



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo.

Título del Proyecto de Investigación

“Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del
picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en
condiciones de laboratorio y campo”

Autor:

Dávila Guerra Kevin William

Director del Proyecto de Investigación:

Dra. Mayra Carolina Vélez Ruiz

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

El proyecto de investigación “Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo”, se desarrolló bajo el convenio marco de cooperación interinstitucional entre la UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO y la Empresa REYBANPAC, REY BANANO DEL PACÍFICO C.A., firmado a los ocho días del mes de noviembre de 2018.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **KEVIN WILLIAM DÁVILA GUERRA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacerse uso de los derechos correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

KEVIN WILLIAM DÁVILA GUERRA

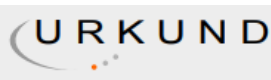
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En mi calidad de Directora del Proyecto de Investigación, certifico que el Sr. **KEVIN WILLIAM DÁVILA GUERRA**, realizó el proyecto de investigación titulado “**Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo**”, bajo mi dirección, aplicando todas las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas que regulan esta actividad académica.

DRA. MAYRA CAROLINA VÉLEZ RUIZ
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

En mi calidad de Directora del Proyecto de Investigación del Sr. KEVIN WILLIAM DÁVILA GUERRA, titulado “Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo”, certifico el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia en el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico URKUND, con un porcentaje de coincidencia del 6%.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	Tesis_Davila_Kevin_Urkund.docx (D64134452)
Submitted:	2/20/2020 1:45:00 AM
Submitted By:	mvelez@uteq.edu.ec
Significance:	6 %

Sources included in the report:

Tesis_Garcia_Galo_Urkund.docx (D60482772)
Evaluación de trampas etológicas para el control de *Cosmopolites sordidus* en la plantación de banano (*Mussa ssp*) Cantón Pueblo Viejo.docx (D60999728)
TORRES LAMILLA JOSÉ JASMANY.docx (D47632799)
19 diciembre Kevin Bohorquez 05 de dic copia.docx (D61923537)
proyecto Yadii 2020.docx (D63269418)
<https://docplayer.es/92893115-Universidad-de-guayaquil.html>
<https://repositorio.uileam.edu.ec/handle/123456789/1020>
<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/download/1454/1471/30176e7a-537d-4244-92ae-39bd83b0f35b>
<https://docplayer.es/90055032-Facultad-de-educacion-tecnica-para-el-desarrollo-carrera-de-agronomia-recursos-naturales-renovables-y-ambientalismo-tema.html>
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14723/El%20picudo%20en%20platanera%2C%20tratamientos%20pasados%2C%20actuales%20y%20futuros%20para%20su%20combate..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Posib.-uso-B.-bassiana-para-Metamasius.pdf>
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/298/324/>
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/436/43642604004/html/index.html>
<https://docplayer.es/20933808-Luis-ricardo-aguilera-llado-zamorano-honduras.html>
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6191581>

Instances where selected sources appear:

75

DRA. MAYRA CAROLINA VÉLEZ RUIZ
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Daniel Federico Vera Avilés
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Silvia Gicela Saucedo Aguiar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Quevedo – Los Ríos – Ecuador
2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por guiar mi camino y permitirme cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres, hermano y familia en general por darme su amor, confianza y apoyo incondicional en el trayecto de mi vida.

A mi enamorada por acompañarme durante esta etapa de mi vida, por creer en mí y brindarme su apoyo a lo largo de este camino; y además, por su innegable amor.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de estudiar.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UTEQ quienes con su dirección, conocimientos y enseñanzas han colaborado en mi formación como profesional.

A la Dra. Mayra Carolina Vélez Ruiz por su valiosa colaboración y orientación en la presente investigación.

A la empresa Reybanpac por financiar y permitirme realizar el proyecto de investigación en su propiedad, finca “Oasis #2”, Quevedo – Los Ríos.

A la empresa Geos Organic por proveer la cepa del hongo *B. bassiana* (G05), evaluada en el presente estudio.

A todos mis compañeros de clase con quienes pasé por varias experiencias inolvidables.

Kevin William Dávila Guerra

DEDICATORIA

A mis queridos padres, William Dávila y Azucena Guerra, quienes han estado a mi lado incondicionalmente durante todo el transcurso de mi vida; y que con su amor, paciencia, apoyo y esfuerzo me permitieron culminar con éxito una más de mis metas; sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta el día de hoy he logrado.

A mi pequeño hermano, Dheyler Dávila, quien con su alegría hace que mis días sean mucho mejores.

A mi querida abuelita, Marlene Zambrano, por todo el amor y cariño que me brinda cada día de mi vida; por cada una de sus oraciones, enseñanzas y consejos que de una u otra manera hacen de mí una mejor persona.

A mi bella tía, Marilú Dávila, por demostrarme su cariño, confianza y apoyo incondicional en todo momento de mi vida; por cada hora, minuto y segundo que ha dedicado en mí, por cada consejo, cada enseñanza, por esto y mucho más, a ti también va dedicado este trabajo.

¡Los amo con mi vida a cada uno de ustedes!

Kevin William Dávila Guerra

RESUMEN

El banano es afectado por plagas, como: el picudo negro y rayado. El control de los picudos se basa en el uso de insecticidas peligrosos; alternativas menos tóxicas son necesarias. La eficiencia del hongo *Beauveria bassiana* para el control de picudos, ha sido comprobada; pero, el desconocimiento de metodologías de aplicación, impide su uso en el país. Por este motivo, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la aplicación líquida y sólida de *B. bassiana* para el control del picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio y campo. El ensayo en condiciones de laboratorio se realizó en el laboratorio de Microbiología de la UTEQ; mientras que, en campo se efectuó en la Hacienda Oasis 2 (Reybanpac). En laboratorio, picudos negro y rayado fueron tratados con *B. bassiana* en formulación sólida, líquida o agua destilada; y en campo, los insectos fueron capturados de trampas de pseudotallo tratadas con formulaciones de *B. bassiana* sólida, líquida o sin aplicación. En laboratorio, la formulación líquida permitió el mayor porcentaje de mortalidad de picudos negro (44%), y en picudos rayado los valores más altos se obtuvieron con la formulación sólida (88%); el TL50 usando la formulación sólida fue de 11 días. Para las evaluaciones de picudo negro en campo se encontraron diferencias entre los tratamientos únicamente al segundo día de captura, destacando la formulación líquida (27,54%), sin embargo, para picudo rayado la formulación sólida obtuvo los valores más altos de mortalidad (entre 43,33% y 80,83%) durante todos los días de captura (2, 5, 7 y 10) alcanzando un TL50 de 13 días. Cinco especies se identificaron asociadas a las trampas de pseudotallo: *C. sordidus*, *M. hemipterus*, *M. hebetatus*, *Polytus mellerborgii* y *Rhyncophorus palmarum*. Los resultados evidencian que, *B. bassiana* es un agente potencial para el control de picudos del banano.

Palabras claves: *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, trampas, biocontrolador, mortalidad, tiempo letal medio.

ABSTRACT

The banana is affected by pests, such as: the black and striped weevil. The control of weevils is based on the use of dangerous insecticides; less toxic alternatives are needed. The effectiveness of the *Beauveria bassiana* fungus, for the control of weevils, has been proved. But, the lack of application methodologies avoid its use in the country. For this reason, the present investigation aims to evaluate the effectiveness of the liquid, and solid application of *B. bassiana* for the control of black weevil, and striped weevil in laboratory and field conditions. While the laboratory test conditions were carried out in the UTEQ Microbiology laboratory; the field conditions were carried out in the Oasis Farm 2 (Reybanpac). In laboratory, black and striped weevil were treated with *B. bassiana* in solid or liquid formulation, and distilled water; and in the field, insects were captured from pseudostem traps treated with solid or liquid *B. bassiana* formulations, and without any kind of application. In the laboratory, using liquid formulation allowed the highest percentage of black weevil mortality (44%), and in striped weevil the highest values obtained with the solid formulation (88%); the LT50, using the solid formulation, was 11 days. For the evaluations of the black weevil, in field, were found differences between the treatments only on the second day of capture, highlighting the liquid formulation (27,54%). However, the striped weevil solid formulation obtained the highest mortality rates (between 43,33% and 80,83%) during all the capture days (2, 5, 7 and 10) reaching a LT50 of 13 days. Five species were identified associated with pseudostem traps: *C. sordidus*, *M. hemipterus*, *M. hebetatus*, *Polytus mellerborgii* and *Rhyncophorus palmarum*. The results showed that *B. bassiana* is a potential agent for the control of banana weevils.

Key words: *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, traps, biocontrol, mortality, lethal time.

TABLA DE CONTENIDO

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	iii
Certificación de culminación del proyecto de Investigación.....	iv
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	v
Certificación de aprobación por tribunal de sustentación	vi
Agradecimientos	vii
Dedicatoria.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
Tabla de contenido.....	xi
Índice de tablas	xvi
Índice de figuras	xvii
Índice de anexos	xix
Código dublin	xxi
Introducción.....	1

CAPÍTULO I. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.....	7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico	10
2.1.1. Generalidades del banano.....	10
2.1.2. Origen y distribución del banano	10
2.1.3. Clasificación taxonómica del banano.....	10

2.1.4.	Importancia del banano	11
2.1.5.	El banano en el mundo	11
2.1.5.1.	Principales países productores de banano	11
2.1.5.2.	Principales países exportadores de banano	12
2.1.5.3.	Principales países importadores de banano	12
2.1.6.	El banano en el Ecuador	12
2.1.7.	Problemas fitosanitarios del banano	13
2.1.8.	Picudo negro del banano	13
2.1.8.1.	Origen y distribución del picudo negro	14
2.1.8.2.	Clasificación taxonómica del picudo negro	14
2.1.8.3.	Ciclo de vida del picudo negro	14
2.1.8.4.	Morfología del picudo negro	15
2.1.8.5.	Daños ocasionados por el picudo negro	15
2.1.9.	Picudo rayado del banano	16
2.1.9.1.	Origen y distribución del picudo rayado	16
2.1.9.2.	Clasificación taxonómica del picudo rayado	17
2.1.9.3.	Ciclo de vida del picudo rayado	17
2.1.9.4.	Morfología del picudo rayado	17
2.1.9.5.	Daños del picudo rayado del banano	18
2.1.10.	Hongos entomopatógenos	19
2.1.10.1.	<i>Beauveria bassiana</i>	20
a)	Clasificación taxonomía de <i>Beauveria bassiana</i>	20
b)	Morfología de <i>Beauveria bassiana</i>	20
c)	Mecanismo de acción de <i>Beauveria bassiana</i>	21
d)	Efectos de <i>B. bassiana</i> en picudo negro y rayado	22

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización	25
3.2.	Tipo de investigación	25
3.3.	Métodos de investigación	25
3.4.	Fuentes de recopilación de información	26
3.5.	Diseño de la investigación	26
3.6.	Instrumentos de investigación	27
3.6.1.	Factores en estudio	27

3.6.2.	Tratamientos evaluados	27
3.6.3.	Descripción de los tratamientos	27
3.6.4.	Manejo del experimento	29
3.6.4.1.	Ensayo de laboratorio	29
a)	Elaboración de trampas de pseudotallo de banano para la captura de insectos de picudo negro y rayado	29
b)	Captura de insectos de picudo negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano... ..	29
c)	Desinfección de insectos de picudo negro y rayado.....	29
d)	Aplicación sólida del hongo <i>B. bassiana</i> en especímenes de picudo negro y rayado... ..	30
e)	Aplicación líquida del hongo <i>B. bassiana</i> en especímenes de picudo negro y rayado... ..	30
f)	Verificación de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado tratados con el hongo <i>B. bassiana</i> en formulación sólida y líquida.....	30
3.6.4.2.	Ensayo de campo.....	31
a)	Elaboración y tratamiento de trampas de pseudotallo de banano para la captura de especímenes de picudo negro y rayado	31
b)	Captura de especímenes de picudo negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano establecidas en campo.....	31
c)	Verificación de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado capturado en trampas de pseudotallo de banano establecidas en campo	31
d)	Manejo agronómico de la plantación de banano	32
3.6.5.	Registro de datos y formas de evaluación	32
3.6.5.1.	Identificación del complejo de picudos asociados a las trampas de pseudotallo de banano	32
3.6.5.2.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo <i>B. bassiana</i> en condiciones de laboratorio y campo.....	32
3.6.5.3.	Eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio y campo ..	33
3.6.5.4.	Curvas de supervivencia de especímenes de picudo negro y rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de laboratorio y campo	33

3.7.	Tratamientos de los datos	34
3.8.	Recursos humanos y materiales	35
3.8.1.	Recursos humanos	35
3.8.2.	Material genético	35
3.8.3.	Material de campo	35
3.8.4.	Material de laboratorio	36
3.8.5.	Reactivos	36

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados.	38
4.1.1.	Identificación del complejo de picudos asociados a las trampas de pseudotallo de banano	38
4.1.2.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo <i>B. bassiana</i> en condiciones de laboratorio.....	44
4.1.3.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo <i>B. bassiana</i> en condiciones de campo	45
4.1.4.	Eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio	47
4.1.5.	Eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de campo.....	48
4.1.6.	Curvas de supervivencia de especímenes de picudo negro y rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de laboratorio.....	50
4.1.7.	Curvas de supervivencia de especímenes de picudo rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de campo.....	52
4.2.	Discusión	55

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	59
5.2.	Recomendaciones.....	60

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	81
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1.	Anexos.....	71
------	-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio.....	25
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ensayo de laboratorio).	26
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ensayo de campo).	26
Tabla 4. Número de insectos de las especies de picudos identificadas.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Vista dorsal, vista lateral y vista ventral del picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>).....	39
Figura 2.	Vista dorsal, vista lateral y vista ventral del picudo rayado (<i>Metamasius hemipterus</i>).....	40
Figura 3.	Vista dorsal, vista lateral y vista ventral de <i>Metamasius hebetatus</i>	41
Figura 4.	Vista dorsal, vista lateral y vista ventral del picudo enano (<i>Polytus mellerborgii</i>)..	42
Figura 5.	Vista dorsal, vista lateral y vista ventral de la gualpa (<i>Rhynchophorus palmarum</i>).....	43
Figura 6.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro (<i>C. sordidus</i>) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de laboratorio.	44
Figura 7.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de laboratorio.	45
Figura 8.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro (<i>C. sordidus</i>) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de campo.	46
Figura 9.	Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de campo.	47
Figura 10.	Porcentaje de eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo negro (<i>C. sordidus</i>) y picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) en condiciones de laboratorio.	48
Figura 11.	Porcentaje de eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo negro (<i>C. sordidus</i>), en condiciones de campo.....	49
Figura 12.	Porcentaje de eficacia del hongo <i>B. bassiana</i> aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), en condiciones de campo.	50
Figura 13.	Curvas de supervivencia y tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo negro (<i>C. sordidus</i>) expuestos a los tratamientos en estudio, en condiciones de laboratorio.	51

Figura 14. Curvas de supervivencia y tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) expuestos a los tratamientos en estudio, en condiciones de laboratorio.	52
Figura 15. Curvas de supervivencia y tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) capturados al segundo día de exposición a los tratamientos aplicados en trampas de pseudotallo de banano.	53
Figura 16. Curvas de supervivencia y tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>) capturados al quinto día de exposición a los tratamientos aplicados en trampas de pseudotallo de banano.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>), capturados el día 2; en condiciones de campo.....	71
Anexo 2.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>), capturados el día 5; en condiciones de campo.....	71
Anexo 3.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>), capturados el día 7; en condiciones de campo.....	71
Anexo 4.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>), capturados el día 10; en condiciones de campo.....	71
Anexo 5.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>), interaccion: tratamientos – días de captura; en condiciones de campo.....	72
Anexo 6.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), capturados el día 2; en condiciones de campo.	72
Anexo 7.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), capturados el día 5; en condiciones de campo.	72
Anexo 8.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), capturados el día 7; en condiciones de campo.	72
Anexo 9.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), capturados el día 10; en condiciones de campo.	73
Anexo 10.	Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>), interaccion: tratamientos – días de captura; en condiciones de campo.....	73
Anexo 11.	Análisis de varianza de la variable eficacia, para picudo negro (<i>C. sordidus</i>); en condiciones de campo.....	73
Anexo 12.	Análisis de varianza de la variable eficacia, para picudo rayado (<i>M. hemipterus</i>); en condiciones de campo.....	73
Anexo 13.	Elaboración de trampas de pseudotallo de banano para la captura de picudos negro y rayado.	74
Anexo 14.	Aplicación del hongo <i>B. bassiana</i> en formulación líquida y sólida en trampas de pseudotallo.	74
Anexo 15.	Captura de picudos negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano.	75

Anexo 16. Inoculación del hongo <i>B. bassiana</i> en formulación líquida y, sólida en especímenes de picudo negro y rayado.	75
Anexo 17. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado muertos, en cámaras húmedas.	76
Anexo 18. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado muertos en la incubadora Memmert BE600.	76
Anexo 19. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado capturados en trampas de pseudotallo, en tarrinas plásticas.	77
Anexo 20. Esporulación del hongo <i>B. bassiana</i> en espécimen de picudo negro y rayado, en condiciones de laboratorio.	77
Anexo 21. Esporulación del hongo <i>B. bassiana</i> en espécimen de picudo negro y rayado, capturados en campo.	78

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo <i>Beauveria bassiana</i> para el control del picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>) y del picudo rayado (<i>Metamasius hemipterus</i>) en condiciones de laboratorio y campo.
Autor:	Dávila Guerra Kevin William.
Palabras claves:	<i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Metamasius hemipterus</i> , trampas, biocontrolador, mortalidad, tiempo letal medio.
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen:	El banano es afectado por plagas, como: el picudo negro y rayado. El control de los picudos se basa en el uso de insecticidas peligrosos; alternativas menos tóxicas son necesarias. La eficiencia del hongo <i>Beauveria bassiana</i> para el control de picudos, ha sido comprobada; pero, el desconocimiento de metodologías de aplicación, impide su uso en el país. Por este motivo, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la aplicación líquida y sólida de <i>B. bassiana</i> para el control del picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio y campo. El ensayo en condiciones de laboratorio se realizó en el laboratorio de Microbiología de la UTEQ; mientras que, en campo se efectuó en la Hacienda Oasis 2 (Reybanpac). En laboratorio, picudos negro y rayado fueron tratados con <i>B. bassiana</i> en formulación sólida, líquida o agua destilada; y en campo, los insectos fueron capturados de trampas de pseudotallo tratadas con formulaciones de <i>B. bassiana</i> sólida, líquida o sin aplicación. En laboratorio, la formulación líquida permitió el mayor porcentaje de mortalidad de picudos negro (44%), y en picudos rayado los valores más altos se obtuvieron con la formulación sólida (88%); el TL50 usando la formulación sólida fue de 11 días. Para las evaluaciones de picudo negro en campo se encontraron diferencias entre los tratamientos únicamente al segundo día de captura, destacando la formulación líquida (27,54%), sin embargo, para picudo rayado la formulación sólida obtuvo los valores más altos de mortalidad (entre 43,33% y 80,83%) durante todos los días de captura (2, 5, 7 y 10) alcanzando un TL50 de 13 días. Cinco especies se identificaron asociadas a las trampas de pseudotallo: <i>C. sordidus</i>, <i>M. hemipterus</i>, <i>M. hebetatus</i>, <i>Polytus mellerborgii</i> y <i>Rhyncophorus palmarum</i>. Los resultados evidencian que, <i>B. bassiana</i> es un agente potencial para el control de picudos del banano.
Descripción:	
Url:	

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca*) es el cuarto cultivo alimentario más importante en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. El banano es un alimento básico, que contribuye a la seguridad alimentaria de millones de personas; asimismo, un producto de exportación, que dada su comercialización genera divisas y numerosas plazas de trabajo.

El Ecuador es considerado el primer exportador mundial de banano. La producción bananera es un sector clave en la economía ecuatoriana, genera alrededor de 3 millones de empleos. Además, las exportaciones de banano ecuatoriano representan más del 10% de las exportaciones totales del país, siendo el segundo rubro de mayor exportación después del petróleo (AEBE, 2017); sin embargo, la producción bananera puede ser afectada por diversos factores, entre los que se destacan las plagas agrícolas.

El cultivo de banano tiene varias plagas que evitan el correcto desarrollo de las plantas y repercuten directamente sobre la economía de los productores. Entre las principales plagas que causan daños al cultivo de banano encontramos al picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), estas especies son consideradas las más comunes y perjudiciales de todas las musáceas. En el cultivo de banano se han registrado pérdidas de producción causadas por el picudo negro, que representan hasta el 42% de la cosecha (Armendáriz *et al.*, 2016); en cuanto al picudo rayado, se desconoce la magnitud de las pérdidas que ocasiona en este cultivo, sin embargo, es considerado peligroso debido a que es vector de enfermedades, como la “pudrición acuosa del pseudotallo”.

El control del picudo negro y rayado en plantaciones bananeras depende del uso de insecticidas químicos (principalmente organofosforados, carbamatos y piretroides), que son considerados algunos de los productos más tóxicos para el ser humano y medio ambiente.

Existen varias medidas dentro de los programas de manejo integrado de plagas que podrían ser consideradas para el picudo negro y rayado; entre ellas, encontramos el uso de hongos entomopatógenos tales como: *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los cuales han mostrado una alta eficiencia como agentes de control biológico de estas y otras especies de insectos.

Reportes indican que el hongo *B. bassiana* puede causar la mortalidad de adultos del picudo negro, en porcentajes que oscilan entre 16,2% y 46,7% (Espinoza *et al.*, 2004; Armendáriz *et al.*, 2016); y de adultos del picudo rayado en condiciones de campo, invernadero y laboratorio en los siguientes porcentajes: 11,8%, 68,4% y 96,7% respectivamente (Mendoza *et al.*, 2013). Esta información indica que el hongo *B. bassiana* puede ser utilizado como una herramienta alternativa en el control del picudo negro y rayado, pero, muy poco se conoce sobre el uso de cepas comerciales y su capacidad de control realizando aplicaciones líquidas (solución) y sólidas (arroz esporulado) en las bananeras de la zona de Quevedo – Los Ríos.

Basado en lo anteriormente expuesto, la presente investigación busca evaluar la eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo

CAPÍTULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) son considerados los principales insectos – plagas que afectan el cultivo de banano y otras musáceas. El daño principal es causado por las larvas, que se alimentan del cormo y pseudotallo, formando galerías que impiden el correcto desarrollo de las plantas. El ataque del picudo negro ocasiona pérdidas de producción, que representan hasta el 42% de la cosecha; mientras que, para picudo rayado, se desconoce la magnitud de las pérdidas que causa, sin embargo, es considerado peligroso debido a que es vector de enfermedades.

Para el control del picudo negro y rayado se depende del uso de insecticidas químicos peligrosos (principalmente organofosforados, carbamatos y piretroides), que además de aumentar los costos de producción del cultivo, también afectan directamente a la salud del ser humano y contaminan al medio ambiente; asimismo, su uso intensivo genera resistencia de los insectos dificultando su control.

Es importante considerar que más del 20% de la producción bananera en el país es liderada por empresas exportadoras; y en donde en su gran mayoría cuentan con certificaciones internacionales de calidad que los obliga a reducir el uso de productos químicos con la finalidad de garantizar la salud de los productores y consumidores de banano. La restricción de ciertos insecticidas químicos utilizados en el control del picudo negro y rayado es preocupante debido a que las empresas bananeras no cuentan con otras medidas alternativas de control de estas especies, que sean menos tóxicas y actúen con la misma eficiencia que los insecticidas sintéticos.

Una alternativa eficiente y sostenible para el control de insectos plagas en el cultivo de banano es el uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Este hongo es capaz de infectar y causar la mortalidad de varias especies de insectos, entre ellas *C. sordidus* y *M. hemipterus*; sin embargo, se desconoce la eficacia del hongo aplicado en formulación líquida y sólida para el control de estas especies de picudos, por lo que es necesario considerar su evaluación.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál es el porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* y *M. hemipterus* por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de laboratorio y campo?

¿Cuál es la eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida para el control de *C. sordidus* y *M. hemipterus* en condiciones de laboratorio y campo?

¿Cuál es el tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida en individuos de *C. sordidus* y *M. hemipterus*?

¿Qué otras especies de picudos están asociados a las trampas de pseudotallo de banano?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* y *M. hemipterus* por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de laboratorio y campo.
- Verificar la eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida para el control de *C. sordidus* y *M. hemipterus* en condiciones de laboratorio y campo.
- Verificar el tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida en individuos de *C. sordidus* y *M. hemipterus*.
- Identificar el complejo de picudos asociados a las trampas de pseudotallo de banano previamente instaladas.

1.3. Justificación

El Ecuador es el principal exportador de banano en el mundo. La actividad bananera en el país constituye una de las principales fuentes de divisas, generando un valor aproximado de más de \$ 3,0 mil millones anuales; asimismo, es considerado una importante fuente de empleos, beneficiando directa o indirectamente a 3 millones de personas.

El cultivo de banano requiere de un manejo cuidadoso durante toda su cadena productiva, pero, en cada una de estas etapas los productores se enfrentan a una serie de problemas, entre los que se destacan la presencia de enfermedades e insectos – plagas, que son responsables directos de las pérdidas de productividad en el cultivo.

Entre los principales insectos plagas que afectan el cultivo de banano encontramos al picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), su control está basado en la aplicación de insecticidas extremadamente tóxicos para el ser humano y el agroecosistema, durante varias décadas estas especies de insectos fueron controlados con estos productos, pero en la actualidad, su eficiencia está siendo cuestionada debido a los niveles de resistencia detectados en poblaciones de picudos.

Con la finalidad de conservar los recursos naturales y promover el bienestar de los trabajadores y las comunidades aledañas al cultivo de banano es necesaria la búsqueda de medidas de control menos tóxicas, eficientes y que permita mantener los estándares de productividad y calidad del banano del país.

El uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* puede ser considerado como una alternativa eficiente para el control del picudo negro y rayado en las plantaciones de banano, su uso no afecta a la salud del ser humano ni contamina al medio ambiente; además, no existen registros de resistencia de estas especies de picudos a este hongo.

Varios estudios confirman la eficacia del hongo *B. bassiana* en el control de picudos del banano, sin embargo, el desconocimiento de metodologías de aplicación de este hongo impide su uso generalizado en las plantaciones de banano del país. Por estos motivos, son necesarios estudios que permitan reconocer el potencial de este hongo aplicado en forma

líquida y sólida para el control del picudo negro y rayado con la finalidad de fomentar su uso en las plantaciones de banano y disminuir el uso de los insecticidas químicos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Generalidades del banano

El banano es una hierba perenne de gran tamaño. Posee un tallo subterráneo, formado por entrenudos cortos de donde brotan raíces (tipo superficial) y yemas vegetales. Del tallo nace un pseudotallo aéreo, formado por las bases envolventes de las hojas (vainas foliares). Las hojas surgen del centro del pseudotallo, dispuestas en espiral y de forma enrollada (cuando se despliegan miden hasta 3,0 m de largo por 0,9 m de ancho). De la corona de hojas, nace una inflorescencia, que luego se abre y da paso a un ramillete de flores (color blanco). A partir de estas flores, se forman los frutos, que son alargados, sin semillas y de color amarillo cuando están maduros. La planta de banano tras fructificar muere, pero al final es sustituida por los retoños desarrollados en la base de su tallo (Torres, 2012).

2.1.2. Origen y distribución del banano

El origen exacto del banano no es completamente claro, se cree que tiene su origen en Asia Meridional, donde es conocido a partir del año 650 DC. Los Árabes introdujeron la fruta en África posiblemente en el año 1300 DC, de ahí fue llevada por navegantes portugueses a las Islas Canarias y al Nuevo Mundo cerca en el año 1500 DC, iniciándose a partir de ahí una serie de introducciones de este cultivo a nivel mundial (Escalante, 2011).

2.1.3. Clasificación taxonómica del banano

La clasificación taxonómica del banano es la siguiente (Benítez, 2017):

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Zingiberales
- **Familia:** Musaceae
- **Género:** *Musa*
- **Especie:** *acuminata*

2.1.4. Importancia del banano

El banano es el cuarto cultivo alimentario más importante en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz. El banano es cultivado en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental en la economía de muchos países. El banano es un alimento básico, que contribuye directamente a la seguridad alimentaria de millones de personas; asimismo, un producto de exportación, que dada su comercialización genera divisas y numerosas plazas de trabajo (Arias *et al.*, 2004).

2.1.5. El banano en el mundo

El banano es la fruta tropical más cultivada en el mundo. En el año 2017, la superficie cultivada de banano era de 5'637.508 hectáreas, las cuales generaron una producción de 113'918.763 toneladas de fruta. La mayor cantidad de bananos se registró en el Continente Asiático, el cual aportó con el 54,2% de la producción mundial, seguido de, América con el 26,3%, África con el 17,6%, Oceanía con el 1,5% y Europa con el 0,4% (FAO, 2019).

En cuanto a las exportaciones mundiales de bananos, se estima que estas totalizaron \$ 13,6 mil millones en el año 2018. La principal región exportadora de bananos fue América Latina y el Caribe, la cual representó el 58,7% de los envíos mundiales, en segundo lugar se ubicó Europa con el 19,0% y en tercer lugar Asia con el 13,3%. Ocupando los últimos lugares, América del Norte exportó el 5,2%, África el 3,9% y Oceanía el 0,002% (Workman, 2020).

Por último, en lo que respecta a las importaciones mundiales de bananos; en el año 2018, estas totalizaron un valor estimado de \$ 15,6 mil millones. La mayor demanda de bananos se registró en el Continente Europeo, el cual abarcó el 56,3% de las importaciones mundiales, seguido de, América del Norte con el 20,8%, Asia con el 19,1%, América Latina y el Caribe con el 2,3%, África con el 1,0% y Oceanía con el 0,4% (Workman, 2020).

2.1.5.1. Principales países productores de banano

Más del 70% del total de bananos en el mundo provienen de 10 países. En el año 2017, el principal país productor de bananos fue India, el cual aportó con el 26,9% de la producción

mundial, seguido de, China con el 9,8%, Indonesia con el 6,3%, Brasil con el 5,8%, Ecuador con el 5,5%, Filipinas con el 5,3%, Angola con el 3,8%, Guatemala con el 3,4%, Colombia con el 3,2% y República Unida de Tanzania con el 3,0% (FAO, 2019).

2.1.5.2. Principales países exportadores de banano

En el año 2018, las exportaciones mundiales de bananos fueron lideradas principalmente por 10 países. El principal país exportador de bananos fue Ecuador, el cual representó el 23,7% de los envíos mundiales, y le siguieron en importancia, Filipinas con el 11,1%, Guatemala con el 10,8%, Costa Rica con el 7,6%, Bélgica con el 7,0%, Colombia con el 6,4%, Países Bajos con el 5,0%, Estados Unidos con el 3,3%, República Dominicana con el 2,7% y Honduras con el 2,3% (Workman, 2020).

2.1.5.3. Principales países importadores de banano

En el año 2018, la mayor parte de las importaciones mundiales de bananos se concentró en 10 países. El principal país importador de bananos fue Estados Unidos, el cual abarcó el 18,1% de las importaciones mundiales, y le siguieron en importancia, Bélgica con el 8,6%, Rusia con el 7,4%, Países Bajos con el 6,2%, Alemania con el 6,1%, Japón con el 5,9%, China con el 5,7%, Reino Unido con el 4,9%, Francia con el 4,0% e Italia con el 3,6% (Workman, 2020).

2.1.6. El banano en el Ecuador

El Ecuador es el principal exportador de bananos en el mundo, destacándose por la calidad de su fruta. El banano es el segundo producto de exportación más importante en la economía del país (Vásquez, 2017); en el año 2018, las exportaciones de bananos totalizaron un valor estimado de \$ 3,2 mil millones (Workman, 2020). Los ingresos económicos generados por la actividad bananera representan el 3,84% del PIB total, el 50,0% del PIB agrícola y el 20,0% de las exportaciones privadas; en el país (Cedeño, 2017).

La actividad bananera, incluyendo todo el proceso de producción, comercialización y exportación; constituye una importante fuente de generación de trabajos en el país,

empleando a una cifra estimada de 3 millones de personas, que equivalen aproximadamente al 17% de la población actual (Cedeño, 2017).

En el año 2018, la superficie cosechada de bananos en el país era de 161.583 hectáreas, las cuales generaron una producción estimada de 6,5 millones de toneladas de fruta. La mayor producción de bananos se originó en la provincia de Los Ríos, la cual aportó con 38,5% de la producción nacional, y le siguieron en importancia, El Oro con 24,6%, Guayas con 23,1%; y otro grupo de provincias, que con menos del 3,0% individual, aportaron con 13,8% (Cuichán *et al.*, 2019).

2.1.7. Problemas fitosanitarios del banano

El cultivo de banano constantemente se ve amenazado por distintos problemas fitosanitarios causados por enfermedades e insectos – plagas, cuya incidencia y grado de afectación van a depender siempre de las condiciones ambientales y del manejo que se le aplique al cultivo (DANE, 2016).

Las enfermedades del banano son diversas; algunas de estas representan una seria amenaza potencial, limitando el desarrollo y rendimiento del cultivo. Las enfermedades de mayor daño son: sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musícola*), moko bacteriano (*Ralstonia solanacearum*), mal de panamá (*Fusarium oxysporum*), entre otras (DANE, 2016).

En el cultivo de banano también es posible encontrar varios insectos plagas, entre los que se destacan el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), los cuales son considerados los más dañinos en el ámbito económico y productivo (DANE, 2016).

2.1.8. Picudo negro del banano

El picudo negro (*C. sordidus*) es reconocido como la plaga más limitante del cultivo del banano a nivel mundial (Carballo, 2001). Es un insecto que ocasiona numerosos daños en las plantas, interfiriendo de manera negativa en todos sus procesos fisiológicos. El ataque

del picudo negro ocasiona pérdidas de producción, que representan hasta el 42% de la cosecha en el cultivo (Armendáriz *et al.*, 2016).

2.1.8.1. Origen y distribución del picudo negro

El origen del picudo negro se remonta en el Sureste Asiático; probablemente de la región Indo – Malasia que comprende Malasia, Java y Borneo (Navas, 2011). Actualmente se encuentra distribuido en todas las zonas productoras de banano y plátano, en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Vélez, 2011).

2.1.8.2. Clasificación taxonómica del picudo negro

La clasificación taxonómica del picudo negro es la siguiente (Alonso y Lyal, 2019):

- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Coleoptera
- **Superfamilia:** Curculionoidea
- **Familia:** Dryophthoridae
- **Género:** *Cosmopolites*
- **Especie:** *sordidus*

2.1.8.3. Ciclo de vida del picudo negro

El picudo negro es un insecto de metamorfosis completa y cumple con las siguientes fases: huevo, larva, pupa y adulto (Navas, 2011).

Las hembras del picudo negro colocan sus huevos individualmente, en hoyos excavados con el rostro. La mayoría de los huevos se colocan entre las vainas foliares y en la superficie del rizoma. Los huevos eclosionan dentro de 5 – 8 días. Tras la eclosión de los huevos, surgen las larvas, que forman galerías mientras se alimentan. Las larvas pasan de 5 – 8 estadios, en cada uno de ellos crecen y mudan hasta completar su desarrollo, este estado dura de 3 – 7 semanas. Después del último estadio larval, se forma la pupa, aquí el insecto permanece de

6 – 12 días. Tras el estado de pupa, surge el insecto ya adulto, este vive libremente un periodo de 1 – 4 años (Sandoval, 2015).

La velocidad de desarrollo del picudo negro depende de las condiciones climáticas del medio en donde se encuentre. Bajo condiciones tropicales, el período de tiempo que le toma a un huevo convertirse en un picudo adulto, es de 5 – 7 semanas (Sandoval, 2015).

2.1.8.4. Morfología del picudo negro

El picudo negro, en estado adulto, es un escarabajo de cuerpo ovalado y de color negro brillante, este mide de 1,0 a 1,5 cm de longitud. La cabeza es pequeña, compacta, y está provista de un pico pronunciado (rostro) y antenas de tipo clavadas – acodadas. El tórax es ovalado y alargado; y presenta una superficie glabra y porosa. Los élitros son curvados; y tienen una superficie que exhibe estrías verticales y poros alineados. Las alas posteriores son hialinas, membranosas y de venación sencilla; aún con ellas, el insecto no vuela. El abdomen es fragmentado; y tiene poros notorios sobre la superficie. Las patas son largas y finas; pero fuertes, estas le permiten al insecto, además de caminar también trepar (Vallejo *et al.*, 2007).

El huevo es de color blanco a ligeramente amarillo, tiene forma oval – alargada y mide de 2,0 a 2,5 mm de longitud (Navas, 2011).

La larva es de cuerpo grueso en forma de “C” y ápodas; esta mide de 1,0 a 1,5 cm de longitud. La cabeza es de color ámbar; se encuentra fuertemente esclerotizada y está provista de poderosas mandíbulas de color café. El tórax y el abdomen son de color blanco – cremoso; y tiene una superficie que exhibe escasas sedas, cortas y gruesas (Vallejo *et al.*, 2007).

La pupa es de color blanco – cremoso, tiene forma oval y mide de 1,2 a 1,5 cm de longitud. En este estado se puede observar la estructura del insecto adulto: pico, patas, antenas y alas muy prominentes (Amado, 2017).

2.1.8.5. Daños ocasionados por el picudo negro

El picudo negro es atraído por las sustancias volátiles liberadas por plantas de bananos cortadas o dañadas. El daño principal es causado por las larvas, que se alimentan del cormo

y pseudotallo, formando galerías que impiden el correcto desarrollo de las plantas; lo que a su vez, reduce la producción y la vida útil de la plantación (Gold y Messiaen, 2000).

El picudo negro puede atacar en cualquier estado de desarrollo de la planta. En estado temprano, el insecto genera problemas como: dificultad de la planta durante el proceso de iniciación de las raíces, retraso o pérdida de la emergencia de las plantas, obstrucción del paso de los nutrientes, amarillamiento de las hojas, enanismo de las plantas, entre otros. En plantaciones ya establecidas, los problemas que destacan son: muerte de las raíces, obstrucción del paso de los nutrientes, pudrición del corno o pseudotallo, amarillamiento o secamiento de las hojas, retraso de la floración, reducción del peso de los racimos y reducción del vigor o caída de las plantas (Gold y Messiaen, 2000; Armendáriz *et al.*, 2014).

Las galerías realizadas por el picudo negro, también son puertas de entrada para ciertos microorganismos patógenos como: *Fusarium oxysporum*, *Ralstonia solanacearum*, *Mycosphaerella fijiensis*, *Mycosphaerella musicola*, *Erwinia sp.*, *Colletotrichum sp.*, etc., que contribuyen al incremento de los daños de producción (Navas, 2011).

2.1.9. Picudo rayado del banano

El picudo rayado (*M. hemipterus*) es reconocido como una plaga secundaria del cultivo de banano (Vergara, 2015). Sus daños son considerados de menor importancia, con respecto a los del picudo negro (Marmolejo *et al.*, 2008). Cobra importancia económica al ser transmisor de la enfermedad conocida como “pudrición acuosa del pseudotallo” causada por la bacteria *Erwinia chrysanthemi* (Dender, 2018).

2.1.9.1. Origen y distribución del picudo rayado

No se conoce con exactitud el origen del picudo rayado, sin embargo, este ha sido reportado en lugares como: Ecuador, Argentina, Bolivia, Brasil, Uruguay, Guyana, Venezuela, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Estados Unidos, Surinam, Trinidad, India, África y Antillas; teniendo de hospedero principalmente a los cultivos de: banano, plátano, caña de azúcar, palma de aceite y palma de coco. También existen reportes en: maíz, caña guadua y diversos pastos; y también en las palmas *Asterogyne sp.*, *Astrocaryum sp.*, *Borassus sp.*, *Chamaedorea sp.*, *Hyophrobe werschaffeltii*, *Iriarte*

ventricosa, *Jesseria bataua*, *Phoenix canariensis*, *Ravenia rivularis*, *Rystonia regia* y *Washingtonia robusta* (Sepúlveda y Rubio, 2009).

2.1.9.2. Clasificación taxonómica del picudo rayado

La clasificación taxonómica del picudo rayado es la siguiente (Alonso y Lyal, 2019):

- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Coleoptera
- **Superfamilia:** Curculionoidea
- **Familia:** Dryophthoridae
- **Género:** *Metamasius*
- **Especie:** *hemipterus*

2.1.9.3. Ciclo de vida del picudo rayado

El ciclo de vida del picudo rayado está constituido por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto (Quisbert, 2015).

Las hembras del picudo rayado colocan sus huevos en los tejidos en descomposición o en heridas ocasionadas por el hombre u otros insectos (Dender, 2018). Los huevos eclosionan dentro de 7 – 10 días. Tras la eclosión de los huevos, aparecen las larvas; estas cumplen de 7 – 9 estadios de desarrollo, en un tiempo de 50 – 60 días. Posterior al último estadio de larva, se forma la pupa (envuelta en un capullo de fibra hecho por la larva), aquí el insecto permanece de 2 – 4 semanas (Alarcón y Jiménez, 2012). Del estado de pupa, aparece el insecto adulto, este vive un periodo de 60 – 90 días. En promedio, el ciclo para una generación completa, es de 70 – 95 días (Vergara, 2015).

2.1.9.4. Morfología del picudo rayado

El picudo rayado, en fase adulta, es un cucarrón de cuerpo ovalado, este mide de 1,5 a 2,0 cm de longitud. La cabeza es de color amarillo – rojizo; de tipo compacta, y está provista de

un pico pronunciado y antenas geniculadas. El tórax es de color amarillo – rojizo, presenta tres rayas negras: una central que lo atraviesa, y dos paralelas a los lados de esta; y tiene una superficie lisa en los extremos y con poros suaves en el centro. Los élitros son de color negro, presentan manchas amarillas – rojizas de manera variable; y tienen una superficie que exhibe estrías y pequeños poros alineados. Bajo los élitros se muestran las alas posteriores, estas son hialinas y membranosas; a diferencia del picudo negro, estas si le permiten al insecto volar. El abdomen es de color amarillo – rojizo, muestra manchas negras de forma salteada; y tiene una superficie lisa en los extremos y con poros diminutos en el medio. Las patas son de color amarillas – rojizas, presentan manchas negras en las articulaciones; son finas y sencillas, estas le permiten al insecto, además de caminar también trepar (Duque, 2012).

El huevo es de color blanco – cremoso, tiene forma oval – alargada y mide de 2,0 a 2,5 mm de longitud (Vergara, 2015)

La larva es de cuerpo hinchado en forma de “C” y ápora; esta mide de 1,5 a 2,0 cm de longitud. La cabeza es de color ámbar; se encuentra fuertemente esclerotizada y está armada de potentes mandíbulas de color café. El tórax y el abdomen son de color blanco – cremoso; y tiene una superficie que muestra abundantes sedas, cortas y gruesas (Vergara, 2015).

La pupa es típicamente exarata; esta mide de 11,0 a 14,0 mm de longitud. Cuando recién se forma es de color blanquecino pero próxima a la eclosión del adulto se observa un cambio al bruno amarillento. La pupa se envuelve en un capullo grueso que la larva fábrica con fibras de pseudotallo de la planta hospedera. (Vergara, 2015).

2.1.9.5. Daños del picudo rayado del banano

El picudo rayado es atraído por la fermentación de cortes o heridas en las plantas de banano (Vergara, 2015). El daño principal es ocasionado por las larvas, las cuales se alimentan del pseudotallo, dejando perforaciones que impiden el correcto desarrollo de las plantas; lo que a su vez, reduce la producción en la plantación (Alarcón y Jiménez, 2012).

El ataque de los picudos rayados provoca: pudrición del pseudotallo, amarillamiento de las hojas, problemas nutricionales en las plantas, retraso de la floración, afectaciones en el racimo y debilitamiento o hasta caída de las plantas (Alarcón y Jiménez, 2012).

El picudo rayado, además, es transmisor de la enfermedad denominada “pudrición acuosa del pseudotallo”, causada por la bacteria *Erwinia chrysanthemi* (Dender, 2018). La pudrición acuosa del pseudotallo, es una enfermedad de gran importancia económica, se encuentra distribuida en todas las regiones donde se cultivan musáceas (Alarcón y Jiménez, 2012). Los daños ocasionados por este patógeno pueden llegar a representar pérdidas hasta del 100% (Álvarez *et al.*, 2013).

2.1.10. Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que producen enfermedades en varias especies de artrópodos, causándoles la muerte (Motta y Ordoñez, 2011). En el mundo se conocen alrededor de 750 especies de hongos entomopatógenos distribuidas en casi 100 géneros; no obstante, el aislamiento de nuevas especies continúa (Téllez *et al.*, 2009). Los géneros de los hongos entomopatógenos más importantes son: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Aschersonia*, *Hymenostilbe*, *Hirsutella*, *Fusarium*, *Akanthomyces*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Langenidium*, *Paecilomyces*, *Lecanicillium* y *Verticillium* (García *et al.*, 2008).

Los hongos entomopatógenos presentan numerosas ventajas, entre las más importantes destacan: son específicos al atacar, brindan seguridad para la salud humana, son inocuos para los insectos benéficos, no contaminan el ambiente, tienen capacidad de dispersión natural, se adaptan a diferentes ambientes, pueden producirse en grandes volúmenes, no desarrollan resistencia, no dejan residuos en los alimentos, etc. De la misma manera, muestra ciertas desventajas, entre estas tenemos: son sensibles a las altas temperaturas, su efecto depende del contacto con el artrópodo, son de acción lenta, y entre otras más (García *et al.*, 2008).

Por la eficacia que tienen y las ventajas que brindan, los hongos entomopatógenos constituyen una alternativa eficiente en el manejo integrado de plagas (García *et al.*, 2008). Los hongos entomopatógenos son utilizados como insecticidas biológicos que regulan de forma natural las poblaciones de los artrópodos; el uso de estos microorganismos suprime la acción de los tratamientos químicos (Estrada, 2019). Las especies de los hongos entomopatógenos más utilizados en el manejo integrado de plagas son: *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*; que tienen un amplio rango de hospederos (Gutiérrez *et al.*, 2018).

2.1.10.1. *Beauveria bassiana*

B. bassiana es un hongo entomopatógeno que parasita diversas especies de artrópodos, provocándoles la muerte (Castillo *et al.*, 2012). Se encuentra de forma natural en los suelos y hasta en los mismos artrópodos que parasitan (Echeverría, 2006). Es un parásito facultativo, esto es que puede crecer tanto en sus hospedantes como sobre medios artificiales (Castillo *et al.*, 2012). Sus condiciones de crecimiento son: temperatura de 25 a 30 °C, humedad de 94% y pH de 5,7 a 5,9 (Noboa y Quelal, 2015).

B. bassiana, es uno de los microorganismos más utilizados como agentes de control biológico de artrópodos – plagas; debido a su especificidad y amplio rango de hospederos (Peteira *et al.*, 2011). Se ha reportado atacando a más de 200 especies de insectos de distintos órdenes, incluyendo plagas de importancia agrícola y humana (De la Cruz, 2016; Echeverría, 2006). El potencial de este microorganismo en el control biológico de artrópodos, permite su inclusión en programas de manejo integrado de plagas (Peteira *et al.*, 2011).

a) Clasificación taxonomía de *Beauveria bassiana*

La clasificación taxonómica del hongo entomopatógeno *B. bassiana* es la siguiente (De la Cruz, 2016):

- **Reino:** Fungi
- **División:** Ascomicota
- **Clase:** Sordariomycetes
- **Orden:** Hypocreales
- **Familia:** Clavicipitaceae
- **Género:** *Beauveria*
- **Especie:** *bassiana*

b) Morfología de *Beauveria bassiana*

El hongo *B. bassiana*, está provisto de hifas septadas que miden de 2,5 a 25,0 µm de diámetro. De las hifas, se forman los conidióforos, que tienen forma de botella y miden de 1,0 a 2,0 µm de diámetro y hasta 20,0 µm de largo; estos pueden encontrarse irregularmente

agrupados o en grupos verticilados. Sobre los conidióforos, se desarrollan las conidias, estas son hialinas, lisas, de forma esférica (miden de 1,0 a 3,0 μm de diámetro) u oval (miden de 1,5 a 5,5 x 1,0 a 3,0 μm de diámetro); y tienen esterigmas alternados en zigzag en la parte del raquis (Echeverría, 2006; Noboa y Quelal, 2015).

En efecto, las estructuras antes mencionadas, macroscópicamente se observan como un polvo de color blanco – cremoso, en artrópodos hospederos y cultivos de laboratorio; en este último, cuando el hongo tiene mucho tiempo, toma una coloración amarillenta en el reverso de las placas (Noboa y Quelal, 2015).

c) Mecanismo de acción de *Beauveria bassiana*

El desarrollo de *B. bassiana* sobre insectos se divide en varias etapas, estas son:

- Adhesión de la conidia a la cutícula del hospedero. - Consiste en la fijación de las conidias del hongo en el cuerpo del hospedero. En el fenómeno intervienen propiedades fisicoquímicas de las superficies en contacto (cutícula del hospedero – esporas del hongo) (Berretta, 2001; Noboa y Quelal, 2015).
- Germinación de la conidia en la cutícula del hospedero. - Es un proceso mediante el cual una conidia emite uno o varios tubos germinativos, que al crecer y alargarse dan origen a las hifas. La germinación de las conidias depende de los nutrientes que le pueda brindar el hospedero y de las condiciones ambientales que presente el entorno (Echeverría, 2006; Noboa y Quelal, 2015).
- Penetración de las hifas en el hemocele del hospedero. - Consiste en la penetración de las hifas del hongo en el interior del hospedero. En el proceso interviene la acción de dos mecanismos: uno físico que consiste en la presión ejercida por el tubo germinativo del hongo sobre el integumento del hospedero y otro químico que consiste en la acción enzimática (principalmente de actividades hidrolíticas como: proteasas, lipasas y quitinasas) que degrada la misma zona donde actúa el mecanismo físico; la acción conjunta de ambos mecanismos perfora el integumento del hospedero, lo que permite la entrada del hongo en el hemocele de este (Berretta, 2001; Echeverría, 2006; Noboa y Quelal, 2015).

- Producción de metabolitos tóxicos. - Antes de ingresar al hemocele, el hongo debe enfrentar la acción de los mecanismos de defensa que presente el hospedero. El hongo libera diferentes tipos de toxinas, unas que inhiben la acción de los mecanismos de defensa que tiene el hospedero y otras que coadyuvan en su muerte. Así el papel de las toxinas entomopatógenos es de particular importancia en el proceso de infección. Las toxinas aisladas de *B. bassiana* son: beauvericina, beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassianina (Noboa y Quelal, 2015).
- Muerte del hospedero. - La muerte del hospedero sobreviene por una combinación de efectos que comprenden el daño físico de tejidos, toxicosis, deshidratación de las células por pérdida de fluido y consumo de nutrientes. Una vez muerto el hospedero, el hongo prolifera formando cuerpos hifales secundarios denominados blastosporas que se diseminan a través del hemocele del hospedero. El hongo invade diversas estructuras del hospedante, como: tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias, hemocitos, retículo endoplásmico, membrana nuclear, y entre otras más; y se aprovecha de sus nutrientes (Berretta, 2001; Echeverría, 2006).
- Crecimiento y reproducción del hongo. - Al agotarse los nutrientes, las blastosporas del hongo retoman su crecimiento y terminan de invadir el interior del hospedero. Finalmente, cuando las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas, las hifas del hongo penetran la cutícula del hospedero desde el interior y emergen a la superficie, e inician la formación de esporas; las esporas son fuentes de inóculo para la infección de otros hospederos, estas pueden adherirse o pasar de un hospedero a otro por dispersión (Berretta, 2001).

d) Efectos de *B. bassiana* en picudo negro y rayado

Estudios realizados muestran la eficiencia de control del hongo *B. bassiana* sobre las especies de *C. sordidus* y *M. hemipterus* en el cultivo de banano.

En ensayos de laboratorio y campo, realizados por Contreras (1996), se evaluaron cinco aislamientos del hongo *B. bassiana* en formulación líquida; en ese trabajo fue posible evidenciar que, tres de las cepas del hongo evaluadas en laboratorio causaron más del 90,0%

de mortalidad de insectos de *C. sordidus*, las otras dos mostraron porcentajes de mortalidad de 87,5 y 65,0%; mientras que, en el ensayo de campo se alcanzaron promedios de mortalidad hasta del 74,8% mediante la aplicación del hongo en formulación líquida colocado en trampas de pseudotallo de donde se capturaron los insectos, y del 62,4% aplicando el hongo en formulación sólida (esporulado en arroz).

Para el control de picudo rayado también existen estudios que demuestran la eficiencia de *B. bassiana* en condiciones de laboratorio, invernadero y campo. En condiciones de laboratorio, el hongo aplicado directamente sobre los insectos en formulación líquida permite porcentajes de mortalidad hasta del 96,7%; en condiciones de invernadero, y utilizando el hongo esporulado en arroz mezclado con caña de azúcar machacada, mostró promedios de mortalidad de 68,4%; finalmente, en un estudio de campo, se evidenció promedios de 17,4%, utilizando trampas plásticas cebadas con caña de azúcar y tratadas con el hongo en formulación líquida (Mendoza *et al.*, 2013). Resultados que demuestran la eficiencia de control del hongo en diferentes condiciones de manejo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Los experimentos de laboratorio de la presente investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de microbiología del Campus “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km. 7 vía Quevedo – El Empalme; las coordenadas geográficas son 1° 04' 49.2 " S, 79° 30' 05.3" W, a una altura de 75 msnm.

Los experimentos de campo se realizaron en la Hacienda Oasis 2, propiedad de la empresa Reybanpac, ubicada en la Parroquia La Esperanza, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos; entre las coordenadas geográficas 0° 58' 21.1" S, 79° 22' 45.5" W, a una altura de 100 msnm.

Las condiciones climáticas; en la zona en donde se realizó el ensayo de campo, presentó las siguientes características (Tabla 1):

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio.

Parámetros	Características
Temperatura	26 °C
Precipitación	2221 mm
Heliofanía	894 horas
Humedad relativa	78%

Fuente: Estación meteorológica, empresa Reybanpac.

3.2. Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo experimental, en condiciones de campo y laboratorio. Se aplicó el hongo *Beauveria bassiana* en formulación líquida y sólida con la finalidad de evaluar su eficacia en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en el cultivo de banano.

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método deductivo, apoyándose de premisas obtenidas a través de estudios realizados anteriormente en donde se indica el potencial del hongo *B. bassiana* como agente

de control biológico del picudo negro (*C. sordidus*) y del picudo rayado (*M. hemipterus*) en el cultivo de banano. Se usó el método inductivo para delimitar las variables que permitan el cumplimiento de los objetivos establecidos; además también se usó el método de observación, para medir las variables de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Para la investigación, se recopiló información de fuentes primarias, mediante la observación directa de las variables delimitadas; y de fuentes secundarias, a través de información extraída de libros, revistas, boletines, artículos científicos, tesis de grado y sitios de internet.

3.5. Diseño de la investigación

Para el ensayo de laboratorio se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y 25 repeticiones para cada especie de insecto (*Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus*). El esquema del análisis de varianza se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ensayo de laboratorio).

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	2
Error experimental	72
Total	74

Para el ensayo de campo se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos fueron aplicados en trampas de pseudotallo de banano. Por cada tratamiento se tomó 20 individuos de cada especie (*C. sordidus* y *M. hemipterus*) al azar. El esquema del análisis de varianza se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ensayo de campo).

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	5
Tratamientos	2
Error experimental	10
Total	17

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Factores en estudio

Se evaluó la eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo.

3.6.2. Tratamientos evaluados

En condiciones de laboratorio:

- T1** Aplicación de *B. bassiana* (formulación sólida) en especímenes de *C. sordidus* y *M. hemipterus*.
- T2** Aplicación de *B. bassiana* (formulación líquida) en especímenes de *C. sordidus* y *M. hemipterus*.
- T3** Aplicación de agua destilada en especímenes de *C. sordidus* y *M. hemipterus* (testigo).

En condiciones de campo:

- T1** Aplicación de *B. bassiana* (formulación sólida) en trampas de pseudotallo de banano.
- T2** Aplicación de *B. bassiana* (formulación líquida) en trampas de pseudotallo de banano.
- T3** Trampas de pseudotallo de banano sin tratar (testigo).

3.6.3. Descripción de los tratamientos

En condiciones de laboratorio:

a) Tratamiento 1 (T1)

El tratamiento 1 (T1), consistió en la aplicación de 20 gramos del hongo *B. bassiana* (formulación sólida) con 100 g de corno y 200 g de pseudotallo de banano previamente

desinfectados, en recipientes plásticos de cuatro litros de capacidad, en donde posteriormente se colocó los insectos, picudos negro o rayado agrupados en recipientes independientes.

b) Tratamiento 2 (T2)

El tratamiento 2 (T2), consistió en la aplicación líquida (formulación líquida) del hongo *B. bassiana* en picudos negro o rayado a través de una solución compuesta por 95 ml de agua destilada y 5 ml del hongo.

c) Tratamiento 3 (T3)

El tratamiento 3 (T3), consistió en sumergir grupos de picudos negro o rayado en agua destilada.

En condiciones de campo:

a) Tratamiento 1 (T1)

El tratamiento 1 (T1), consistió en la aplicación de 20 gramos del hongo *B. bassiana* (formulación sólida), en trampas de pseudotallo de banano tipo sándwich previamente elaboradas.

b) Tratamiento 2 (T2)

El tratamiento 2 (T2), consistió en la aplicación del hongo *B. bassiana* (formulación líquida), en trampas de pseudotallo de banano tipo sándwich previamente elaboradas; las trampas fueron pulverizadas con una solución compuesta por 95 ml de agua destilada y 5 ml del hongo.

c) Tratamiento 3 (T3)

El tratamiento 3 (T3), consistió en elaborar trampas de pseudotallo de banano tipo sándwich y mantenerlas sin ningún tratamiento (tratamiento testigo).

3.6.4. Manejo del experimento

3.6.4.1. Ensayo de laboratorio

a) Elaboración de trampas de pseudotallo de banano para la captura de insectos de picudo negro y rayado

Previo al ensayo de laboratorio, se elaboraron 20 trampas de pseudotallo de banano tipos sándwich libres de insecticidas químicos o biológicos, ubicadas aleatoriamente en la plantación de banano; para la captura de suficientes insectos de picudo negro y rayado, necesarios para la ejecución del ensayo. Las trampas tipos sándwich fueron elaboradas siguiendo la metodología de Espinoza *et al.*, (2019), quienes utilizaron secciones de pseudotallo de plantas cosechadas que posteriormente las dividieron en dos porciones, asemejando a la forma de un sándwich.

b) Captura de insectos de picudo negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano

Dos días posteriores a la instalación de las trampas de pseudotallo de banano, se realizó la respectiva captura de los insectos de picudo negro y rayado que fueron encontrados en las trampas. Los insectos colectados fueron almacenados en tarrinas plásticas y mantenidos con 25 g de cormo y 50 g de pseudotallo de banano, por un periodo de 15 días con la finalidad de evitar el uso de insectos contaminados por insecticidas químicos o biológicos.

c) Desinfección de insectos de picudo negro y rayado

Los insectos de picudo negro y rayado que serían usados en el ensayo en condiciones de laboratorio fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% durante un periodo de 30 segundos, posteriormente se les realizó tres enjuagues con agua destilada estéril y finalmente se los seco con papel absorbente. Los insectos que se mantuvieron activos después del procedimiento de desinfección fueron tratados con el hongo *B. bassiana* en formulación sólida, líquida o agua destilada según corresponda. Se utilizaron 25 picudos negro y 25 rayado por cada tratamiento.

d) Aplicación sólida del hongo *B. bassiana* en especímenes de picudo negro y rayado

Para la inoculación del hongo usando la formulación sólida de *B. bassiana*, se utilizó diez recipientes plásticos de cuatro litros de capacidad previamente modificados con aberturas laterales para permitir el ingreso de oxígeno en el interior; posteriormente las aberturas fueron cubiertas con tela organza para evitar que los picudos escapen. Dentro de los recipientes se aplicaron 20 gramos del hongo mezclados con 100 g de cormo y 200 g de pseudotallo de banano previamente desinfectados.

Los insectos seleccionados (25 picudos negro y 25 rayado), se colocaron en grupos de cinco en cada uno de los recipientes plásticos. Los insectos permanecieron dentro de los recipientes plásticos por diez días, posterior a este tiempo, los insectos fueron reubicados en tarrinas plásticas y mantenidos con 25 g de cormo y 50 g pseudotallo de banano previamente desinfectados, libre de residuos de insecticidas químicos o biológicos.

e) Aplicación líquida del hongo *B. bassiana* en especímenes de picudo negro y rayado

La inoculación del hongo *B. bassiana* (formulación líquida), se realizó utilizando la metodología propuesta por Mendoza *et al.*, (2013). Los insectos seleccionados (25 picudos negro y 25 rayado) fueron sumergidos en una solución de 95 ml de agua y 5 ml del hongo, durante un periodo de 30 segundos. Los insectos inoculados fueron colocados en tarrinas plásticas con 25 g de cormo y 50 g pseudotallo de banano para su alimentación. El material vegetal ofrecido como alimento fue previamente desinfectado, libre de residuos de insecticidas químicos o biológicos.

f) Verificación de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado tratados con el hongo *B. bassiana* en formulación sólida y líquida

Los insectos inoculados con la formulación sólida y líquida de *B. bassiana*, y que alcanzaron la mortalidad durante los 40 días posteriores a la inoculación se los ubicó en cajas Petri. Las cajas Petri fueron acondicionadas con tela gasa y humedecida con 1 ml de agua destilada; cada insecto muerto se colocó de forma independiente en una caja Petri sellada con parafilm. Las cajas Petri que contenían los insectos muertos fueron colocadas en una incubadora marca Memmert BE600 a una temperatura de 25 °C, con la finalidad de evidenciar el crecimiento

de hongos en los insectos. Diariamente se procedió a revisar las cajas Petri con los insectos inoculados con el hongo *B. bassiana*; los insectos que presentaban evidencias de estar infectados por *B. bassiana*, fueron retirados de la incubadora para posteriormente proceder a la identificación a través del uso de claves taxonómicas.

3.6.4.2. Ensayo de campo

a) Elaboración y tratamiento de trampas de pseudotallo de banano para la captura de especímenes de picudo negro y rayado

Se elaboraron ocho trampas de pseudotallo de banano tipo sándwich para cada tratamiento en estudio. Las trampas fueron tratadas con el hongo *B. bassiana* en formulación sólida, líquida o sin ninguna aplicación (tratamiento testigo). Cada trampa fue dispuesta geográficamente en la plantación de banano utilizando la aplicación Avenza Maps, con el objeto de reconocer su ubicación exacta.

b) Captura de especímenes de picudo negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano establecidas en campo

A los dos, cinco, siete y diez días posteriores a la instalación de las trampas de pseudotallo de banano con los tratamientos en estudio; se procedió a capturar, contabilizar e identificar el complejo de picudos que fueron atraídas en cada trampa. Una vez registrado el número de insectos de picudo negro y rayado, se seleccionó 20 insectos de cada especie por cada tratamiento. Los insectos seleccionados fueron colocados en grupos de cinco y acondicionados en tarrinas plásticas con 25 g de cormo y 50 g de pseudotallo de banano previamente desinfectado. Los insectos que no fueron seleccionados se colocaron en recipientes con alcohol al 70%.

c) Verificación de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado capturados en trampas de pseudotallo de banano establecidas en campo

Diariamente se revisaron las tarrinas plásticas que contenían los insectos de picudo negro y rayado que provenían de los diferentes tratamientos de campo, con la finalidad de observar su mortalidad. Insectos que alcanzaron la mortalidad durante los 40 días posteriores a su

captura fueron colocados en nuevas tarrinas plásticas. Las tarrinas fueron previamente acondicionadas con papel de cocina humedecido, con el objeto de proporcionar un ambiente adecuado para el crecimiento de hongos en el cuerpo del insecto. Los insectos que mostraron indicios de estar infectados por algún hongo fueron verificados; el hongo fue identificado a través del uso de claves taxonómicas, de esta forma se verificó la presencia de *B. bassiana* en los insectos capturados para cada tratamiento.

d) Manejo agronómico de la plantación de banano

El manejo agronómico de la plantación de banano fue mantenida de la forma habitual realizada en la empresa (Control de malezas, fertilización, deshoje, deshije, etc.), con la excepción de que no se usaban insecticidas durante todo el tiempo que duró la investigación.

3.6.5. Registro de datos y formas de evaluación

3.6.5.1. Identificación del complejo de picudos asociados a las trampas de pseudotallo de banano

El complejo de picudos atraídos por las trampas de pseudotallo de banano previamente instaladas, fueron identificados. La identificación de las especies se realizó mediante la observación directa de las características morfológicas del insecto, a través del estéreo – microscopio Boeco BS 80; se utilizó las claves taxonómicas de identificación propuestas por Sepúlveda y Rubio (2009). Imágenes de los especímenes fueron capturadas utilizando el microscopio digital con cámara acoplada Dinoxcope.

3.6.5.2. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de laboratorio y campo

El porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado fue evaluado en condiciones de laboratorio y campo; para ello se contabilizó el número de insectos muertos por acción de cada uno de los tratamientos y se calculó el porcentaje de mortalidad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% Mort = \frac{\# ins mrt \times 100}{\# tl ins}$$

Donde:

- **% Mort:** Porcentaje de mortalidad.
- **# ins mrt:** Número de insectos muertos por acción de los tratamientos.
- **# tl ins:** Número total de insectos utilizados en el ensayo.
- **100:** Constante.

3.6.5.3. Eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio y campo

Utilizando los porcentajes de mortalidad obtenidos en especímenes de picudo negro y rayado evaluados en el ensayo de laboratorio y campo, se calculó el porcentaje de eficacia de los tratamientos con *B. bassiana* (Tratamiento 1 y 2). El porcentaje de eficacia se calculó mediante la fórmula propuesta por Schneider – Orelli (1947):

$$\% Ef aj = \frac{\% mort trat it - \% mort trat tg}{100 - \% mort trat tg} \times 100$$

Donde:

- **% Ef aj:** Porcentaje de eficacia ajustada.
- **% mort trat it:** Porcentaje de mortalidad por la acción del tratamiento en interés.
- **% mort trat tg:** Porcentaje de mortalidad por la acción del tratamiento testigo.
- **100:** Constante.

3.6.5.4. Curvas de supervivencia de especímenes de picudo negro y rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de laboratorio y campo

Utilizando el registro de datos de insectos vivos y muertos; se elaboraron curvas de supervivencia para cada una de las especies de picudos (picudo negro y rayado) evaluados bajo los diferentes tratamientos y condiciones. Las curvas generadas estiman la probabilidad de supervivencia de una población con respecto al tiempo. No se generaron curvas con la población de picudos rayado que fueron capturados en los días siete y diez (ensayo de

campo) debido a la falta de disponibilidad de especímenes para realizar el análisis. El tiempo letal medio (TL50) de cada tratamiento fue verificado utilizando la información de las curvas de supervivencia.

3.7. Tratamientos de los datos

El número total de insectos del complejo de picudos identificados fueron analizados de forma descriptiva; las imágenes capturadas fueron tratadas usando el programa GIMP (versión 2.8.).

Para establecer diferencias entre los porcentajes de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de laboratorio, únicamente se utilizó el porcentaje de insectos muertos por efecto del hongo, sin embargo, para verificar la influencia de los tratamientos usados (aplicación de *B. bassiana* en formulación líquida, sólida o testigo) sobre la mortalidad de los insectos (picudo negro y rayado) se realizó una prueba de χ^2 usando tablas de contingencia, comparando los insectos muertos y vivos obtenidos en cada tratamiento.

En condiciones de campo se realizó un análisis de varianza para cada especie, comparando los tratamientos por cada uno de los días de evaluación, además, se verificó la interacción entre los días de captura de insectos (2, 5, 7 y 10 días) y el porcentaje de mortalidad de cada tratamiento. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

En lo que respecta al porcentaje de eficacia de la aplicación de *B. bassiana* en formulación líquida o sólida en condiciones de laboratorio, se realizó una prueba χ^2 usando tablas de contingencia, comparando el porcentaje de eficacia de los dos tratamientos (aplicación de *B. bassiana* en formulación líquida o sólida) obtenidos en las dos especies de picudos (picudo negro y rayado). En el caso del porcentaje de eficacia en condiciones de campo se realizó un análisis de varianza considerando bloques, tratamientos y el porcentaje obtenido en cada especie de picudo. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Para el análisis de supervivencia y el tiempo letal medio se utilizó los estimadores de Kaplan-Meier. La semejanza de las curvas de supervivencia se verificó utilizando el test χ^2 Log-

Rank ($P < 0,05$). Este procedimiento se realizó para especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio con sus respectivos tratamientos. En condiciones de campo se evaluó únicamente los especímenes de picudo rayado capturados al segundo y quinto día posteriores a la instalación de las trampas de pseudotallo en campo, y se siguió el mismo procedimiento que en condiciones de laboratorio.

Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron analizados utilizando el programa estadístico Infostat (Di *et al.*, 2018) y herramientas estadísticas proporcionadas por Microsoft Excel 2013.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Docente Director del Proyecto de Investigación.
- Estudiante responsable de la investigación.
- Tutor designado por la empresa Reybanpac.
- Personal administrativo de la empresa.
- Personal de campo facilitado por la empresa.

3.8.2. Material genético

- Plantas de banano establecidas de la variedad Williams.
- Cepa del hongo *B. bassiana* (formulación líquida y sólida) (Cepa G05).

3.8.3. Material de campo

- Pulverizador manual.
- Frascos enroscables
- Tarrinas plásticas.
- Gaveta plástica.
- Herramientas agrícolas.
- Pintura en spray.

3.8.4. Material de laboratorio

- Incubadora Memmert BE600.
- Cajas Petri.
- Vasos de precipitación.
- Pinza fina.
- Pipeta.
- Parafilm.
- Gasa.

3.8.5. Reactivos

- Agua destilada estéril.
- Hipoclorito de sodio al 5%.
- Alcohol al 70 %.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Identificación del complejo de picudos asociados a las trampas de pseudotallo de banano

Utilizando las claves taxonómicas propuestas por Sepúlveda y Rubio (2009), fue posible identificar cinco especies pertenecientes al complejo de picudos asociadas a 144 trampas de pseudotallo de banano tipo sándwich, evaluadas durante un periodo de 3 meses. En la tabla 4 se detalla el número de insectos para cada especie identificada.

Tabla 4. Número de insectos de las especies de picudos identificadas.

Especies de picudos identificadas	Número de insectos capturados
<i>Cosmopolites sordidus</i>	571
<i>Metamasius hemipterus</i>	1803
<i>Metamasius hebetatus</i>	72
<i>Polytus mellerborgii</i>	176
<i>Rhynchophorus palmarum</i>	11

A continuación, se presentan imágenes de cada una de las especies identificadas:

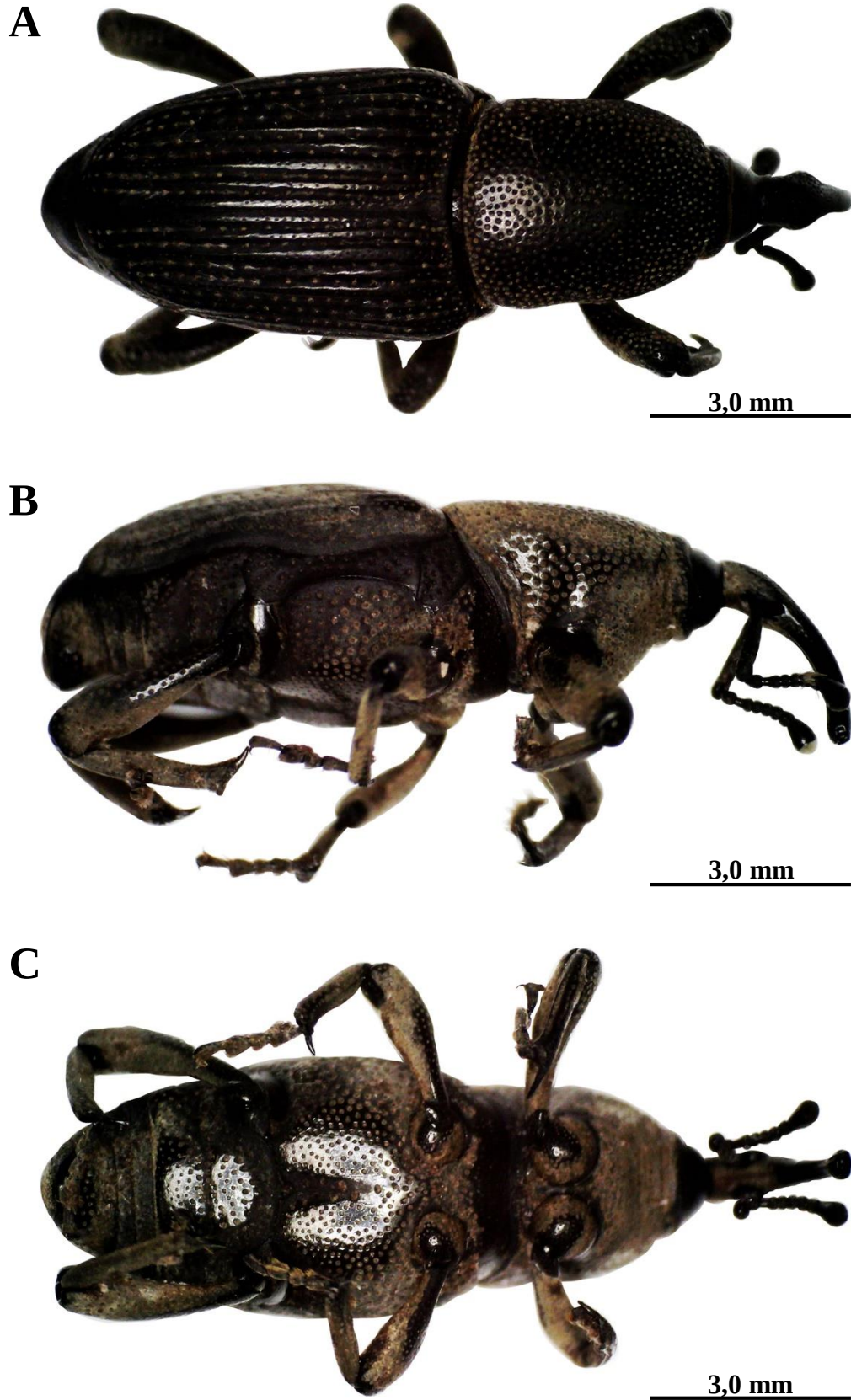


Figura 1. (A) Vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista ventral del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).

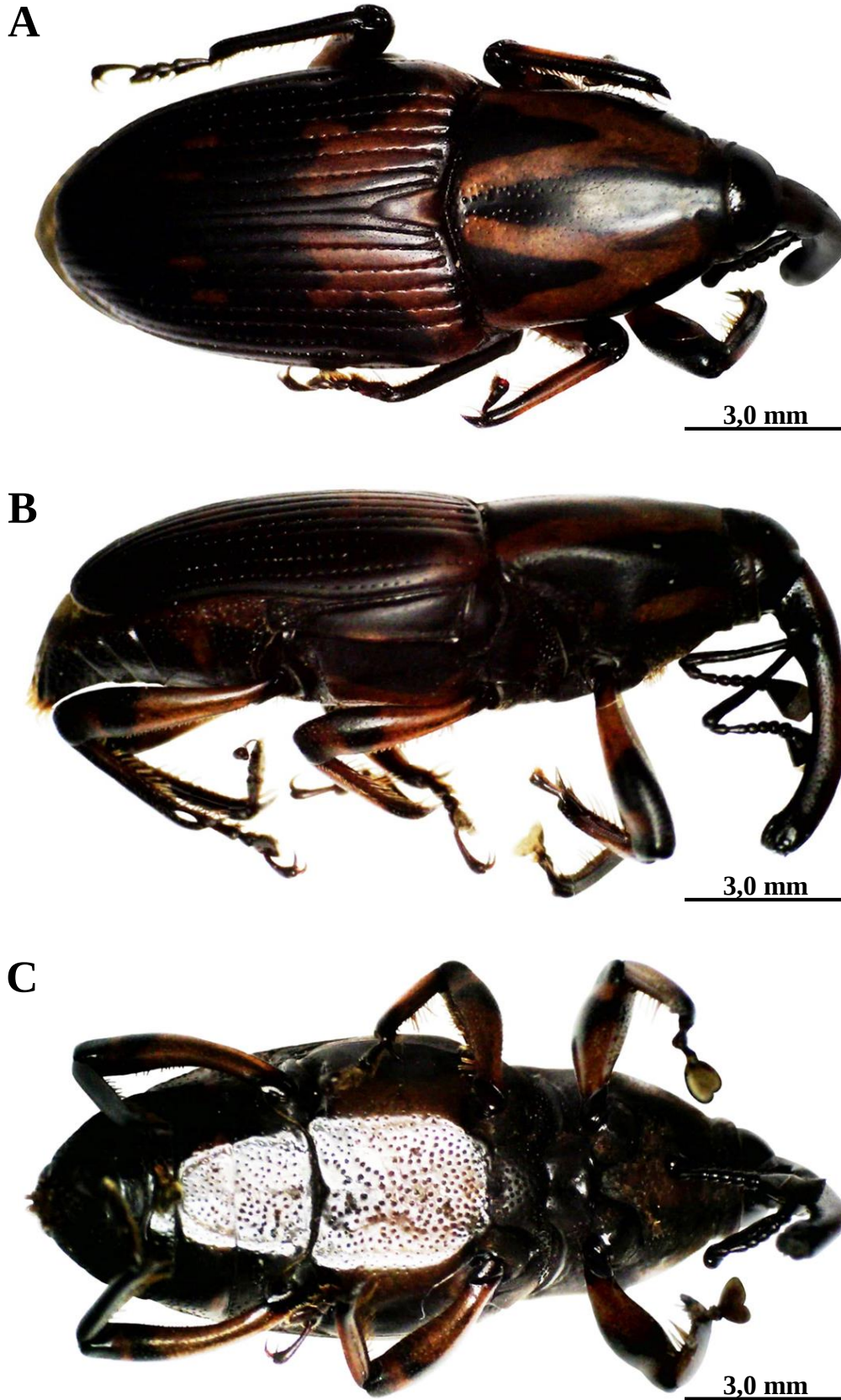


Figura 2. (A) Vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista ventral del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*).



Figura 3. (A) Vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista ventral de *Metamasius hebetatus*.

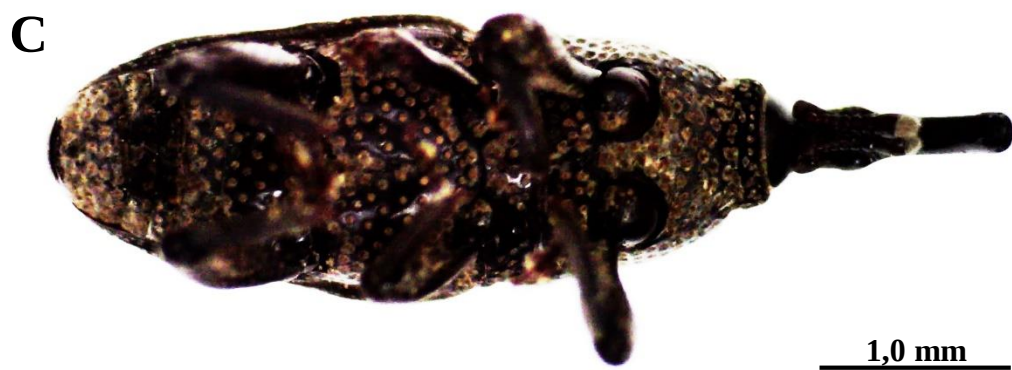


Figura 4. (A) Vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista ventral del picudo enano (*Polytus mellerborgii*).

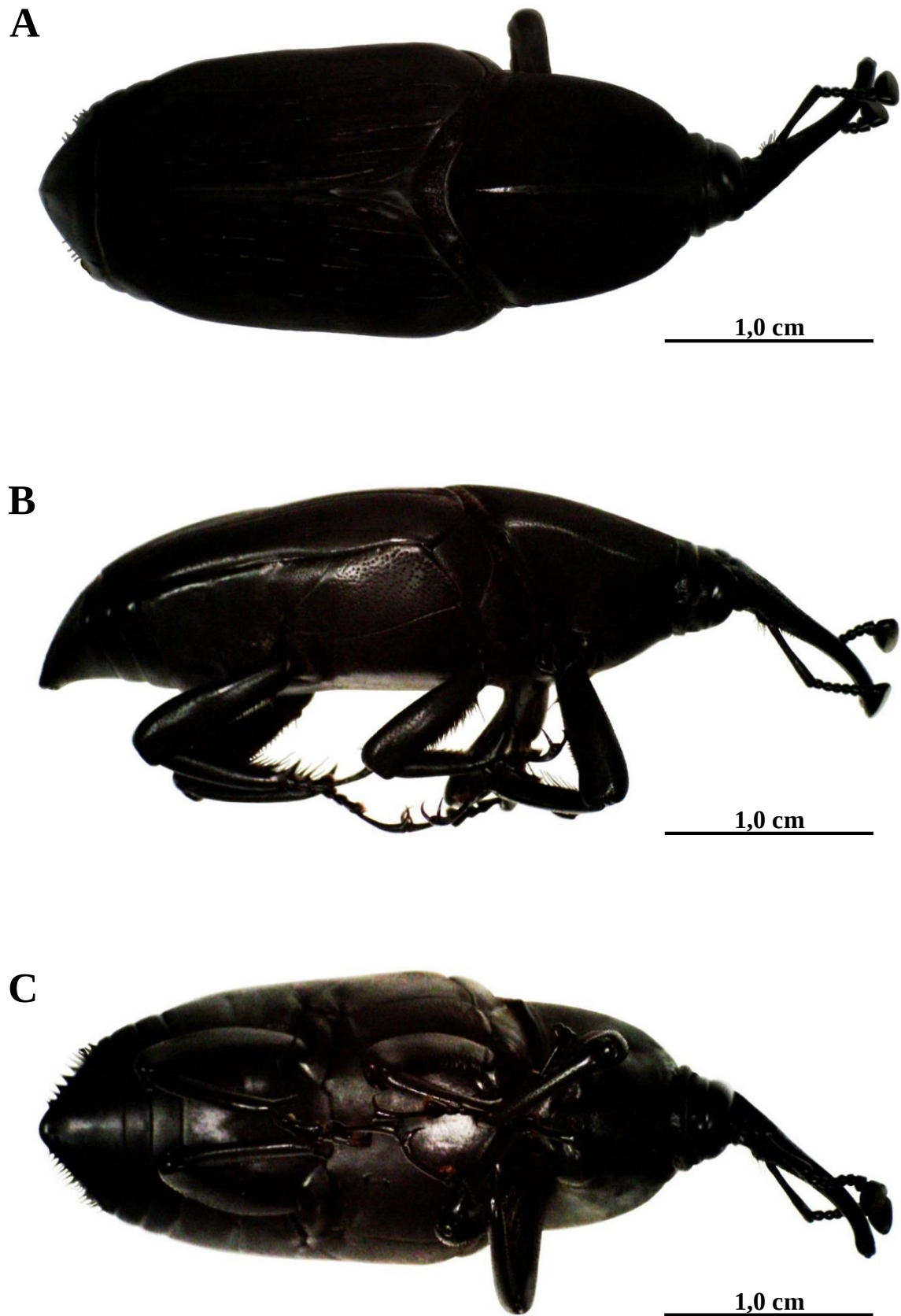


Figura 5. A) Vista dorsal, B) vista lateral y C) vista ventral de la gualpa (*Rhynchophorus palmarum*).

4.1.2. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de laboratorio

a) Evaluación de picudo negro (*C. sordidus*)

Se contabilizó el número de insectos muertos para verificar el porcentaje de mortalidad por acción de cada uno de los tratamientos.

La mortalidad de picudos negro fue influenciada por el tipo de formulación del hongo *B. bassiana* aplicada en condiciones de laboratorio. El mayor porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro se obtuvo al inocular los insectos con *B. bassiana* en formulación líquida (44,00%); en contraste, al utilizar la formulación sólida el porcentaje de mortalidad fue menor (36,00%), lo que parece indicar que la formulación líquida alcanzó los valores más altos debido a que las esporas del hongo al encontrarse en solución pueden penetrar el organismo del insecto más eficientemente (Figura 6).

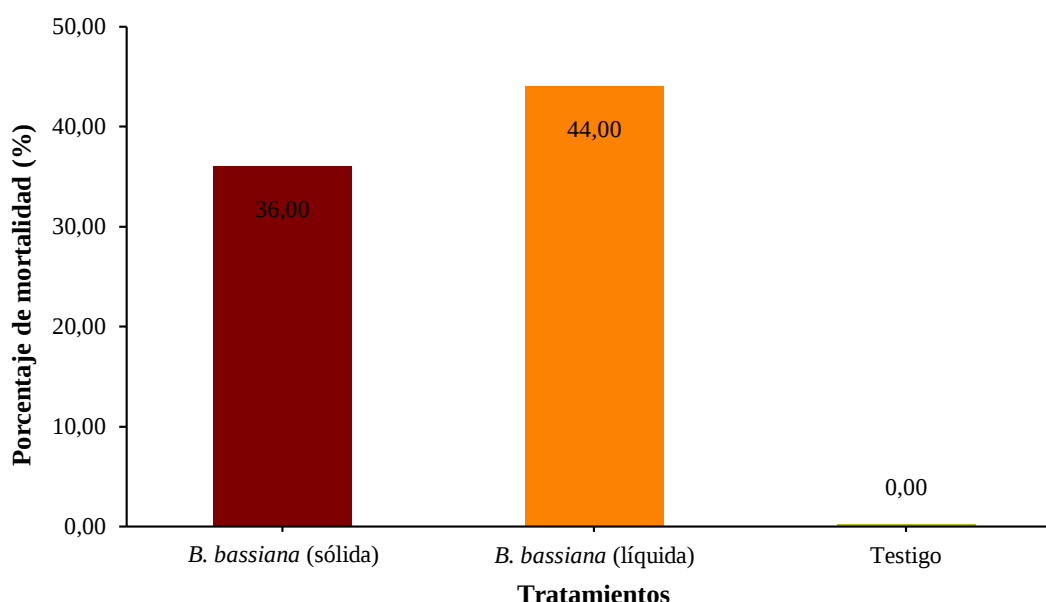


Figura 6. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro (*C. sordidus*) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de laboratorio.

b) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*)

La mortalidad de picudos rayado también fue influenciada por el tipo de formulación del hongo *B. bassiana* aplicada en condiciones de laboratorio. Al contrario que especímenes de picudo negro, el mayor porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo rayado se obtuvo al inocular los insectos con *B. bassiana* en formulación sólida (88,00%), mientras que al utilizar la formulación líquida el porcentaje de mortalidad fue menor (32,00%). Estos resultados pueden estar relacionados directamente con el comportamiento activo que tiene esta especie, lo que permitió que los especímenes tengan más contacto con las esporas del hongo aplicado en formulación sólida (Figura 7).

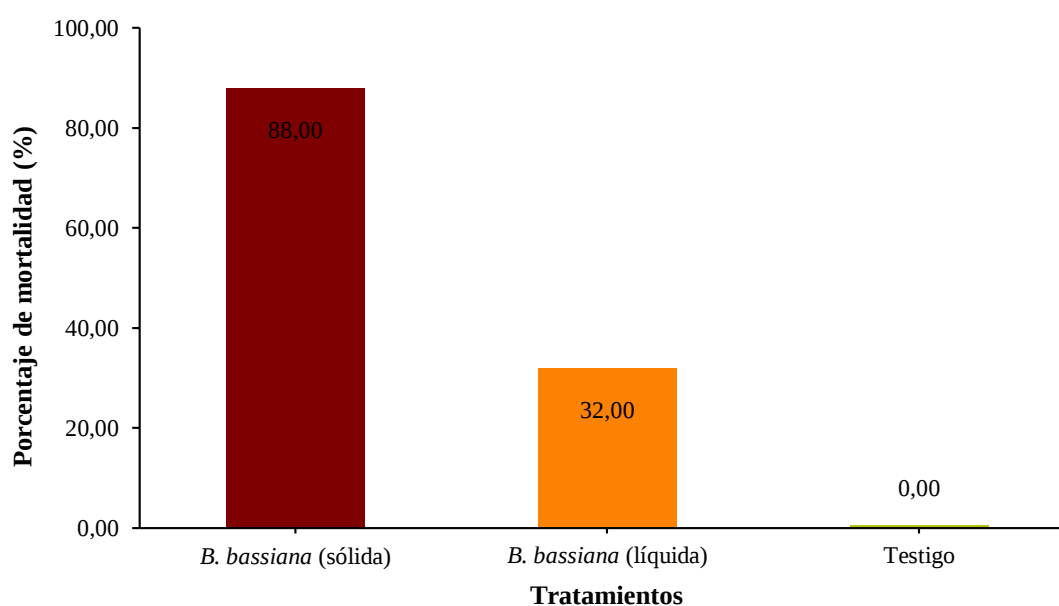


Figura 7. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de laboratorio.

4.1.3. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro y rayado por acción de la aplicación líquida y sólida del hongo *B. bassiana* en condiciones de campo

a) Evaluación de picudo negro (*C. sordidus*)

La aplicación del hongo *B. bassiana* en condiciones de campo, tuvo un efecto positivo sobre la mortalidad de picudos negro. La formulación líquida de *B. bassiana* permitió el mayor

porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro capturados en los días dos, cinco, siete y diez. La acción de la formulación líquida comparada con la formulación sólida únicamente difiere para especímenes capturados en el segundo día, mientras que el tratamiento testigo difiere de los demás tratamientos (Figura 8).

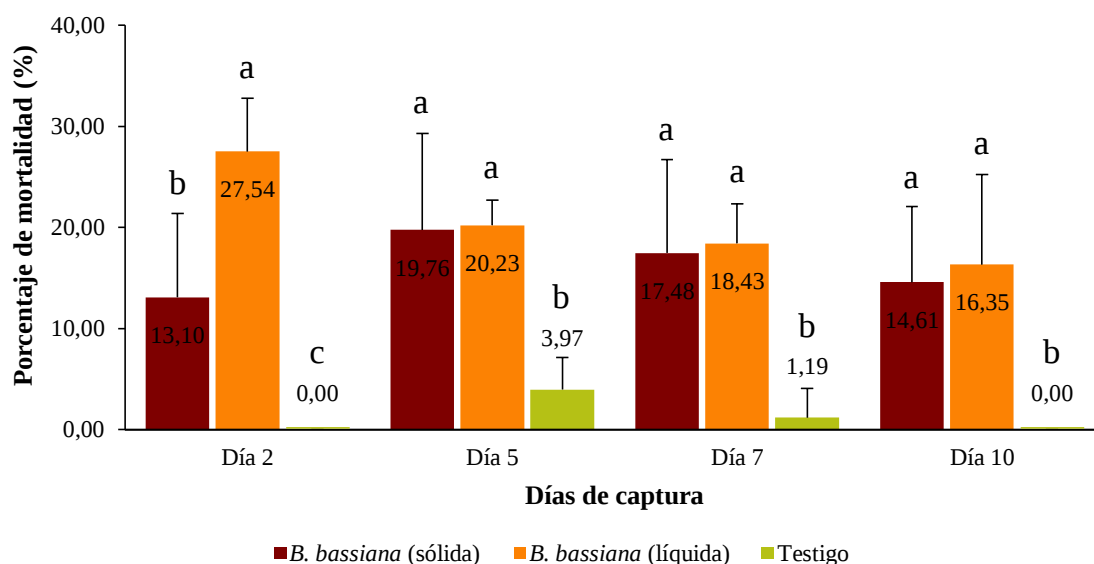


Figura 8. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo negro (*C. sordidus*) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de campo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey; $P < 0,05$).

b) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*)

La aplicación del hongo *B. bassiana* en condiciones de campo, también tuvo efecto en la mortalidad de picudos rayado. El mayor porcentaje de mortalidad entre los especímenes de picudo rayado capturados en los diferentes días, se registró utilizando el tratamiento con la formulación sólida de *B. bassiana*, seguido del tratamiento con la formulación líquida y finalmente el tratamiento testigo. Es importante destacar que, los mayores porcentajes de mortalidad, utilizando el tratamiento con la formulación sólida del hongo, se registraron de especímenes capturados al quinto y séptimo día (Figura 9).

Los resultados de mortalidad obtenidos en condiciones de campo, muestran un comportamiento similar a los obtenidos en condiciones de laboratorio, tanto para picudo negro como rayado, sin embargo, los valores de porcentaje de mortalidad de especímenes tratados en condiciones de campo son más bajos que los valores obtenidos en laboratorio.

Probablemente estas diferencias obtenidas pueden estar relacionadas a las condiciones ambientales a las que las formulaciones utilizadas estuvieron expuestas (clima, estado de la trampa, etc.).

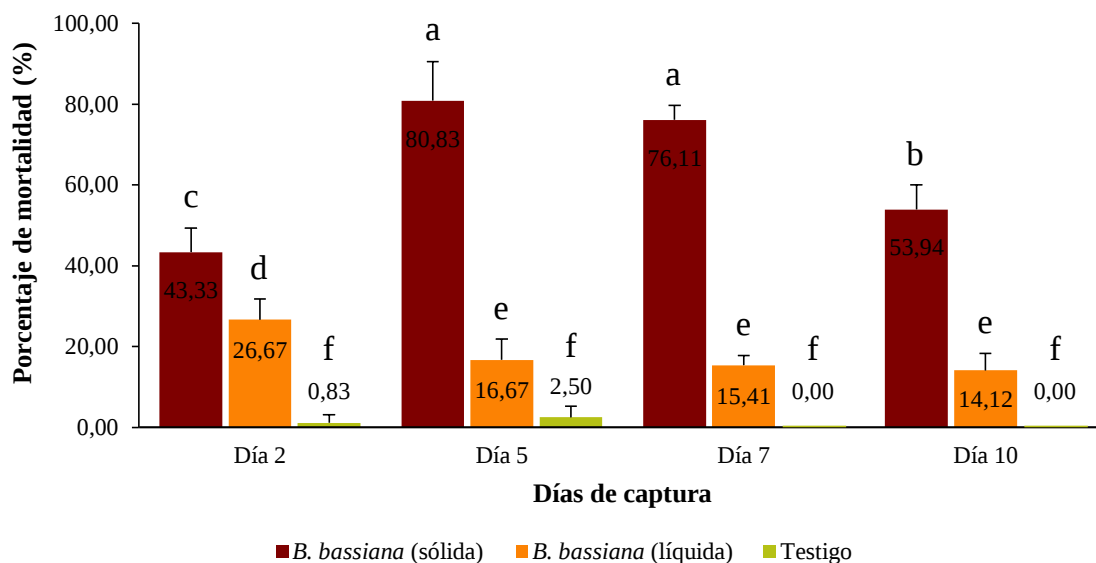


Figura 9. Porcentaje de mortalidad de especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*) por acción de los tratamientos en estudio; en condiciones de campo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey; $P < 0,05$).

4.1.4. Eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de laboratorio

Utilizando los porcentajes de mortalidad obtenidos de picudos negro y rayado, se calculó el porcentaje de eficacia de los tratamientos con *B. bassiana*.

La inoculación del hongo *B. bassiana* promueve la mortalidad de picudos negro y rayado, en condiciones de laboratorio. El tratamiento en el que se utilizó la formulación líquida de *B. bassiana* permitió el mayor porcentaje de eficacia para causar la mortalidad de especímenes de picudo negro (44,00%), sin embargo, en especímenes de picudo rayado los valores más alto de eficacia se obtuvieron con la formulación sólida del hongo (88,00%) (Figura 10).

Los resultados de porcentaje de eficacia son iguales a los resultados de porcentaje de mortalidad, en condiciones de laboratorio; debido a que no existió resultados de mortalidad por acción del tratamiento testigo, valores que son usados en la fórmula de eficacia de Schneider – Orelli (1947); por este motivo comparten la misma inferencia estadística.

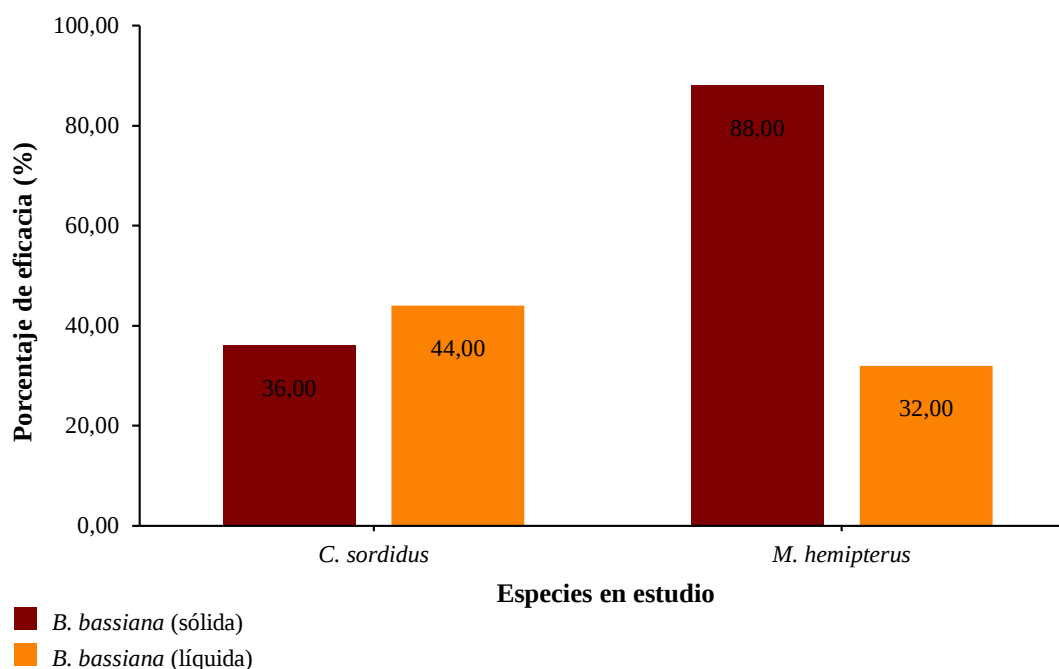


Figura 10. Porcentaje de eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo negro (*C. sordidus*) y picudo rayado (*M. hemipterus*) en condiciones de laboratorio.

4.1.5. Eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida en especímenes de picudo negro y rayado en condiciones de campo

a) Evaluación de picudo negro (*C. sordidus*)

El hongo *B. bassiana* inoculado permitió la mortalidad de picudos negro en condiciones de campo. Para las evaluaciones de eficacia en campo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se evidenció que, el mayor porcentaje de eficacia fue al utilizar el tratamiento con la formulación líquida de *B. bassiana* (19,41%); en igualdad estadística con el tratamiento en donde se utilizó la formulación sólida del hongo (15,50%) (Figura 11).

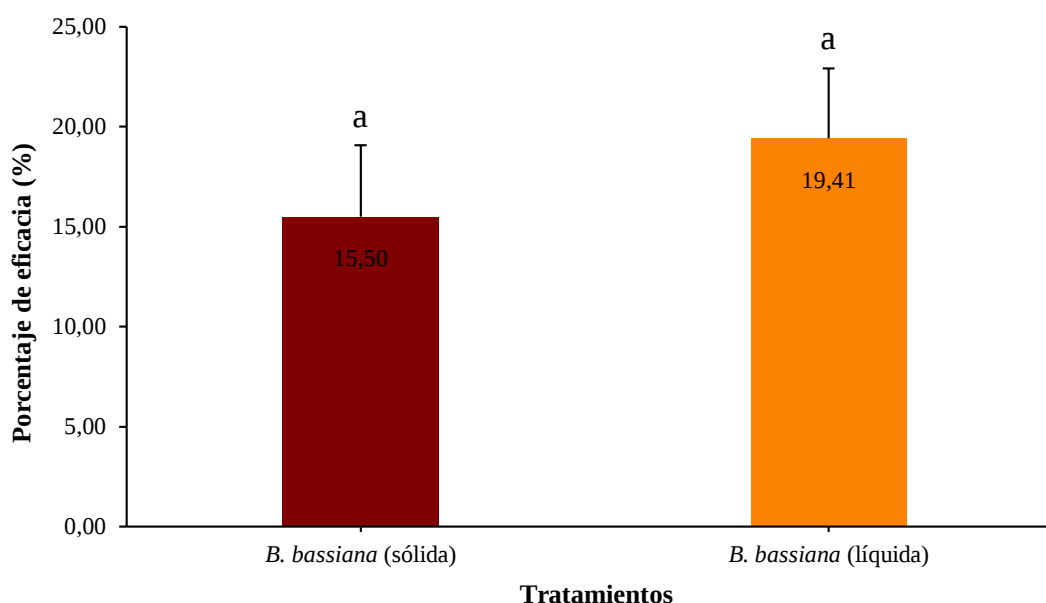


Figura 11. Porcentaje de eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo negro (*C. sordidus*), en condiciones de campo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

b) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*)

El hongo *B. bassiana* inoculado permitió la mortalidad de picudos rayado, en condiciones de campo. El tratamiento en el que se utilizó la formulación sólida del hongo *B. bassiana* reflejó el mayor porcentaje de eficacia, con un valor de 64,37%, siendo estadísticamente superior al tratamiento en el que se utilizó la formulación líquida del hongo, el cual mostró el valor de 18,33% (Figura 12).

Los resultados de eficacia en campo y laboratorio, al igual que los resultados de mortalidad, evidencian el diferente comportamiento de las formulaciones del hongo sobre especímenes de picudo negro y rayado. Las diferencias obtenidas pueden estar relacionadas a los diferentes tipos de comportamiento (actividad) que muestra cada especie de picudo respectivamente.

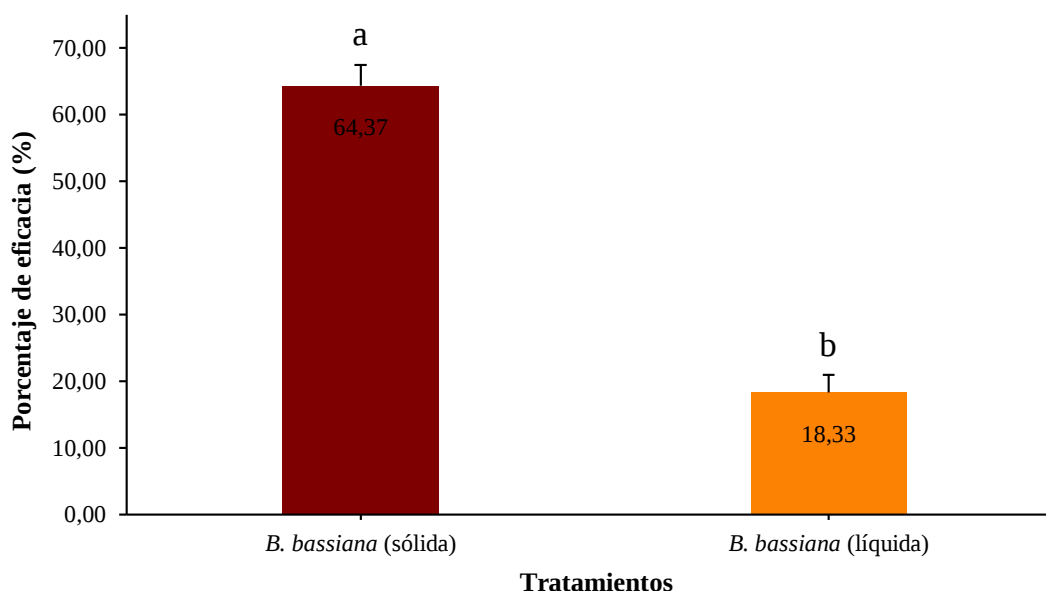


Figura 12. Porcentaje de eficacia del hongo *B. bassiana* aplicado en formulación sólida y líquida en especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*), en condiciones de campo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

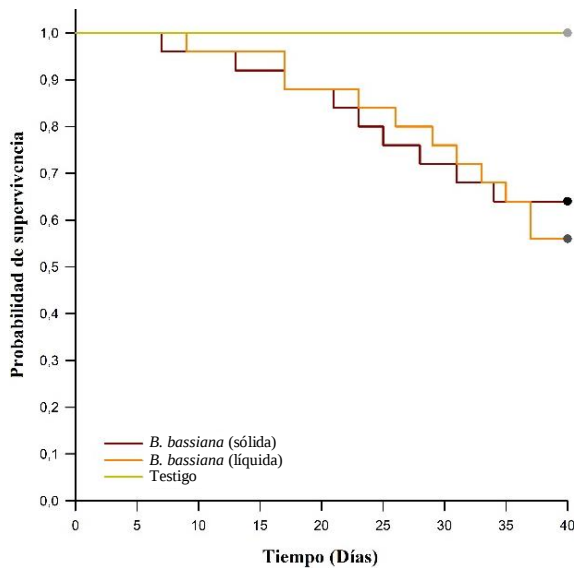
4.1.6. Curvas de supervivencia de especímenes de picudo negro y rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de laboratorio

a) Evaluación de picudo negro (*C. sordidus*)

Usando el registro de datos de insectos vivos y muertos, se estimó la probabilidad de supervivencia de una población de insectos (25 insectos por cada tratamiento) con respecto al tiempo de evaluación (40 días). El tiempo letal medio (TL50) de cada tratamiento fue verificado utilizando la información del análisis de supervivencia.

El tratamiento dos [*B. bassiana* (formulación líquida)] causó la mayor mortalidad de especímenes de picudo negro, en igualdad estadística con el tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)] (Figura 13A). En lo que respecta al tiempo letal medio (TL50), ninguno de los tratamientos en estudio causó la mortalidad del 50% de los especímenes (Figura 13B).

A. Curvas de supervivencia.



B. Tiempo letal medio (TL50).

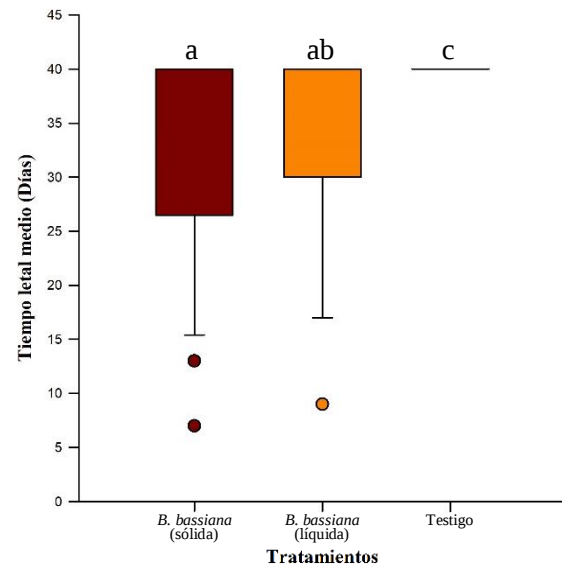


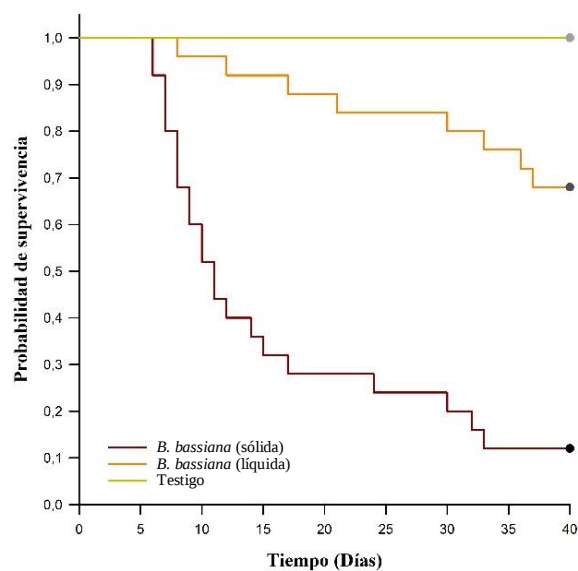
Figura 13. A) Curvas de supervivencia y B) tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo negro (*C. sordidus*) expuestos a los tratamientos en estudio, en condiciones de laboratorio. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

b) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*)

Los resultados obtenidos evidencian que, el tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)] causó la mayor mortalidad de especímenes de picudo rayado, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos en estudio (Figura 14A).

El tiempo letal medio (TL50) solo fue posible detectarlo en el tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)], el valor obtenido fue de 11 días; los otros tratamientos en estudio no permitieron causar la mortalidad del 50% de los especímenes evaluados (Figura 14B).

A. Curvas de supervivencia.



B. Tiempo letal medio (TL50).

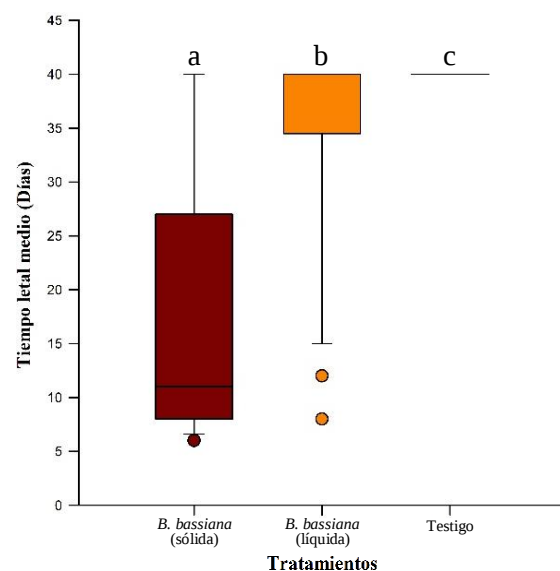


Figura 14. A) Curvas de supervivencia y B) tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*) expuestos a los tratamientos en estudio, en condiciones de laboratorio. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

4.1.7. Curvas de supervivencia de especímenes de picudo rayado, y tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en forma líquida y sólida; en condiciones de campo

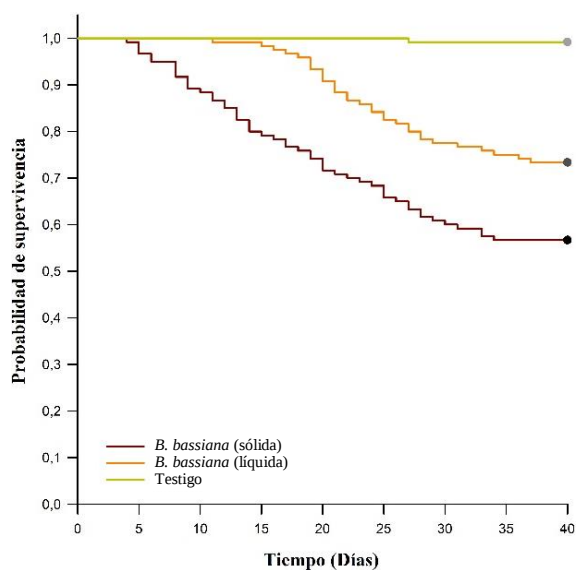
a) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados al segundo día

Utilizando el registro de datos de insectos vivos y muertos, se estimó la probabilidad de supervivencia de una población de 360 insectos (120 insectos por cada tratamiento) con respecto al periodo de evaluación (40 días). Con la información del análisis de supervivencia, se evidenció el tiempo letal medio (TL50) de cada tratamiento.

El tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)] causó la mayor mortalidad de especímenes de picudo rayado capturados al segundo día de exposición a los tratamientos, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos en estudio (Figura 15A). En lo que respecta al tiempo letal medio (TL50), no fue posible determinarlo, debido a que

ninguno de los tratamientos en estudio causó la mortalidad del 50% de los especímenes (Figura 15B).

A. Curvas de supervivencia.



B. Tiempo letal medio (TL50).

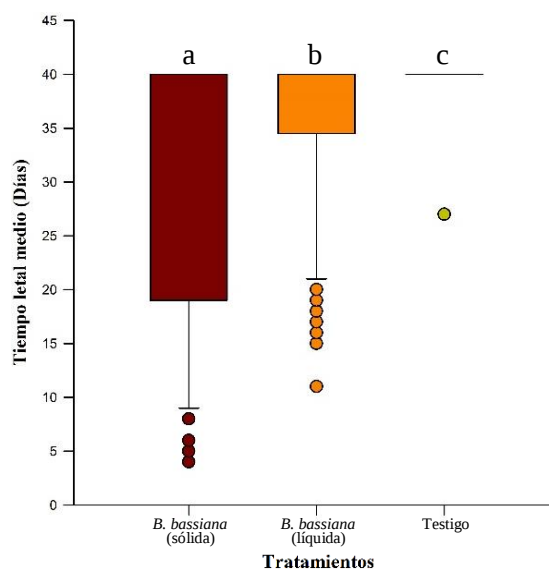


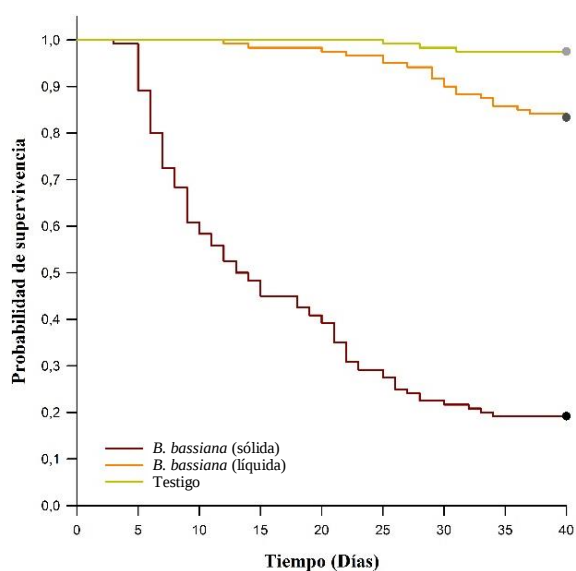
Figura 15. A) Curvas de supervivencia y B) tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*) capturados al segundo día de exposición a los tratamientos aplicados en trampas de pseudotallo de banana. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

b) Evaluación de picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados en el día 5

Mediante el análisis de supervivencia se evidenció que, el tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)] causó la mayor mortalidad de especímenes de picudo negro, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos en estudio (Figura 16A).

El tiempo letal medio (TL50) para el tratamiento uno [*B. bassiana* (formulación sólida)] fue de 13 días; los otros tratamientos en estudio no causaron la mortalidad del 50% de los especímenes (Figura 16B).

A. Curvas de supervivencia.



B. Tiempo letal medio (TL50).

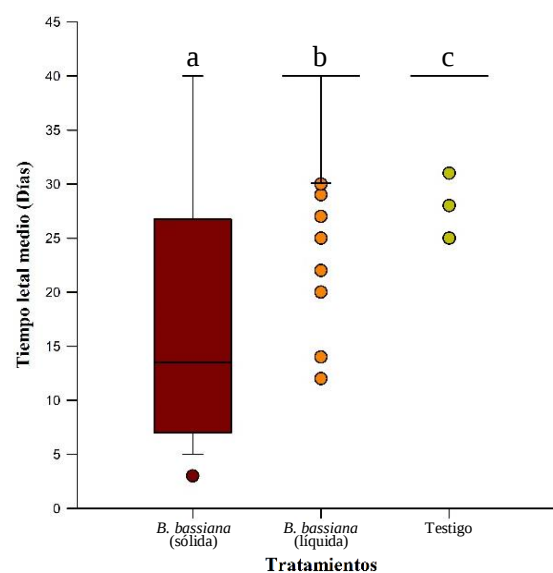


Figura 16. A) Curvas de supervivencia y B) tiempo letal medio (TL50) de especímenes de picudo rayado (*M. hemipterus*) capturados al quinto día de exposición a los tratamientos aplicados en trampas de pseudotallo de banano. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

4.2. Discusión

La producción del cultivo de banano está continuamente expuesta a una serie de problemas en los que se incluyen los insectos – plagas. Especies de insectos pueden atacar al cormo, pseudotallo, hojas, frutos, etc., de la planta de banano. Dentro de la entomofauna perjudicial que afectan el cormo y pseudotallo del banano y plátano, encontramos al picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y rayado (*Metamasius hemipterus*) (Tinzaara & Gold, 2008), sin embargo, es posible encontrar otras especies barrenadoras que pertenecen al complejo de picudos, asociadas a estos cultivos; especies que se les ha colocado muy poca atención, como por ejemplo *Metamasius hebetatus* y *Metamasius submaculatus* (Rubio y Acuña 2006).

En el presente estudio fue posible capturar en trampas de pseudotallo de banano a especímenes de: *C. sordidus*, *M. hemipterus*, *M. submaculatus*, *Polytus mellerborgii* y *Rhyncophorus palmarum*; estas especies han sido reportadas en plantaciones de banano en Colombia y otros países de Centro América (Maes y O'Brien; 1990; Sepúlveda y Rubio, 2009). Las especies: *C. sordidus*, *M. hemipterus*, *M. hebetatus*, *R. palmarum*, *Rhinostomus barbirostris* y *P. mellerborgii* son reconocidos como los barrenadores más limitantes registrados para el cultivo de banano y plátano (De la Pava *et al.*, 2019).

Los resultados sobre la identificación de especies pertenecientes al complejo de picudos, evidencian que posibles daños en el cormo y pseudotallo del banano no solo involucran a *C. sordidus* y *M. hemipterus*. Evaluaciones adicionales sobre el comportamiento y dinámica poblacional de las especies identificadas son necesarias.

En lo que concierne al trabajo de laboratorio y campo utilizando diferentes formulaciones del hongo *B. bassiana*, la formulación líquida causó la mayor mortalidad de especímenes de *C. sordidus*, en condiciones de laboratorio y campo; mientras que, la formulación sólida mostró un porcentaje menor en las dos condiciones evaluadas. Estos resultados coinciden con los encontrados por Jara (2009), quien menciona que; en condiciones de laboratorio, la aplicación del hongo *B. bassiana* en formulación líquida actúa mejor que la aplicación del hongo en formulación sólida en el control del picudo negro (*C. sordidus*). Probablemente los resultados obtenidos se deben a que, en el momento de la aplicación, el hongo en formulación líquida hace mayor contacto con el insecto que en formulación sólida, además,

el efecto del agua en la formulación líquida, favorece la germinación del hongo (Contreras, 2006; Jara, 2009).

Al contrario de los resultados obtenidos con *C. sordidus*, la formulación sólida del hongo *B. bassiana* causó la mayor mortalidad de especímenes de *M. hemipterus*, en condiciones de laboratorio y campo, mientras que, la formulación líquida obtuvo menor porcentaje de mortalidad. Los resultados obtenidos discrepan con los realizados por Mendoza *et al.*, (2013), quienes indican que, en condiciones de laboratorio la aplicación del hongo en formulación líquida puede causar la mortalidad hasta del 96,70% de picudos rayado, y en condiciones de campo el porcentaje de mortalidad se reduce a 17,80%; sin embargo, es necesario indicar que la cepa del hongo y el sustrato en los que mantuvieron a los insectos fueron diferentes a los que se utilizó en esta investigación.

En cuanto a la eficacia del hongo *B. bassiana* para el control de los insectos de *C. sordidus*, el hongo fue más eficaz al ser aplicado en formulación líquida, tanto en condiciones de laboratorio como de campo; utilizando la formulación sólida el porcentaje de eficacia se reduce. No existen registros de estudios al respecto, pero, se han probado algunas formas de aplicación del hongo *B. bassiana* para el control de picudo negro; utilizando arroz y trigo, con resultados de eficacia de 33,14% y 48,00% (Araujo *et al.*, 2002; Moreno y Espino, 2013); o utilizando el hongo en presentación de polvo mojable y combinado con feromonas con resultados de 38,49% de eficacia en el control de los insectos (Zapata, 2016).

Con respecto a la eficacia del hongo *B. bassiana* para el control de especímenes de *M. hemipterus*, el hongo mostró mayor eficacia al ser aplicado en formulación sólida, en condiciones de laboratorio y de campo; en comparación a la formulación líquida, que mostró promedios de eficacia menores.

La aplicación en formulación sólida del hongo *B. bassiana* resulta ser la más eficaz en el control de *M. hemipterus* que en el de *C. sordidus*, resultados que son corroborados por Armendáriz *et al.*, (2016); quienes indicaron que, la patogenicidad del hongo es mayor en insectos de *M. hemipterus* que de *C. sordidus*.

El tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* en formulación sólida, para especímenes de *M. hemipterus*, fue de 11 días en condiciones de laboratorio y de 13 días en condiciones

de campo; no existen registros de estudios en donde se indique el tiempo letal medio del hongo para la especie de *M. hemipterus*, pero, varios estudios revelan el TL50 en otras especies de picudos, como por ejemplo en el picudo negro (*C. sordidus*).

En la presente investigación no fue posible detectar el TL50 del picudo negro debido a que la cepa utilizada no permitió la mortalidad del 50% de los insectos en estudio. La cepa utilizada (G05) no es lo suficientemente eficiente para el control de esta especie de picudo, sin embargo, otros estudios indican la eficiencia de diferentes cepas del hongo *B. bassiana* para la especie de picudo negro; así por ejemplo: Castiñeiras *et al.*, 1992, evidenció que, en condiciones de laboratorio, usando *B. bassiana* y utilizando 107 conidias por ml, el TL50 para picudo negro fue de 16,98 días, mientras que, Gil (2017), afirma que el TL50 varía entre las cepas, por ejemplo la cepa de *B. bassiana* 26 alcanzó un TL50 de 9,74 días y que el TL50 de la cepa de *B. bassiana* 27 fue de 22,59 días.

Los resultados obtenidos refuerzan la importancia del uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en el control de poblaciones de picudo negro y rayado en el cultivo de banano, constituyendo su uso en una práctica eficiente y menos tóxica para el ser humano y el medio ambiente. Estudios adicionales sobre el uso de otras cepas de hongos y dosis de aplicación son necesarias para alcanzar mayores porcentajes de mortalidad de los picudos en condiciones de campo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La aplicación de la formulación líquida del hongo *B. bassiana* permitió el mayor porcentaje de mortalidad en especímenes de *C. sordidus*, con un promedio de 44,00% en condiciones de laboratorio y entre 16,35% – 27,54% en condiciones de campo; mientras que, la aplicación de la formulación sólida permitió el mayor porcentaje de mortalidad en especímenes de *M. hemipterus*, cuyos promedios fueron de 88,00% en condiciones de laboratorio y entre 43,33 – 80,83% en condiciones de campo.
- La aplicación de la formulación líquida del hongo *B. bassiana* mostró la mayor eficacia en el control de especímenes de *C. sordidus*, con un promedio de 44,00% en condiciones de laboratorio y 19,41% en condiciones de campo; mientras que, para el control de especímenes de *M. hemipterus*, la aplicación de la formulación sólida mostró la mayor eficacia con un promedio de 88,00% en condiciones de laboratorio y 64,37% en condiciones de campo.
- No fue posible identificar el tiempo letal medio (TL50) del hongo *B. bassiana* aplicado en formulación líquida y sólida en especímenes de *C. sordidus*, debido a que el hongo no causó la mortalidad del 50% de los individuos en estudio; sin embargo, el TL50 del hongo aplicado en formulación sólida en especímenes de *M. hemipterus*, fue de 11 días en condiciones de laboratorio y de 13 días en condiciones de campo.
- Cinco especies pertenecientes al complejo de picudos fueron identificadas en la plantación comercial de banano: *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, *Metamasius hebetatus*, *Polytus mellerborgii* y *Rhynchophorus palmarum*.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones con el hongo *B. bassiana* en distintos sectores geográficos, bajo otras condiciones de manejo y utilizando diferentes cepas, para el control de picudos del banano; estudios son necesarios para tener mayor información respecto a este método de control y fomentar su uso en las bananeras del país.
- Realizar estudios con el hongo *B. bassiana* en el control de otras especies de insectos para fomentar su uso en una práctica eficiente y ecológica.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- AEBE Asociación de exportadores de banano del Ecuador. (2017). El mercado del banano alrededor del mundo. Disponible en <http://www.aebe.com.ec/2017/03/el-mercado-del-banano-alrededor-del-mundo/>
- Alarcón Restrepo, J. J., y Jiménez Neira, Y. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del plátano. Bogotá, Colombia: Instituto Agropecuario Colombiano (ICA).
- Alonso Zarazaga, M. A. y Lyal, C. H. C. (2020). Electronic Catalogue of Weevil names (Curculionoidea) (version Oct 2016). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Disponible en <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019/>
- Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., Gonzáles, S., y Pantoja, A. (2013). Producción de material de ‘siembra’ limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT, (384).
- Amado Doza, J. A. (2017). Evaluación de la dinámica poblacional de picudos en los diferentes estados fenológicos del cultivo de plátano (*Musa* AAB) Var. Dominico Hartón en el municipio de Viotá Cundinamarca. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad de Cundinamarca. Facatativá, Cundinamarca. p. 18.
- Araujo Eraso, D. S., López Pasaje, D. F., Molina Valero, L. A., y García, F. (2002). Evaluación de cepas de *Beauveria bassiana* (Bais) Vuill para el control de picudo negro del banano (*Cosmopolites sordidus* Germar). Revista de Ciencias Agrícolas, 19 (1 - 2), 92 – 104.
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., y Pilkauskas, P. (2004). La economía mundial del banano 1985 - 2002. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., y Ulloa, S. M. (2014). Buenas Prácticas para el Control del Picudo del Plátano, *Cosmopolites sordidus*, en Ecuador. Disponible en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Picudodelptanodigital1.pdf
- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J. M., y Ulloa, S. M. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27 (2), 319 – 327.
- Benítez Ibarra, P. A. (2017). Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la hacienda María Antonieta. Tesis de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. p. 28.
- Berretta, M. F. (2001). Dos nuevos genes de *Beauveria bassiana*: una quitonasa y una proteína de transporte que podrían estar relacionados con la patogenicidad. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. pp. 10 – 12.
- Carballo, M. (2001). Opciones para el manejo del picudo negro del plátano. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 59 (36), 1 – 4.
- Castillo, C. E., Cañizalez, L. M., Valera, R., Godoy, J. C., Guedez, C., Olivar, R., y Morillo, S. (2012). Caracterización morfológica de *Beauveria bassiana*, aislada de diferentes insectos en Trujillo – Venezuela. *Revista Academia*, 11 (23), 275 – 281.
- Castiñeiras, A., Calderón, A., y Ponce, E. (1992). Control biológico de *Cosmopolites sordidus* (Germ.) con *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Revista de Protección Vegetal*, 7 (1), 13 – 16.
- Cedeño Sánchez, E. S. (2017). Efectos de estimulantes orgánicos y fertilización potásica sobre la resistencia a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y producción en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en el cantón Buena Fe. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. p. 9.

- Contreras Ramón, T. (1996). Evaluación de trampas de pseudotallos y formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals) en el combate del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) en Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp. 24 – 53.
- Cuichán, M., Márquez, J., y Orbe, D. (2019). Encuesta de superficie y producción Agropecuaria Continua, 2018. Boletín Técnico N° – 01 – 2018 – ESPAC.
- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). Enfermedades y plagas del plátano (*Musa paradisiaca*) y el banano (*Musa acuminata*; *M. sapientum*) en Colombia. Boletín Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria N° 51.
- De la Cruz Armas, A. (2016). Efectividad de aislados nativos de *Beauveria* y *Metarhizium* de Arteaga, Coahuila en el control del gusano telarañero *Hyphantria cunea* Drury (Lepidóptera: Erebidæ). Tesis de Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p. 6.
- De La Pava Suárez, N., García Sarabia, M. A., Brochero Bustamante, C. E., y Sepúlveda Cano, P. A. (2019). Registros de Dryophthorinae (Coleoptera: Curculionidae) de la Costa Caribe colombiana. Acta Biológica Colombiana, 25 (1), 96 – 103.
- Dender Zambrano, J. R. (2018). Evaluación de trampas con atrayentes para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y rayado (*Metamasius hemipterus* L.) en el cultivo de plátano barraganete, El Carmen 2018. Tesis de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. pp. 18 – 19.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., y Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Duque Gamboa, D. N. (2012). Caracterización molecular del complejo picudo del plátano (Coleoptera: curculionidae), géneros *Cosmopolites* y *Metamasius* en tres localidades

de Colombia. Tesis de Bióloga con mención en Genética. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia. pp. 11 – 12.

Echeverría Beirute, F. (2006). Caracterización biológica y molecular de aislamientos del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Tesis de Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. pp. 11 – 15.

Escalante Mendoza, M. R. (2011). Producción y precio del banano en la provincia de El Oro 2009-2010. Tesis de Economía. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. p.10.

Espinoza, A., Vivas, L., Lara, E., y Pico, J. (2004). Manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Boletín Divulgativo, 12 p.

Estrada Martínez, M. E. (2019). Utilización de hongos entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas agrícolas. Revista Científica Agroecosistemas, 7 (1), 134 – 139.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Datos estadísticos del cultivo de banano, en el mundo. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

García García, M. A., Cappello García, S., Lesher Gordillo, J. M., y Molina Martínez, R. F., (2008). Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico. Revista Kuxulkab', 15 (27), 25 – 28.

Gil Vargas, J. C. (2017). Evaluación de dos cepas de *Beauveria bassiana* (Báls.) y una cepa de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) en el control de adultos del gorgojo del banano, *Cosmopolites sordidus* (coleoptera, curculionidae) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Ingeniería. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. pp. 13 – 35.

- Gold, C. S., y Messiaen, S. (2000). El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. Inibap, plagas de *Musa*, Hoja divulgativa N° 4, 1 – 4.
- Gutiérrez Cárdenas, O. G., Cortez Madrigal, H., Malo, E. A., y Nord, R. (2018). Feromona sexual y hongos entomopatógenos: Un plus en su aprovechamiento en el manejo integrado de plagas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 20 (3), 28 – 34.
- Jara Cabrera, J. H. (2009). Evaluación de cepas nativas de *Beauveria bassiana* (Báls.) Vuill en el control biológico de gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en condiciones de laboratorio. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. pp. 39, 54.
- Maes, J. M., y O'Brien, C. W. (1990). Lista anotada de los Curculionoidea (Coleoptera) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 12, 1 – 78.
- Marmolejo, D. F., Mejía, R., Hurtado Tenorio, I., Posso Terranova, A. M., y Muñoz Flórez, J. E. (2008). Caracterización molecular de 15 aislamientos de *Beauveria bassiana* asociados con *Cosmopolites* y *Metamasius* en plátano y banano en tres regiones de Colombia. *Acta Agronómica*, 57 (3), 199 – 204.
- Mendoza, J., Gómez, P., y Gualle, D. (2013). Posibilidades del uso de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo rayado, *Metamasius hemipterus*, en caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE).
- Moreno Mayorga, L. F., y Espino Cruz, E. R. (2013). Evaluación de la eficacia de control de *Beauveria bassiana* (Báls.) Vuill en picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar), Campus Agropecuario 2,002-2,003. Tesis de Ingeniería en Agroecología Tropical. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua. pp. 31, 42.
- Motta Delgado, P. A., y Murcia Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Revista Ambiente y Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6 (2), 77 – 90.

- Navas Rivera, J. L. (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 Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. pp. 5 – 10.
- Noboa Guerra, G. P., y Quelal Guerrero, A. D. (2015). Diseño e implementación de un protocolo para mejorar la producción y conservación de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como aporte a los productores de café orgánico de la asociación “Río Intag”, cantón Cotacachi. Tesis de Ingeniería en Biotecnología de los recursos naturales. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito, Ecuador. pp. 18 – 20.
- Peteira, B., González, I., Arias, Y., Fernández Turro, A., Miranda, I., y Martínez, B. (2011). Caracterización bioquímica de seis aislamientos de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Revista de Protección Vegetal, 26 (1), 16 – 20.
- Quisbert, M. L. (2015). Evaluación de tres tipos de trampas para el monitoreo y control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en la plantación de banano (*Musa acuminata*) en la Estación Experimental de Sapecho. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. p. 10.
- Rubio Gómez, J. D., y Acuña Zornoza, J. R. (2006). Anatomía comparada del tracto digestivo en imagos del complejo picudo (Coleoptera: Curculionidae) asociados al cultivo del plátano. Revista Colombiana de Entomología, 32 (1), 67 – 72.
- Sandoval Casasola, M. J. (2015). Evaluación de tipos de trampa para la captura de *Cosmopolites sordidus* en el cultivo de banano; Izabal. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Rafael Landívar. Zacapa, Guatemala. p. 10.
- Schneider Orelli, O. (1947). Entomologisches Praktikum. Sauerlander, Aarau, Switzerland.

- Sepúlveda Cano, P. A., y Rubio Gómez, J. D. (2009). Especies de Dryophthorinae (Coleóptera: curculionidae) asociadas a plátano y banano (*Musa* spp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 14 (2), 49 – 72.
- Téllez Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., y Arana Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 73 – 80.
- Tinzaara, W., y Gold, C. (2008). *Banana Pests and Their Management*. Bioversity International. Uganda, Kampala Uganda.
- Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Piura, Perú: Hidalgo Impresores EIRL, 68
- Vallejo, L. F., Sánchez, R., y Salgado, M. (2007). Redescrición del adulto y descripción de los estados inmaduros de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleoptera: curculionidae), el picudo negro barrenador del plátano en Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 11 (1), 361 – 375.
- Vásquez Orozco, R. (2017). El impacto del comercio del banano en el desarrollo del Ecuador. *Revista AFESE*, 53, 167 – 182.
- Vélez Ruiz, M. C. (2001). Reacción de diez cultivares de *Musa* spp. al ataque de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) durante el primer año de establecimiento. Tesis de Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo, Ecuador. p. 6.
- Vergara Montecé, E. A. (2015). Evaluación de dosis de insecticidas y tipos de trampas en el manejo de picudos (*Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus*), en el cultivo de banano (*Musa* AAA), en la zona de Babahoyo. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad de Guayaquil. Vices, Ecuador. pp. 8 – 10.
- Workman, D. (2020). Plátanos exportaciones por país. Disponible en <http://www.worldstopexports.com/bananas-exports-country/>

Workman, D. (2020). Plátanos importaciones por país. Disponible en <http://www.worldstopexports.com/bananas-imports-by-country/>

Zapata Coronado, K. J. (2016). Control biológico y etológico de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano en la provincia de El Oro. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. pp. 51, 65.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (*C. sordidus*), capturados el día 2; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	2276,89	2	1138,44	18,85	0,0001
Tratamientos	2276,89	2	1138,44	18,85	0,0001
Error	905,91	15	60,39		
Total	3182,80	17			

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (*C. sordidus*), capturados el día 5; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	1027,96	2	513,98	8,31	0,0037
Tratamientos	1027,96	2	513,98	8,31	0,0037
Error	927,58	15	61,84		
Total	1955,54	17			

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (*C. sordidus*), capturados el día 7; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	1126,30	2	563,15	15,51	0,0002
Tratamientos	1126,30	2	563,15	15,51	0,0002
Error	544,46	15	36,30		
Total	1670,76	17			

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (*C. sordidus*), capturados el día 10; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	967,59	2	483,79	5,63	0,0150
Tratamientos	967,59	2	483,79	5,63	0,0150
Error	1287,94	15	85,86		
Total	2255,53	17			

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo negro (*C. sordidus*), interaccion: tratamientos – días de captura; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	56857,06	16	3553,57	165,15	<0,0001
Tratamientos	50332,44	2	25166,22	1169,60	<0,0001
Bloques	162,89	5	32,58	1,51	0,2005
Días	1464,75	3	488,25	22,69	<0,0001
Tratamientos*Días	4896,98	6	816,16	37,93	<0,0001
Error	1183,44	55	21,52		
Total	58040,50	71			

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados el día 2; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	5502,78	2	2751,39	122,28	<0,0001
Tratamientos	5502,78	2	2751,39	122,28	<0,0001
Error	337,50	15	22,50		
Total	5840,28	17			

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados el día 5; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	20908,33	2	10454,17	244,38	<0,0001
Tratamientos	20908,33	2	10454,17	244,38	<0,0001
Error	641,67	15	42,78		
Total	21550,00	17			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados el día 7; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	19429,98	2	9714,99	1549,31	<0,0001
Tratamientos	19429,98	2	9714,99	1549,31	<0,0001
Error	94,06	15	6,27		
Total	19524,04	17			

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (*M. hemipterus*), capturados el día 10; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	9388,32	2	4694,16	257,82	<0,0001
Tratamientos	9388,32	2	4694,16	257,82	<0,0001
Error	273,10	15	18,21		
Total	9661,43	17			

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable porcentaje de mortalidad, para picudo rayado (*M. hemipterus*), interaccion: tratamientos – días de captura; en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	5728,31	16	358,02	5,59	<0,0001
Tratamientos	4936,01	2	2468,01	38,54	<0,0001
Bloques	185,47	3	61,82	0,97	0,4156
Días	144,10	5	28,82	0,45	0,8114
Tratamientos*Días	462,72	6	77,12	1,20	0,3180
Error	3521,79	55	64,03		
Total	9250,10	71			

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable eficacia, para picudo negro (*C. sordidus*); en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	45,83	1	45,83	3,67	0,0844
Tratamientos	45,83	1	45,83	3,67	0,0844
Error	124,84	10	12,48		
Total	170,67	11			

Anexo 12. Análisis de varianza de la variable eficacia, para picudo rayado (*M. hemipterus*); en condiciones de campo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	6357,66	1	6357,66	752,41	<0,0001
Tratamientos	6357,66	1	6357,66	752,41	<0,0001
Error	84,50	10	8,45		
Total	6442,16	11			

Anexo 13. Elaboración de trampas de pseudotallo de banano para la captura de picudos negro y rayado.



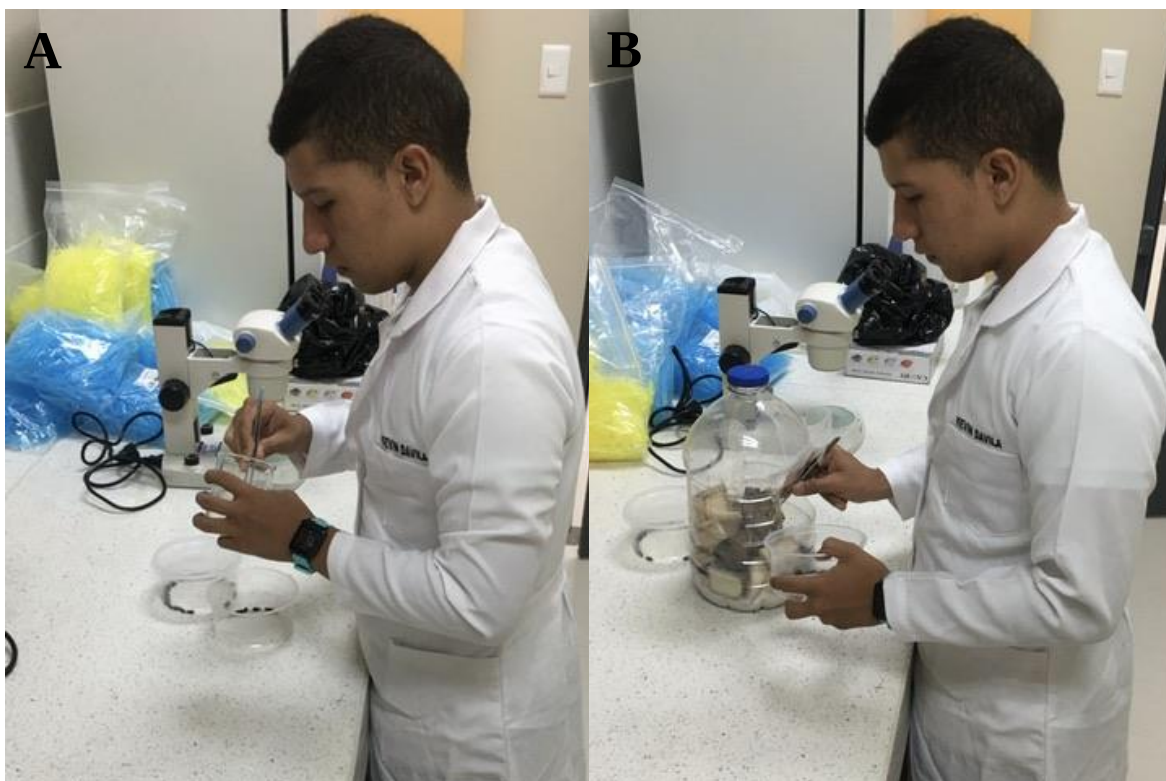
Anexo 14. Aplicación del hongo *B. bassiana* en formulación A) líquida y B) sólida en trampas de pseudotallo.



Anexo 15. Captura de picudos negro y rayado en trampas de pseudotallo de banano.



Anexo 16. Inoculación del hongo *B. bassiana* en formulación (A) líquida y, B) sólida en especímenes de picudo negro y rayado.



Anexo 17. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado muertos, en cámaras húmedas.



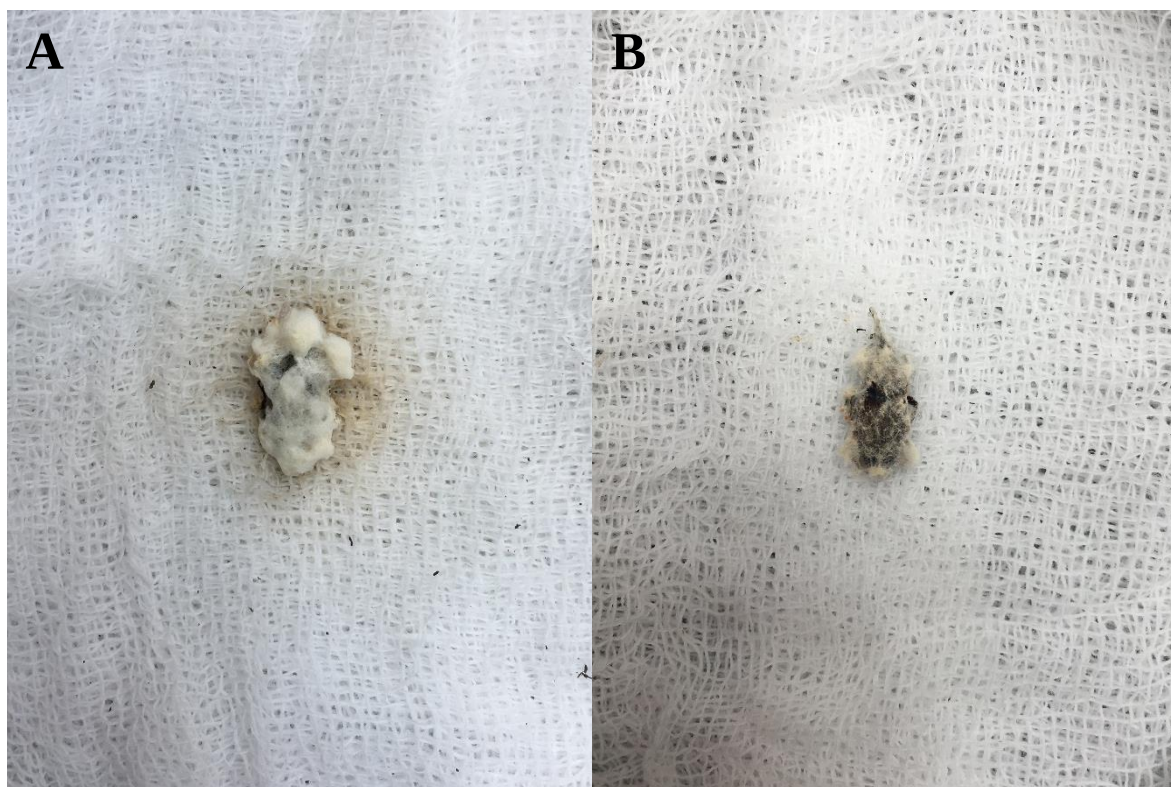
Anexo 18. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado muertos en la incubadora Memmert BE600.



Anexo 19. Colocación de los especímenes de picudo negro y rayado capturados en trampas de pseudotallo, en tarrinas plásticas.



Anexo 20. Esporulación del hongo *B. bassiana* en espécimen de (A) picudo negro y B) rayado, en condiciones de laboratorio.



Anexo 21. Esporulaci3n del hongo *B. bassiana* en ej3cimen de (A) picudo negro y B) rayado, capturados en campo.

