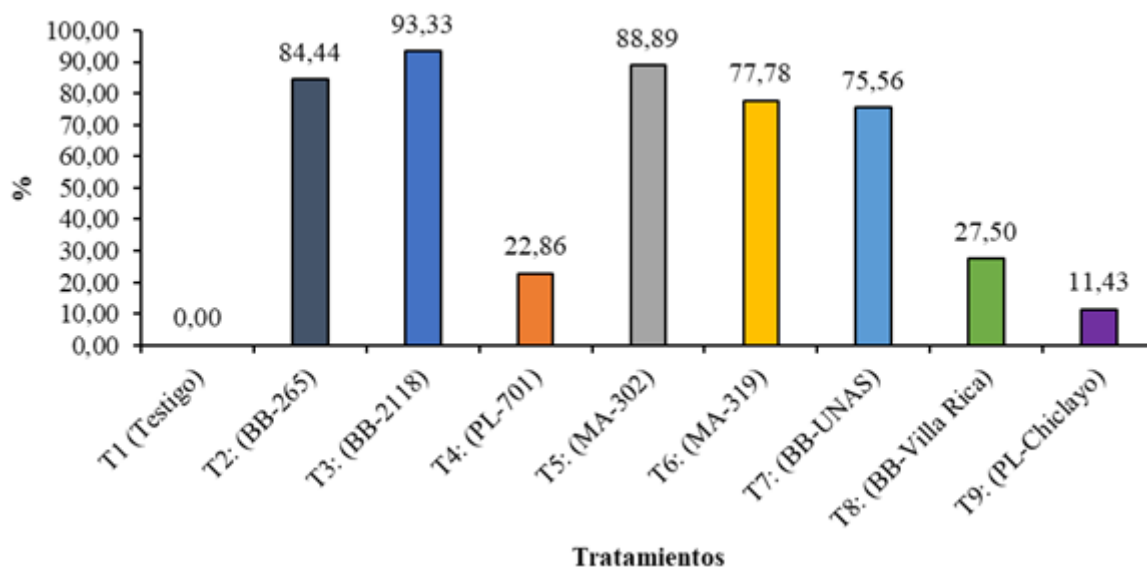
El coeficiente de variabilidad fue de 20 %, esto significa según Calzada (1986) que existe homogeneidad de los resultados entre las unidades experimentales de cada uno de los tratamientos, es decir la presencia de micelio en los insectos, fue similar entre los individuos de cada tratamiento, debido a que no hubo un efecto adverso de los insectos muertos en la producción de micelio de cada cepa en cada tratamiento, esto se debe a que las poblaciones de los insectos fueron homogéneas referente a la edad y sanidad de los mismos.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el total de individuos con presencia de micelio

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>%</b>	<b>Sig.</b>
T3	BB-2118	93,33	a
T5	MA-302	88,89	a
T2	BB-265	84,44	a
T6	MA-319	77,78	a
T7	BB-UNAS	75,56	a
T8	BB-VR	27,50	b
T4	PL-701	22,86	b
T9	PL-CHI	11,43	b
T1	Testigo	0,00	c

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 11) del total de individuos con presencia de micelio, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 12 y Figura 20), donde se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en la cual los tratamientos T<sub>3</sub> (BB-2118 = 93), T<sub>5</sub> (MA-302 = 88,89), T<sub>2</sub> (BB-265 = 84,44), T<sub>6</sub> (MA-319 = 77,78) y T<sub>7</sub> (BB-UNAS = 75,56) mostraron mayor presencia de micelio que el resto de los tratamientos, donde el tratamiento T<sub>3</sub> (BB-2118 = 93) fue superior numéricamente al resto. Los resultados coinciden con los determinados por Merino et al. (2007) donde los aislamientos de *B. bassiana* mostraron mayor capacidad de esporulación sobre los cadáveres de avispas (*Vespa germanica*), que el aislamiento de *M. anisopliae* con 77 y 61 %, respectivamente.

Los tratamientos T<sub>9</sub> (PL-CHI = 11,43), T<sub>4</sub> (PL-701 = 22,86) y T<sub>8</sub> (BB-Villa Rica = 27,50) tuvieron menor presencia de individuos con micelio. Trabajos realizados por Espinosa et al. (2011) demuestran el bajo porcentaje de esporulación que tiene *Paecilomyces*, donde obtuvo 1 % de micosis.



**Figura 24.** Total, de individuos con presencia de micelio en cada uno de los tratamientos.

Los niveles de micosis son variables de un género a otro como se ha mostrado en este estudio. Resultados similares de Poprawski et al. (1999) citados por Ibarra (2005) mencionan que, al utilizar diferentes especies de hongos entomopatógenos sobre pulgón café de los cítricos presentaron rangos de esporulación entre 23,1 – 78 %.

Los niveles de micosis son variables de un género a otro como se ha mostrado en este estudio. Resultados similares de Poprawski et al. (1999) citados por Ibarra (2005) mencionan que, al utilizar diferentes especies de hongos entomopatógenos sobre pulgón café de los cítricos presentaron rangos de esporulación entre 23,1 – 78 %.

#### **4.1.6. Periodo de Muerte del insecto a producción de micelio de los entomopatógenos (horas)**

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar el ANVA ( $\alpha = 0,05$ ) de la muerte del insecto a producción de micelio en horas de los entomopatógenos, de acuerdo a la prueba de F del ANVA (Tabla 13), se encontró diferencias estadísticas significativas, esto

quiere decir, que uno o algunos de los tratamientos de hongos entomopatógenos presenta cualidades diferentes para una rápida producción de micelio sobre el insecto.

**Tabla 13.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) de la muerte a producción de micelio (horas)

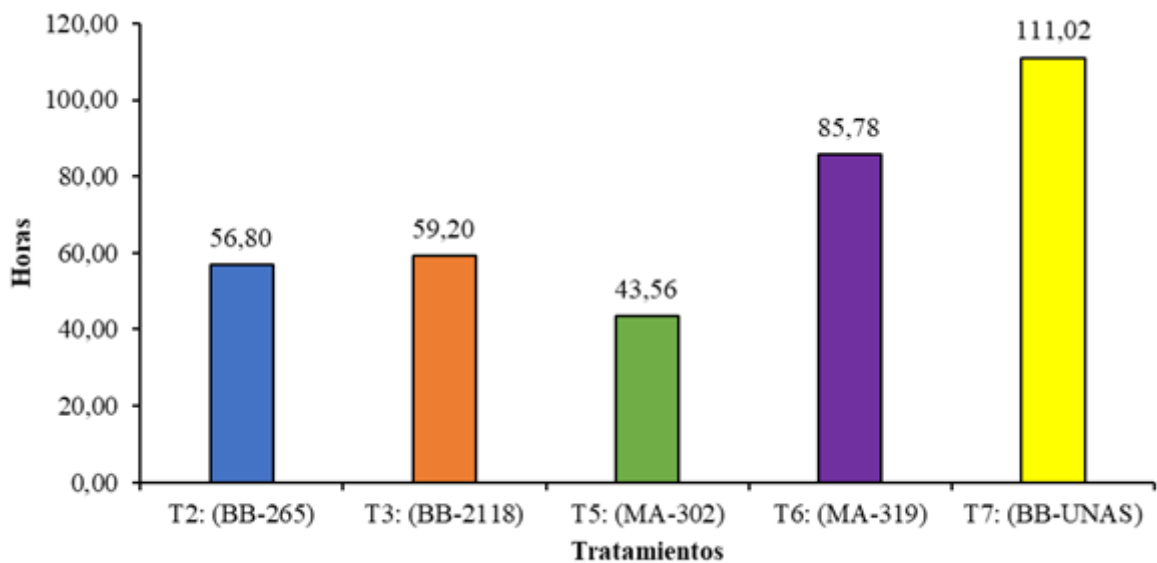
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F.Cal.</b>	<b>F.Tab.</b>
Tratamiento	4	26224,84	6556,21	6,31	3,48*
Error experimental	10	10387,12	1038,71	0,85	2,16
Error de muestreo	30	36596,85	1219,90		
Total	44	73208,81			
CV (%)	45				

El coeficiente de variabilidad fue de 45 %, esto significa según Calzada (1986) que existe regular homogeneidad de los resultados en las unidades experimentales de cada uno los tratamientos, esto puede deberse a que las poblaciones de los insectos no tuvieron un efecto adverso sobre las cepas de cada tratamiento en el tiempo transcurrido desde la muerte del insecto hasta la producción de micelio, sin embargo la regular homogeneidad puede deberse a otros factores como humedad y temperatura que pudo haber afectado más al desarrollo del hongo sobre un individuo muerto que otro.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), período de muerte a producción de micelio (horas)

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Horas</b>	<b>Sig.</b>
T <sub>5</sub>	MA-302	43,56	a
T <sub>2</sub>	BB-265	56,80	a
T <sub>3</sub>	BB-2118	59,20	a
T <sub>6</sub>	MA-319	85,78	ab
T <sub>7</sub>	BB-UNAS	111,02	ab

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 13) de la muerte del insecto a producción de micelio en horas de los entomopatógenos, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 14 y Figura 21), donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir, la producción de micelio de los entomopatógenos después de muerto el insecto, tuvieron un resultado similar, pudiéndose observar que numéricamente el tratamiento T<sub>5</sub> (MA-302) demostró una mayor capacidad de producción de micelio en menor tiempo (43,56 horas) cuyos resultados fueron similares a los encontrados por Mena (2010), donde menciona que los aislamientos de *M. anisopliae* presentaron un tiempo de manifestación de micosis entre 2,4 – 3,8 días (57,6 – 91,2 horas) después de su muerte en hormigas cortadoras.



**Figura 25.** Muerte a producción de micelio en horas en cada uno de los tratamientos

Cabe resaltar que el tratamiento T<sub>7</sub> (BB-UNAS = 35,60 horas) continuó con la producción de micelio hasta 111 horas después de la muerte de la plaga, este comportamiento fue observado por Cruz (2009), en la cual, investigó la virulencia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre el picudo del nopal, donde menciona que transcurridos cinco días (120 horas) de muerte la plaga observó que la esporulación cubrió totalmente la superficie del insecto. Los tratamientos a base de *Paecilomyces*, en los días evaluados, no iniciaron la producción de micelio, como explican Monzón et al. (2009) quienes mencionan que los productos a base de *Paecilomyces* requieren de un cierto tiempo desde el momento de la adhesión de los conidios hasta el momento que ocurre la colonización del hongo. Sin embargo, a partir del momento que el hongo penetra al cuerpo, el comportamiento de la plaga es afectado.

#### 4.1.7. Inicio del cubrimiento micelial

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar el ANVA ( $\alpha = 0,05$ ) del inicio del cubrimiento micelial (horas) de los entomopatógenos sobre *C. sordidus*, de acuerdo a la prueba de F del ANVA (Tabla 15), se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir, que unos de los tratamientos de hongos entomopatógenos presentan características diferentes en el inicio del cubrimiento micelial. El coeficiente de variabilidad fue de 14 %, esto significa según Calzada (1986) que existe buena homogeneidad de los resultados en las unidades experimentales de cada uno los tratamientos, es decir, el

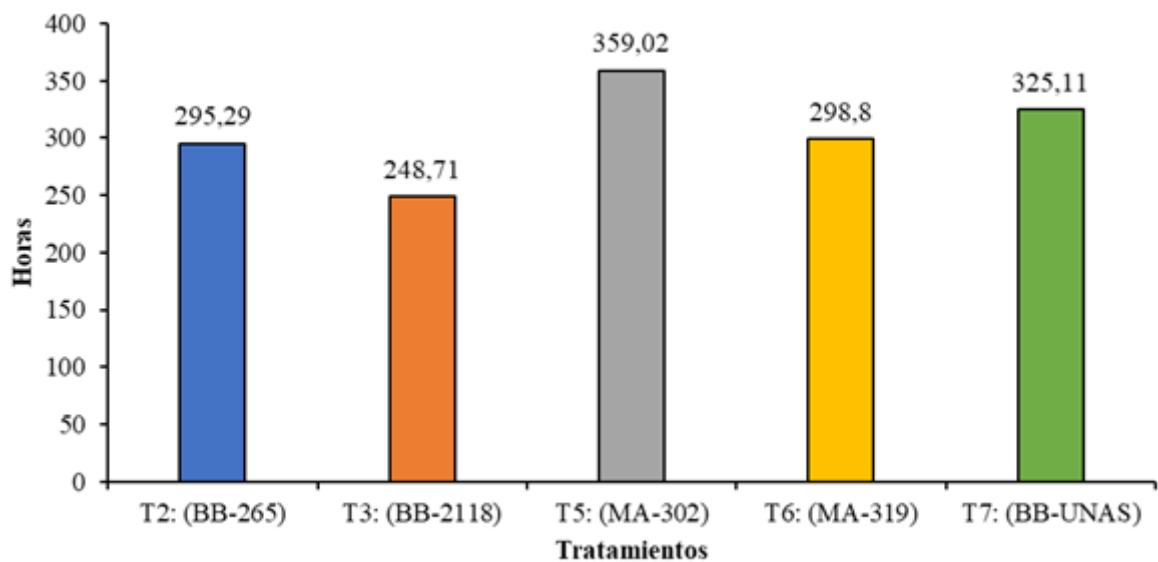
cubrimiento micelial sobre los insectos, fue similar entre los individuos de cada tratamiento, debido a que no hubo un efecto adverso de los insectos muertos en el desarrollo del micelio de cada tratamiento, esto se debe a que las poblaciones de *C. sordidus* fueron homogéneas referente a la edad y sanidad de los mismos

**Tabla 15.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del Inicio del cubrimiento micelial (horas)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F.Cal.	F.Tab.
Tratamiento	4	59609,65	14902,41	7,87	3,48*
Error experimental	10	18935,82	1893,58	1,82	2,16
Error de muestreo	30	31257,6	1041,92		
Total	44	109803,07			
CV (%)	14				

**Tabla 16.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el inicio del cubrimiento micelial (horas)

Tratamiento	Descripción	Horas	Sig.
T <sub>3</sub>	BB-2118	248,71	a
T <sub>2</sub>	BB-265	295,29	a
T <sub>6</sub>	MA-319	298,8	a
T <sub>7</sub>	BB-UNAS	325,11	a
T <sub>5</sub>	MA-302	359,02	a



**Figura 26.** Tiempo desde el inicio del cubrimiento micelial en cada uno de los tratamientos en estudio.

La prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 16 y Figura 22), donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los

tratamientos, es decir, el inicio del cubrimiento micelial en horas de los entomopatógenos sobre *C. sordidus* tuvieron resultado similar, siendo el tratamiento T<sub>3</sub> (BB-2118 = 248,71) superior numéricamente a los demás tratamientos por tener el menor tiempo en horas.

#### 4.1.8. Porcentaje de individuos de *C. sordidus* con cubrimiento micelial

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar el ANVA ( $\alpha = 0,05$ ) del porcentaje de individuos de *C. sordidus* con cubrimiento micelial. De acuerdo a la prueba de F del ANVA (Tabla 17), se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir, que uno o algunos de los tratamientos con hongos entomopatógenos presentan cualidades diferentes para una mayor colonización sobre el insecto.

**Tabla 17.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) del porcentaje de cubrimiento micelial

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F.Cal.</b>	<b>F.Tab.</b>
Tratamiento	8	53716,75	6714,59	27,19	2,51*
Error experimental	18	4444,44	246,91	0,54	1,8
Error de muestreo	54	24800	459,26		
Total	80	82961,19			
CV (%)	30				

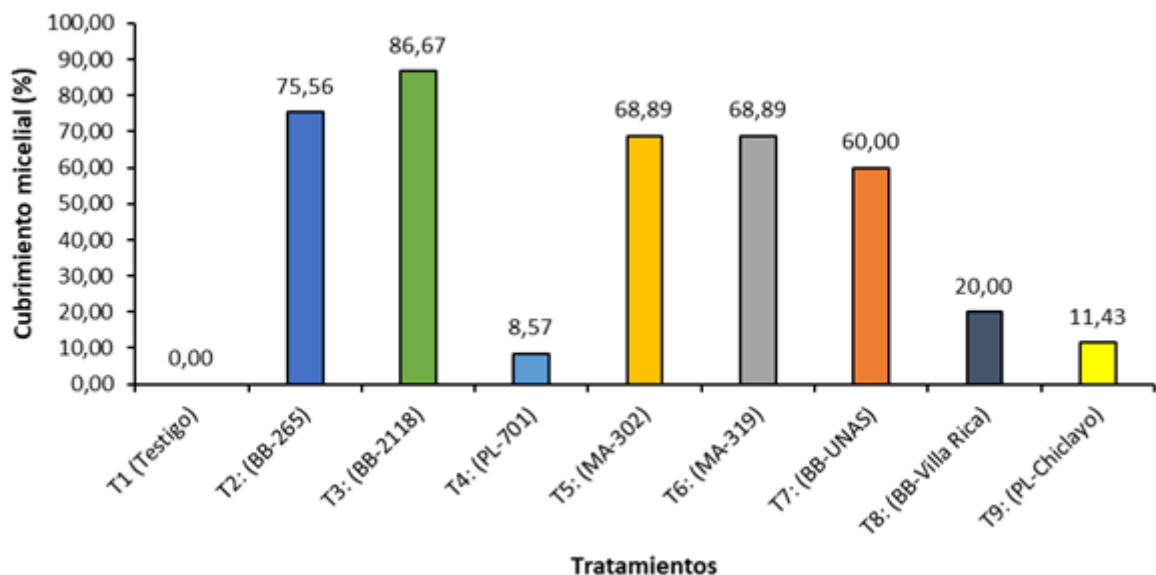
El coeficiente de variabilidad fue de 30 %, esto quiere decir, según Calzada (1986) que existe una regular homogeneidad de los resultados en las unidades experimentales de cada uno los tratamientos, es decir, el porcentaje de insectos muertos con cubrimiento micelial, fue variable entre los individuos de cada tratamiento, debido a que cada entomopatógeno tiene un comportamiento diferente.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el porcentaje de cubrimiento micelial

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>%</b>	<b>Sig.</b>
T <sub>3</sub>	BB-2118	86,67	a
T <sub>2</sub>	BB-265	75,56	a
T <sub>5</sub>	MA-302	68,89	a
T <sub>6</sub>	MA-319	68,89	a
T <sub>7</sub>	BB-UNAS	60,00	ab
T <sub>8</sub>	BB-VR	20,00	b
T <sub>9</sub>	PL-CHI	11,43	b
T <sub>4</sub>	PL-701	8,57	b
T <sub>1</sub>	Testigo	0,00	c

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 17) del porcentaje de individuos de *C. sordidus* con cubrimiento micelial de entomopatógenos, se

procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 18 y Figura 23), donde se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en la cual, los tratamientos T<sub>3</sub> (BB-2118= 86,67), T<sub>2</sub> (BB-265=75,56), T<sub>5</sub> (MA-302= 68,89) y T<sub>6</sub> (MA-319 = 68,69) fueron superiores al resto de los tratamientos (Tabla 18), es decir, los entomopatógenos de estos tratamientos tuvieron mayor porcentaje de cubrimiento micelial sobre los insectos a diferencia del resto; sin embargo, el tratamiento T<sub>3</sub> (BB-2118 = 86,67) fue superior numéricamente. Similares resultados encontraron Shaw et al. (2002) citado por Espinosa et al. (2011), quienes obtuvieron entre 87 y 100 % de micosis sobre cadáveres de abejas adultas tratadas con *B. bassiana*.



**Figura 27.** Porcentaje de cubrimiento micelial en cada uno de los tratamientos

Nuestros resultados coinciden con los de Najera et al. (2005), que utilizaron aislamientos de los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana* que fueron evaluados para uso potencial como agentes de control biológico contra larvas de tercer estadio de la «gallina ciega» *Phyllophaga crinita* y ambos entomopatógenos tuvieron la habilidad de crecer, esporular y producir micosis, lo que demostró su potencial para causar una epizootia.

#### 4.1.9. Periodo de muerte a cubrimiento micelial de *C. sordidus*

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar el ANVA ( $\alpha = 0,05$ ) del periodo de muerte a cubrimiento micelial de *C. sordidus*, de acuerdo a la prueba de F del

ANVA (Tabla 19), se encontraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir que uno o algunos de los tratamientos de hongos entomopatógenos presenta cualidades diferentes para una rápida colonización sobre el insecto.

**Tabla 19.** Análisis de Variancia ( $\alpha = 0,05$ ) de la muerte a cubrimiento micelial

Fuente de variación	GL	SC	CM	F.Cal.	F.Tab.
Tratamiento	4	146312,38	36578,09	41,31	3,48*
Error experimental	10	8855,16	885,52	0,41	2,16
Error de muestreo	30	64341,33	2144,71		
Total	44	219508,87			
CV (%)	20				

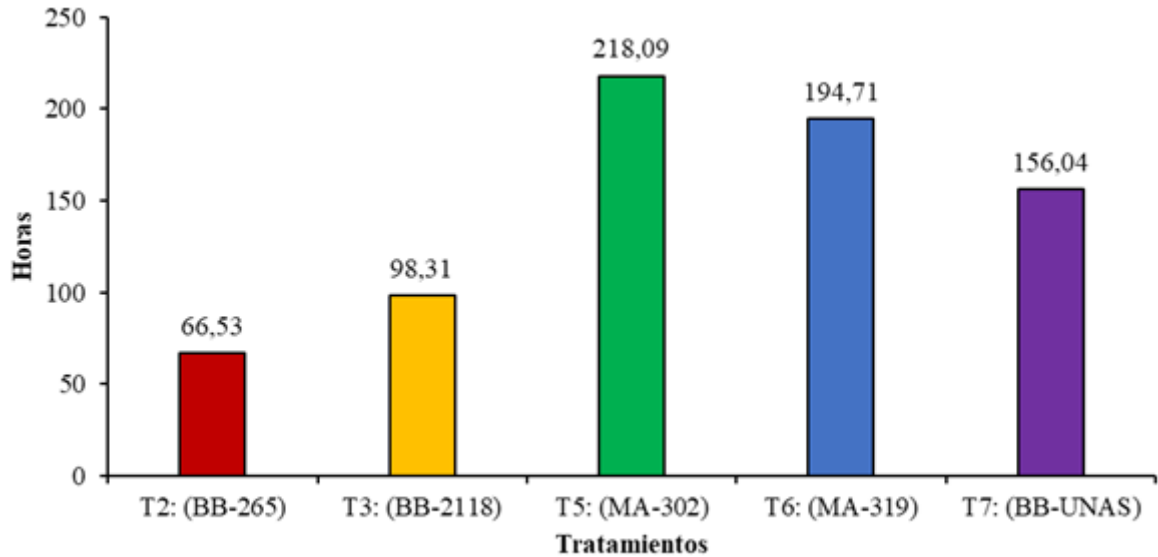
El coeficiente de variabilidad fue de 20 %, esto quiere decir, según Calzada (1986) que existe regular homogeneidad de los resultados en las unidades experimentales de cada uno los tratamientos, esto puede deberse a que las poblaciones de los insectos no tuvieron un efecto adverso sobre las cepas de cada tratamiento en el tiempo transcurrido desde la muerte del insecto hasta el cubrimiento micelial; sin embargo, la regular homogeneidad puede deberse a otros factores como humedad y temperatura que pudo haber afectado más al desarrollo del hongo sobre un individuo muerto que otro.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el periodo de muerte a cubrimiento micelial

Tratamiento	Descripción	Horas	Sig.
T <sub>2</sub>	BB-265	66,53	a
T <sub>3</sub>	BB-2118	98,31	ab
T <sub>7</sub>	BB-UNAS	156,04	b
T <sub>6</sub>	MA-319	194,71	b
T <sub>5</sub>	MA-302	218,09	b

Al existir diferencias estadísticas significativas en el ANVA (Tabla 19) del periodo de muerte a cubrimiento micelial de *C. sordidus*, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 20 y Figura 24), donde se encontraron diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento T<sub>2</sub> (BB-265 = 139,20) superior al resto (Tabla 20), es decir, este tratamiento tuvo menor tiempo en horas desde la muerte hasta el cubrimiento micelial de *C. sordidus* con respecto al resto de los tratamientos, se podría decir que, este hongo tiene una rápida capacidad de colonización sobre el insecto, estos datos fueron similares a los encontrados por Cruz (2009), donde utilizó cepas de *B. bassiana* y *M.*

*anisopliae* para evaluar la virulencia sobre el picudo del nopal, dónde observó que a los cinco días (120 horas) de muertos hubo esporulación que cubrió totalmente la superficie del insecto.



**Figura 28.** Periodo de muerte a cubrimiento micelial (horas) en cada uno de los tratamientos.

## V. CONCLUSIONES

1. El hongo *Metarhizium anisopliae* (MA-319) tiene el menor tiempo letal medio (TL50 = 115,5 horas) para controlar adultos de *Cosmopolites sordidus* bajo condiciones de laboratorio y como segunda opción el hongo *Beauveria bassiana* (CCB - LE2118) con TL50 = 133 horas.
2. El hongo *Metarhizium anisopliae* (MA-319) causa la muerte al 100 % en un período de 130 horas (periodo de inoculación a muerte) teniendo como segundas mejores opciones los códigos MA-302 y CCB – LE2118 con 147 y 150 horas respectivamente.
3. Los hongos *Metarhizium anisopliae* (MA-319 y MA-302), *Beauveria bassiana* CCB-LE2118 y CCB-LE265), tuvieron los mejores desempeños sobre *C. sordidus* para los parámetros inicio de producción de micelio, presencia de micelio, período de muerte a presencia de micelio, inicio de cubrimiento micelial e individuos con cubrimiento micelial.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar trabajos de campo para determinar la efectividad de las cepas MA-319, MA-302, CBB-LE265 y CBB-LE2118 sobre el control de *C. sordidus*.
2. En los estudios de campo, incluir parámetros adicionales como dosis, frecuencias de aplicación, época y tecnología de aplicación además de condiciones edafoclimáticas.
3. El uso de los productos en mezcla podría tener resultados positivos.

## VII. REFERENCIAS

- Abdelaziz, O., Senoussi, M. M., Oufroukh, A., Birgücü, A. K., Karaca, İ., Kouadri, F., Naima, B., & Bensegueni, A. (2018). Pathogenicity of three entomopathogenic fungi, to the aphid species, *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera: Aphididae), and their Alkaline protease activities. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0030-7>.
- Alarcon, J., Arevalo, E., Diaz, A., Galindo, J. y Rosero, A. (2012). Manejo Integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de Caucho. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Alexopoulos, C. Y Mins, C. (1985). Introducción a la Micología. Omega. [https://www.academia.edu/34371426/Introducci%C3%B3n\\_A\\_La\\_Micolog%C3%ADa\\_C\\_Alexopoulos\\_C\\_Mims\\_Omega\\_1985\\_pdf](https://www.academia.edu/34371426/Introducci%C3%B3n_A_La_Micolog%C3%ADa_C_Alexopoulos_C_Mims_Omega_1985_pdf)
- Anderson, R. S. (2002). The Dryophthoridae of Costa Rica and Panama: Checklist with keys, new synonymy and descriptions of new species of *Cactophagus*, *Mesocordylus*, *Metamasius* and *Rhodobaenus* (Coleoptera; Curculionoidea). *Zootaxa*, 80(1), Article 1. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.80.1.1>
- Arguedas, M., Álvarez C. V. y Bonilla, M. R. (2008). Eficacia del hongo entomopatógeno *Metharrizium anisopliae*; en el control de *Boophilus microplus*; (Acari: Ixodidae). *Agronomía Costarricense*, 32(2), 137-147. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6761>
- Arriera, L. H. (s. f.). *Biología, manejo y control de Cosmopolites sordidus*.
- Barneth, L. & Hunter, B. (1999). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. 4.ta ed. APS press.
- Bautista, N. (1999). Evaluación de la patogenicidad de las cepas *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre *Schistocerca piceifrons* peruviana. En condiciones de laboratorio. Ayacucho [Tesis para optar el título de Biólogo con Mención en Microbiología] Universidad San Cristóbal de Huamanga Ayacucho.
- Bayissa, W., Ekesi, S., Mohamed, S. A., Kaaya, G. P., Wagacha, J. M., Hanna, R., & Maniania, N. K. (2017). Selection of fungal isolates for virulence against three aphid pest species of crucifers and okra. *Journal of Pest Science*, 90(1), 355-368. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0781-4>
- BIO-CROP. (2023, 22 de mayo). Ficha técnica del producto RAXTER. <https://bio-crop.com/producto/raxter-mix/>.

- Boomsma, J. J., Jensen, A. B., Meyling, N. V. & Eilenberg, J. (2014). Evolutionary interaction networks of insect pathogenic fungi. *Annu Rev Entomol* 59, 467–485. Doi: 10.1146/annurev-ento-011613-162054.
- Cabrera, L. J., Pinedo, C., y Ernesto, I. (1995). *Revista Peruana de Entomología*. 107 – 110.
- Calzada B. J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. 5. ta ed. Editorial Milagros.
- L
- Cañedo, V. y Ames, T. (2004). *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. Lima – Perú. 62 p.
- Carballo, M. y Guaharay, F. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas*.
- Carballo, M., Hidalgo, E. y Rodríguez, A. (2004). *Control biológico de insectos mediante hongo entomopatógenos*. MIP/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Carballo, V., Manuel. (1998). *Formulación de hongos Entomopatógenos*. Hoja técnica. Integrado de plagas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Cárdenas, D. (2009). Principales problemas en la producción de plátano a nivel nacional. *Revista Claridades Agropecuarias*, 58, 51-61.
- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48-60. <https://doi.org/10.1002/fes3.108>
- Castillo, S. (2006). Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén, Guatemala.
- Castrillón, C. (2001). Importancia Económica, Etología y Manejo Integrado del Picudo Negro del Plátano. En: *Manejo Integrado de Sigatokas, Moko y Picudo Negro del Plátano*, en el Eje Cafetero. CORPOICA-Comité de Cafeteros del Quindío-UMATA-SENA Regional Quindío.
- Castrillón, C., Botero, J., Urrea, C., Cardona, J., Zuluaga, L., Morales, H. y Alzate, G. (2002). *Manejo integrado de nemátodos parásitos del plátano con énfasis en microbiológicos*. AUGURA.
- Chan, W., Ruiz, E., Cristóbal, J., Pérez, A., Munguía, R. y Lara, J. (2010). Desarrollo in vitro de cuatro cepas nativas de *Paecilomyces fumosoroseus* y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. ITC. México.
- Cheng, Y., Liu, T., Zhao, Y., Geng, W., Chen, L., & Liu, J. (2016). Evaluation of Pathogenicity of the Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in

- Hazelnut Weevil (*Curculio nucum* L., Coleoptera, Curculionidae) Larvae. *Indian journal of microbiology*, 56(4), 405–410. <https://doi.org/10.1007/s12088-016-0614-4>
- Condori, A. (2015). Control biológico del gorgojo de los Andes *Premnotypes Suturicallus* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1941>
- Cova, L. J., Scorza D, J. V., García, D. E., Cañizález, L. M., Guedez, C. del C., Maffey, M. y Medina, M. G. (2010). Control temporal de moscas (*Musca domestica*) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de *Beauveria brongniartii*. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 9-15.
- Cruz, N. O. (s. f.). (2009). Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre picudo del Nopal *Metamasius spinolae*.
- Cyr - Agroquimica. (2023, 22 de mayo). Ficha técnica de SPECTRUM□ Bea B y SPECTRUM□ Meta A. <http://cyr-agroquimica.com/PDF/FT-SPECTRUM%20META%20A.pdf>
- Echeverría-Beirute, F. (2006). Caracterización biológica y molecular de aislamientos del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (bálsamo) Vullemin.
- Espinosa, E., Lara, J., Otero, G., Alatorre, R. y Valdez, J. (2011). Susceptibilidad de larvas, pupas y abejas adultas a aislamientos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Sorokin) y *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize). *Interciencia*, 36(2), 148-152.
- Estrada, M., Velez, P. y Montoya, E. (1997). Caracterización de cultivos Monoesporicos del Hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé Revista del Centro Nacional de Investigación de Café*, 48 (4), 217 – 224.
- Fancelli, M., Dias, A. B., Delalibera, I., De Jesus, S. C., Do Nascimento, A. S., Silva, S. de O., Caldas, R. C. y Ledo, C. A. (2013). *Beauveria bassiana* strains for biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germ.) (Coleoptera: Curculionidae) in plantain. *BioMed research international*, 2013, 184756. <https://doi.org/10.1155/2013/184756>
- Fertimicro. (2012, 14 de julio). Nemafin Nematicida orgánico. <http://www.fertimicro.com/productos/organicos/Nemafin>
- Flores, E., Bustillo, A. y Montoyar, E. C. (1997). Evaluación de equipos de aspersión para control de *Hypothenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé Revista del Centro Nacional de Investigación de café*, 48(2), 92 – 98.

- French, E. y Herbert, T. (1982). *Métodos de Investigación*. 1. a ed. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura.
- Gold, C. S. y Messiaen, S. (2000). El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. Plagas de Musa, 4, 1-4. [https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN010181\\_spa.pdf&id=14071](https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN010181_spa.pdf&id=14071)
- Gomez H. (1998). Manual para la multiplicación masiva de *Beauveria bassiana* y *Baculovirus phthomiae*. Lima. 5 – 25.
- Gonzales, C., Aristizabal, J. y Loayza, M. (1993). Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano. Universidad de Caldas. Colombia. 85 p.
- González, D., Chávez, M., Gutiérrez, R., Chan-Cupul, W., Ochoa, J., & Velasco, E. (2018). Suitability of *Cordyceps bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) in an organic Mexican banana plantation: laboratory and field trials. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0126-4>
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología, basado en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Tercera reimpresión. 216 p.
- Ibarra-Aparicio, G., Moya-Raygoza, G., & Berlanga-Padilla, Y. A. (2005). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (Delong y wolcott, 1923) (Hemiptera: cicadellidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 44 (1) 2005, 1-6
- InfoAgronomo. (2019). Uso de *Paecilomyces lilacinus* para control de nematodos. <https://infoagronomo.net/uso-de-paecilomyces-lilacinus-para-control-de-nematodos/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). Estadística 2018 <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-platano-crecio-85-en-diciembre-de-2018-11396/>
- Integrated Taxonomic Information System. (2025, julio 13). *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) – valid. <https://itis.gov>
- Jimenez G., J. A. 1992. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Cenicafé Revista del centro Nacional de investigación de café*, 43 (3), 84-98.
- Jimenez, E. (2009). *Métodos de control de plagas*. Boletín de la Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>

- Laverlam (2010, 1 de junio). Catálogo de detalles de mycotrol. [http://www.laverlam.net/catalogo\\_detalle/es/mycotrol-se,1](http://www.laverlam.net/catalogo_detalle/es/mycotrol-se,1)
- Lezama, R.; Molina, J.; López, M.; Pescador, A.; Galindo, E.; Ángel, C. Y Michel, A. 2004. Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1), 1-5. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709103.pdf>
- Londoño Z., M. E., Pulido F., J. I., García Roa, F., Z. de Polanía, I., & León M., G. (2000). *Manejo integrado de plagas: Enemigos naturales del picudo negro (Cosmopolites sordidus)*. En AGROSAVIA (Ed.), *Manual técnico del cultivo de plátano* (Capítulo VII). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Recuperado de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1782/78919\\_26442.pdf](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1782/78919_26442.pdf)
- Lopes, R. B., Mesquita, A. L. M., Tigano, M. S., Souza, D. A., Martins, I., & Faria, M. (2013). Diversity of indigenous *Beauveria* and *Metarhizium* spp. in a commercial banana field and their virulence toward *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *Fungal Ecology*, 6(5), 356-364. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2013.06.007>
- Lopes, R., Michereff-Filho, M., Tigano, M., Neves, P., López, E. L., Fancelli, M., & Silva, J. (2011). Virulence and horizontal transmission of selected Brazilian strains of *Beauveria bassiana* against *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions. *Bulletin of Insectology*, 64, 201-208.
- López, R; Zayas, E; Fernández, A. y Triguero, N. 2003. Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* contra descortezadores (Coleoptera: Scolytidae) del género *Ips* en plantaciones de pinos (*Pinus caribaea* Morelet). *Ra Ximhai*, 5(3), 281-295. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46111817003.pdf>
- Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., & Zakaria, D. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *J. Entomol. Zool. Stud*, 6(1), 27-32.
- Malpartida, J y Dale, W. (2006). Patogenicidad del hongo *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. sobre larvas de *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) bajo condiciones de laboratorio. Universidad Nacional Agraria de la Molina.
- Manzanilla, Edward, and G. Martínez. "El gorgojo negro del plátano." *Revista de difusión de tecnología agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola* (2005). (MLA)

- Membang, G., Ambang, Z., Mahot, H. C., Kuate, A. F., Fiaboe, K. K. M., & Hanna, R. (2020). *Cosmopolites sordidus* (Germar) susceptibility to indigenous Cameroonian *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) isolates. *Journal of Applied Entomology*, 144(10), 833–843. Recuperado de <https://biblio.iita.org/documents/S20ArtMembangCosmopolitesInthomNodev.pdf-6bfa13b09a109b9509a60f75188478e3.pdf>
- Mena, S. 2010. Evaluación de hongos entomopatógenos como potencial biocontrolador de la hormiga arriera *Atta colombica* del municipio de Lloró – Chocó [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7713>
- Merchán-V VM. (2003). Manejo integrado del picudo negro del plátano y del banano. En: Rivas G, Rosales F, editores. Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas a las musáceas en los trópicos. Inibap y Musalac. 139-140.
- Merino, L., France, A. y Gerding P. M. (2007). Selección de aislamientos nativos de hongos patogénicos a *Vespula germanica* (Hymenoptera: Vespidae). *Agricultura técnica = Chilean Journal of Agricultural Research*, 67(4), 335-342.
- Merino, L., France, A., & Gerding, M. (2007). Selección de aislamientos nativos de hongos patogénicos a *Vespula germanica* (Hymenoptera: Vespidae). *Agricultura Técnica*, 67(4), 353–362. <https://www.scielo.cl/pdf/agrtec/v67n4/at01.pdf>
- MERKAGRO. (2012, 1 de junio). Producto destruxin wp. Merkagro. [http://www.merkagro.com/detalles\\_productos](http://www.merkagro.com/detalles_productos)
- Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. GTZ.
- Monzón, A., Herrera, I. y Méndez, E. (2009). Uso y manejo de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nemátodos. FUNICA.
- Mordue, J. E. M. (1984). C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, Set 81. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19851304199>
- Muñoz-Ruiz, C. (2007). Fluctuación poblacional del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del plátano (*Musa AAB*) en San Carlos, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 20(1), 24.
- Mweke, A., Ulrichs, C., Nana, P., Akutse, K. S., Fiaboe, K. K. M., Maniania, N. K., & Ekesi, S. (2018). Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae*,

- Beauveria bassiana and Isaria sp. for the Management of Aphis craccivora (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1587-1594. <https://doi.org/10.1093/jee/toy135>
- Nájera-Rincón, M. B., Martínez, M. G., Crocker, R. L., & Hernández-Velázquez, V. (2005). virulencia de beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de phyllophaga crinita (coleoptera: melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. *Fitosanidad*, 9(1), 33-36. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116169007.pdf>
- NATURALCONTROL. (2011). Safelomyces. Natural Control <http://www.naturalcontrol.org/safelomyces>
- Navas, J. (2011). Eficacia De Beauveria Bassiana (Balsamo) Vuillemin 1912 como controlador biológico de Cosmopolites Sordidus Germar 1824 (Coleoptera: Dryophthoridae) en una plantación de banano en la región Caribe de Costa Rica. (Tesis de grado). San José de Costa Rica: Universidad Nacional.
- Orduño Cruz, N., & Vázquez Rico, J. M. (2018). *Arthropoda Mexicana: Cactophagus spinolae (Gyllenhal), "Picudo del nopal"*. *Boletín de la Academia Entomológica de México*, nueva serie 4(1), 13–17. [https://acaentmex.org/boletin/revista/2018Abril/Bol\\_ns4%281%2913-17.pdf](https://acaentmex.org/boletin/revista/2018Abril/Bol_ns4%281%2913-17.pdf).
- Ortiz-Urquiza, A., Riveiro-Miranda, L., Santiago-Álvarez, C., Quesada Moraga, E. (2010). Insect-toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana. *Journal of Invertebrate Pathology* 105(3), 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.07.003>
- Pérez, A., Elósegui O., Bel Padrón N. (2003). Aislamiento, caracterización morfológica y fisiológica del hongo entomopatógeno Paecilomyces fumosoroseus (wize) broum & smith.
- Pérez, A., Lorenzo, E. y Fernández, E. (1999). Uso de Paecilomyces lilacinus en cultivo estático para el control de nematodos parásitos en plátano en el sistema de riego por goteo. Centro Agrícola.
- Perez, N. (2004). Manejo ecológico de plagas. Centro de estudios de desarrollo agrario y rural. <https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecoplagas/Bibliografia.pdf>
- Posada-Florez, F. J., Villalba-Gault, D. A. y Bustillo-Pardey, A. E. (s. f.). CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ.
- Probiotec—Probiobass. (2023, 22 de abril). Ficha técnica Probiobass <http://probiotec.org/index.php/probiobass>

- QBIOL. (2012, 01 de junio). Catálogo de uso de nemabiol. <http://www.qbiol.co/index.php?menu=2>, 1 Jun. 2012
- Quijije, N., Herrera, J., & Rivera, J. (2003). *Desarrollo de tecnologías limpias para el manejo del picudo negro (Cosmopolites sordidus) en plátano (Musa AAB)* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de Guayaquil]. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Quijije, R; Suárez, C; Williams, R; Reyes, X. (2003). Desarrollo de tecnologías limpias para el manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), en plátano. [Tesis para optar el grado de magister]. Universidad de Guayaquil.
- RAXTER. (2023, 21 de abril). Bio Crop S.A.S. Fabricación de fertilizantes, bioinsumos y coadyuvantes - Palmira, Colombia. <https://bio-crop.com/producto/raxter/>
- Reddy, G. V. P., Zhao, Z. & Humber, R. A. (2014). Laboratory and field efficacy of entomopathogenic fungi for the management of the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 122, 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2014.07.009>
- Rivas, G. y Rosales, F. (2003). Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos. International Plant Genetics Resources Institute.
- Rodriguez Lagunes, D. A., Lagunes Tejeda, A., Riestra Diaz, D., Rodriguez Maciel, C., Velazquez Mendoza, J., Becerril Roman, E. & Pacheco Velasco, E. (1997). Compatibility of *Beauveria bassiana* and aqueous extracts of *Azadirachta indica* for the control of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*.
- Ruiz, M. C. V. (s. f.). INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.
- Rukazambuga, N. D. T. M., Gold, C. S. & Gowen, S. R. (1998). Yield loss in East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EA group) caused by the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar. *Crop Protection*, 17(7), 581-589.
- Santamaría, A., Costa-Comelles, J., & Alonso, A. (2008). Ensayo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin para el control de la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) y su acción sobre el parásito *Cales noacki* (Howard) (Hymenoptera: Aphelin).
- SMT. (2012, 01 de junio). Formulador metarhizium-metatropico. <http://www.smdeltropico.com/metarhizium>

- Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. [http://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf)
- Um, M., Galadima, I., Gambo, F., & Zakaria, D. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 27-32. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartA/5-5-367-216.pdf>
- Valbuena, D. C. y Álzate, C. J. Evaluación de la patogenicidad de los hongos entomopatógenos *beauveria bassiana* (Bassi) y *metarhizium anisopliae* (metchnikoff) en el control de la garrapata del ganado *rhhipicephalus (boophilus) microplus* (canestrini)(acari: ixodidae) en su fase parasítica en los estados larval y ninfal [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Universitario. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8952/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valderrama, E. I., Giraldo, C., Montoya Lerma, J., Armbrrecht, I., & Calle, Z. (2011). Guía para el establecimiento y manejo de colonias artificiales de hormiga arriera *Atta Cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/746>
- Valencia, R., Guzmán, O., Villegas, B., & Castaño, J. (2014). Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en almácigos de plátano Dominicano Hartón (*Musa AAB Simmonds*). *Revista Luna Azul*, (39), 165–185. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321732142011.pdf>
- Valero, C. (2016). A multidisciplinary approach to study virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* towards malaria mosquitoes. (PhD thesis). Wageningen University, Wageningen, NL (2016). With references, with summary in English. ISBN 978-94-6257- 854-8. DOI 10.18174/385465.
- Velez, A. P. E., Posada, F. F. J., Marín, M. P. (1997). Técnicas para el control de calidad de formulación de Hongos Entopatógenos. Cenicafe. Centro Nacional de Investigación de Café “Pedro Uribe Mejía”. Colombia – Caldas – Chinchilla. 37 p
- Vélez, R. (2011). Reacción de diez cultivares de *Musa* spp. al ataque de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) durante el primer año de establecimiento. (Tesis de pregrado, Escuela politécnica del ejército. Repositorio Institucional. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/3860>

- Verdejo, S. (2005). Desarrollo y evaluación de métodos de control de nematodos en el marco de la Producción Integrada de cítricos. Ministerio de Educación y Ciencia. España. Pp. 5-6
- Vigueras, G; Shirai, K; Morales, M. y Revah, S. (2009). Crecimiento de *Paecilomyces lilacinus* con n-hexadecano y determinación de su hidrofobinaplyd. SIPAL. México. Pp. 1.
- Zevallos, R. F., Hömberg, B. F. & Rosskamp, R. (1996). Guía para la caficultura ecológica: Café orgánico. GTZ.