



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**MAGISTER EN AGRONOMÍA: MENCIÓN EN PROTECCIÓN
VEGETAL**

TEMA:

Control biológico del picudo de las bananeras *Cosmopolites sordidus* Germar
con el uso de varias cepas *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio

AUTOR:

ING. AGRP. ANDY RAMÓN RONQUILLO MORAN

TUTOR:

ING. AGR. DAVID MAYORGA ARIAS, Mg.IA

BABAHOYO - LOS RÍOS - ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación va dedicado a nuestro creador, Dios. A las personas que son una gran inspiración en mi vida, mi Hijo Thiago Jeremías Ronquillo García, mi esposa Stefania García quienes con su amor me dan las fuerzas para seguir adelante. También quiero dedicarle esto a mi ángel que desde el cielo me cuida, esto va por ti madre mía Teresa Moran Miranda te amo gracias por tus bendiciones sé que desde el cielo sigues orando por mí.

AGRADECIMIENTO

Antes que todo agradezco a DIOS todo poderoso quien lo puede todo, por darme la salud, la sabiduría y el entendimiento necesario para culminar mis estudios. A mi madre la Sra. Mabel Alexandra Ronquillo Moran y a mi esposa Estefanía García Ramos a mi hermana Gina Ronquillo Moran, quienes nunca dudaron de mí que con esfuerzo y sacrificio me brindaron su apoyo incondicional en cada momento y a todo el grupo familiar por brindarme su apoyo y atención a lo largo de mi preparación profesional. Agradezco a la Universidad Técnica de Babahoyo, a mis maestros y al personal administrativo por brindarme la oportunidad de realizar esta meta en mi vida personal. Al tutor de mi proyecto y a los miembros del tribunal porque sus conocimientos fueron guías y ayudaron a la culminación de este proyecto de investigación. Y por último a mis compañeros de aulas con quienes pasamos por varias experiencias inolvidables. Gracias a todos.

“La responsabilidad del contenido de este trabajo le corresponde exclusivamente a su autor; y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Babahoyo”.

Ing. Agrop. Andy Ramón Ronquillo Moran

MAESTRANTE



UNIVERSIDAD TÉCNICA BABAHOYO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Babahoyo 22 de septiembre del 2021

Ing. José Sandoya Villafuerte, MBA.
Director del Centro de Estudios de Posgrado UTB.
Presente.-

De mi consideración:

Luego de expresarle un cordial saludo, me dirijo a ustedes para darle a conocer la tesis titulada “***Control Biológico del Picudo de las Bananeras *Cosmopolites sordidus* Germar con el uso de varias cepas *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio***”, presentada por el **Ing. Andy Ramón Ronquillo Morán** estudiante de la maestría Protección Vegetal, fue revisada por el suscrito concediendo el aval correspondiente para que se proceda a solicitar la conformación del Tribunal de Sustentación.

Por la atención a la presente, reitero mi agradecimiento.

Atentamente.

Ing. David Mayorga Arias, Mg.IA
Director de Trabajo de Titulación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA.....	3
II. JUSTIFICACIÓN.....	4
III. OBJETIVOS.....	5
IV. HIPÓTESIS.....	6
V. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1. Picudo negro (<i>C. sordidus</i> Germar).....	7
5.1.1. Ciclo biológico del <i>C. sordidus</i>	7
5.1.2. Síntomas causados por el picudo negro en el cultivo del banano.....	8
5.1.3. Rango de hospederos.....	9
5.1.4. Clasificación taxonómica de <i>C. sordidus</i>	9
5.2. Hongos entomopatógenos.....	10
5.3. <i>B. bassiana</i>	11
5.3.1. Clasificación taxonomía de <i>B. bassiana</i>	12
5.3.2. Modo de acción.....	12
5.4. Antecedentes investigativos de control biológico de <i>C. sordidus</i>	14
5.5. Características de los bioinsecticidas.....	16
5.5.1. <i>Beauveria bassiana</i>	16
5.5.1.1. Ventajas de aplicación.....	16
5.5.1.2. Dosis.....	16
5.5.2. Beauvetic.....	17
5.5.2.1. Dosis.....	17
5.5.3. BbPLUS.....	17
5.5.3.1. Composición.....	17
5.5.3.2. Descripción.....	17
5.5.3.3. Modo de acción.....	18
5.5.3.4. Dosis.....	18
VI. METODOLOGÍA.....	19
6.1. Características del área de estudio.....	19

6.1.1.	Localización del área experimental.....	19
6.1.2.	Condiciones climáticas.....	19
6.2.	Materiales de campo.....	19
6.3.	Materiales y equipos de laboratorio.....	19
6.4.	Componentes de estudios.....	20
6.5.	Métodos.....	20
6.5.1.	Metodología y tipo de investigación.....	20
6.5.2.	Métodos.....	20
6.6.	Variables operacionales.....	21
6.7.	Tratamientos y diseño experimental.....	21
6.8.	Características del área experimental.....	23
6.9.	Recolección de <i>C. sordidus</i> en el campo.....	23
6.10.	Recolección de <i>C. sordidus</i> en laboratorio.....	23
6.11.	Aplicación de cepas de <i>B. bassiana</i> en insectos adultos de <i>C. sordidus</i>	24
6.12.	Variables a evaluar.....	24
6.12.1.	Numero de insectos vivos y muertos.....	24
6.12.2.	Porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de <i>B. bassiana</i>	25
6.12.3.	Porcentaje de mortalidad.....	25
6.13.	Análisis estadístico.....	25
VII.	RESULTADOS.....	27
7.1.	Numero de insectos vivos.....	27
7.2.	Numero de insectos muertos.....	29
7.3.	Porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de <i>B. bassiana</i>	31
7.4.	Porcentaje de mortalidad.....	33
VIII.	DISCUSIÓN.....	36
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
X.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	40
XI.	PRESUPUESTO.....	41
XII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	42
XIII.	ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación.....	21
Tabla 2. Fuentes de variación y sus grados de libertad.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo biológico de <i>C. sordidus</i> , Vallejo (2007).....	47
Figura 2. Recolección y desinfección de cormos con galerías de <i>C. sordidus</i>	48
Figura 3. Culminación de ciclo biológico de larvas y pupas de <i>C. sordidus</i> , para llegar a estado adulto en cormos de banano desinfectados.....	49
Figura 4. <i>C. sordidus</i> en estado adulto en cormos de banano desinfectados.....	49
Figura 5. Distribución de los tratamientos en el ensayo a nivel de laboratorio.....	50
Figura 6. Identificación de porcentaje de colonización de <i>B. bassiana</i> en insectos adultos de <i>C. sordidus</i>	50
Figura 7. Colonización de <i>B. bassiana</i> en insectos adultos de <i>C. sordidus</i> a los 8 días de inoculación.....	51
Figura 8. Colonización de <i>B. bassiana</i> en insectos adultos de <i>C. sordidus</i> a los 10 días de inoculación.....	51

RESUMEN

El estudio se realizó en el ambiente del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7,5 de la vía Babahoyo - Montalvo. Las coordenadas planas de un punto en el centro del área de investigación son: longitud - 1.797222 m y latitud -79.484171 m de la zona 17, según la proyección UTM y el sistema de referencia WGS84.

La distancia entre cada caja de Petri donde se encuentra el adulto de *C. sordidus* inoculado con *B. bassiana* es de 0,10 m, cuyo detalle se describe a continuación:

Se recolecto los insectos de *C. sordidus* en estado de larva, pupa y adulto en los cormos de plantas de banano afectados en el campo, en donde se utilizó un palín para extraer los cormos con galerías, los mismos que fueron llevados al Laboratorio de Entomología.

Antes de ingresar al Laboratorio de Entomología se limpió con agua todos los desechos o impurezas de los cormos y después se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.5%, para evitar cualquier tipo de contaminación.

La inoculación del hongo en los insectos adultos de *C. sordidus*, se realizó por microaspersión con micropipetas, dispersando las esporas de *B. bassiana* en la parte dorsal del insecto adulto con un 5 día de emergencia. Los insectos adultos inoculados fueron ubicados en cajas de Petri con 30 gr de pseudotallo y 30 gramos de corno fresco, mismos que fueron previamente desinfectados en agua en estado de ebullición por un periodo de 60 segundos. Para cada tratamiento se colocaron 5 insectos adultos con tres repeticiones, evaluándose cada 5, 8, 10 días después de la inoculación.

El tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L), presentaron mayor número de insectos muertos, después de 8 días de su inoculación.

Palabras claves: Larva, pupa, picudo, banano

ABSTRACT

The study was carried out in the environment of the Entomology Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at Km 7.5 of the Babahoyo - Montalvo road. The plane coordinates of a point in the center of the research area are: longitude - 1.797222 m and latitude -79.484171 m of zone 17, according to the UTM projection and the WGS84 reference system.

The distance between each Petri dish containing the adult *C. sordidus* inoculated with *B. bassiana* is 0.10 m, as described below:

C. sordidus insects in larva, pupa and adult stages were collected from the corms of affected banana plants in the field, where a palin was used to extract the corms with galleries, which were taken to the Entomology Laboratory.

Before entering the Entomology Laboratory, all debris or impurities from the corms were cleaned with water and then disinfected with 0.5% sodium hypochlorite to avoid any type of contamination. The inoculation of the fungus in the adult insects of *C. sordidus* was carried out by microaspiration with micropipettes, dispersing the spores of *B. bassiana* in the dorsal part of the adult insect with 5 days of emergence. The inoculated adult insects were placed in Petri dishes with 30 g of pseudostem and 30 g of fresh corm, which were previously disinfected in boiling water for a period of 60 seconds. For each treatment, 5 adult insects were placed in three replicates, evaluated every 5, 8 and 10 days after inoculation.

Treatment 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) and treatment 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L), presented the highest number of dead insects, 8 days after inoculation. Key words: Larva, pupa, weevil, banana.

INTRODUCCIÓN

El banano constituye uno de los principales cultivos de actividad agrícola de mayor importancia en el país, solventando la mayor parte de ingresos económicos al Ecuador y generando empleo a millones de familias.

La provincia de Los Ríos, netamente agrícola, está íntimamente ligada con la producción de Banano porque posee suelos fértiles, textura que permite realizar excelentes drenajes y con favorables condiciones agroclimáticas.

En Ecuador, se siembra aproximadamente 173 706 ha, de las cuales se cosechan 161 583 ha logrado una producción de 6 505 635 t. En la provincia de Los Ríos se cultivan aproximadamente 56 324 ha, de las cuales se cosechan 55 168 ha, alcanzando una producción de 2 472 546 t, reflejando un rendimiento promedio de 44,82 t/ha (MAG, 2019).

El uso indiscriminado de pesticidas en la agricultura convencional ha causado pérdida de la biodiversidad, perjuicios en la salud de las personas que se dedican a las labores culturales o consumo del cultivo e impacto del marketing de las empresas que se dedican a la producción de cultivos.

Es necesario la aplicación de productos biológicos debido al elevado costo que poseen los plaguicidas químicos para el control de enfermedades y que consecuentemente repercuten en la contaminación ambiental y el agotamiento del recurso tierra; además el uso de la mano de obra como medida positiva en el empleo de estos productos, que garantiza la salud de trabajadores.

El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga importante del banano y plátano. El picudo adulto es negro y mide 10-15 mm. Vive libremente, aunque es más común encontrarlo entre las vainas foliares, en el suelo en la base de la mata o asociado con los residuos del cultivo. El picudo

es activo de noche y muy susceptible a la desecación. Los adultos pueden permanecer en la misma mata por largos períodos de tiempo, y sólo una pequeña parte de ellos podrá moverse a una distancia mayor de 25 m durante un período de 6 meses. Los picudos vuelan raramente. La diseminación ocurre principalmente a través del material de plantación infestado (Gold & Messiaen, 2000).

El control y eliminación de estos voraces insectos incluyen métodos mecánicos, químicos y físicos; los cuales generalmente son contaminantes y afectan a otros organismos. Una alternativa a estos métodos es el control biológico, que se basa en la manipulación de enemigos naturales, como los hongos entomopatógenos de insectos, entre los géneros más conocidos están *Beauveria*, considerado como agente potencial para el desarrollo de un micoinsecticida (Pariona *et al.*, 2007).

El presente documento evidencio alternativas ecológicas para controlar *C. sordidus* con *B. bassiana* en plantaciones bananeras de la Provincia de Los Ríos.

I. PROBLEMA

En la producción de banano una de las principales plagas que ocasiona daños económicos considerables es el picudo negro, en donde se enfrentan varios obstáculos al aplicar medidas para salvar la producción de la fruta. La plaga del picudo negro en el banano en poblacionales altas se considera como una plaga de mucha importancia económica, ya que su daño es directo a la planta. Cuando el picudo supera el umbral económico (4-5 insectos por trampas), este produce daños severos al cultivo, en su estado larval del insecto es más dañino, produciendo galerías en el cormo lo que obstruye el paso del agua y los nutrientes a la planta del banano.

La constante y creciente aplicación de pesticidas con alto grado de persistencia y toxicidad en el medio, para el control del picudo negro en el cultivo de banano, ha generado graves impactos ecológicos y a la salud del agricultor, despertando una tendencia del uso de medidas más amigable en el sector bananero tratando de sustituir los controles convencionales, mediante la aplicación del control biológico debido a su bajo costo y fácil aplicación, estos controles se basan en la necesidad de aplicación de hongos entomopatogenos como *B. bassiana*, jugando un papel importante para reducir los niveles poblacionales y disminuir el daño de picudo negro en el cultivo de banano.

II. JUSTIFICACIÓN

En poblaciones altas *C. sordidus* generan elevadas pérdidas en los rendimientos del cultivo de banano que oscilan entre un 35 % hasta un 90 %, debido a que en estado de larva se alimentan del corno generando galerías, en donde bajo altas infestaciones llegan al sistema radical provocando desbalances nutricionales, pudriciones, caída de las plantas y facilitan de forma indirecta el paso de fitopatógenos que pueden ocasionar enfermedades de gran importancia dentro de la planta (Castríllon, 2000).

De acuerdo a investigaciones realizadas en el cultivo de banano se han utilizado varias cepas de *B. bassiana* las cuales actúan desarrollándose y penetrando la cutícula del insecto provocándole la muerte. Se ha evaluado el uso de *B. bassiana* en plantaciones bananeras y bajo condiciones de laboratorio, utilizando diferentes dosis encontrando únicamente presencia de micelio a nivel de cutícula luego de dos días de realizada la aplicación de dicho hongo entomopatógeno, siendo una alternativa para el control biológico de *C. sordidus* (Zapata, 2016).

De acuerdo a lo manifestado anteriormente este proyecto de investigación, está orientado a la evaluación de varias cepas de *B. bassiana* para el manejo de adultos de *C. sordidus* a nivel de laboratorio, con la finalidad de evitar utilizar materias activas, mismas que se han usado durante años, induciendo al insecto a crear resistencia a dichas sustancias activas, lo cual ha convertido a la plaga en un insecto difícil de controlar.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia de varias cepas de *B. bassiana* para el control de *C. sordidus* en condiciones de laboratorio.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar varias cepas de *B. bassiana* en diferentes dosis para el control de *C. sordidus* en estado adulto.
- Determinar el porcentaje de insectos con presencia de micelio en adultos de *C. sordidus*.
- Evidenciar la mortalidad de adultos de *C. sordidus* tratados con diferentes dosis de *B. bassiana*

IV. HIPÓTESIS

H₀: Todas las cepas de *B. bassiana* son eficaces para el control de *C. sordidus* que ataca el cormo en el cultivo de banano.

H₁: Por lo menos una dosis de una cepa de *B. bassiana*, es eficiente para el control de adultos de *C. sordidus* que ataca el cormo en el cultivo de banano, como alternativa al control químico.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Picudo negro (*C. sordidus* Germar)

El picudo negro del banano *C. sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga importante del banano, plátano. El picudo adulto es negro y mide 10-15 mm. Vive libremente, aunque es más común encontrarlo entre las vainas foliares, en el suelo en la base de la mata o asociado con los residuos del cultivo. El picudo es activo de noche y muy susceptible a la desecación. Los adultos pueden permanecer en la misma mata por largos períodos de tiempo, y sólo una pequeña parte de ellos podrá moverse a una distancia mayor de 25 m durante un período de 6 meses. Los picudos vuelan raramente y su diseminación ocurre principalmente a través del material de plantación infestado (Gold & Messiaen, 2000).

5.1.1. Ciclo biológico del *C. sordidus*

El ciclo de vida de *C. sordidus* está conformado por cuatro estados biológicos, huevo, larva, pupa y adulto, en donde el estado larval es el responsable de provocar los daños en el cormo generando galerías, la hembra del adulto es la encargada de poner de 60 a 100 huevos en todo su ciclo, en las galerías del cormo (Anexo, figura 1). Es catalogado la principal plaga del cultivo de banano, debido a que ataca únicamente el cormo, perforándolo y consumiéndolo, provocando limitaciones para la absorción de agua y nutrientes, afectando el desarrollo de yemas, al igual que el amarillamiento y debilitamiento del pseudotallo (Vallejo, 2007).

Los insectos adultos de *C. sordidus* son atraídos por las sustancias volátiles emitidas por las plantas hospederas. Generalmente los rizomas cortados generan una atracción especial. Es difícil establecer un nuevo cultivo en campos con infestaciones anteriores o cerca de los campos con altos índices de infestación. Los retoños que se utilizan como material de plantación son especialmente susceptibles al ataque de *C. sordidus*. Se han registrado

pérdidas de más de 50% del cultivo debido al picudo negro del banano (Suarez & Suarez, 2020).

El picudo negro genera daños directos e indirectos, respecto al daño directo se origina cuando realiza perforaciones en el cormo y pseudotallo de la planta, destruyendo el sistema radical, impidiendo el mayor anclaje y debilitando a las plantas, lo cual provoca el acame con facilidad de las plantas, provocando pérdidas en los rendimientos; también impide que se desarrollen nuevas yemas vegetativas y hojas provocando que el periodo de vida de la plantación será menor a la correspondiente. El daño indirecto se origina debido a las galerías causadas en el cormo, en donde se introducen fitopatogenos que alteran el normal desarrollo y crecimiento de la planta, al igual que causan pudriciones y hasta la muerte de la planta (Monserrate, 2010). El picudo negro tanto por su daño directo e indirecto genera una disminución en el número de manos por racimo, volcamiento de la planta, disminución del peso hasta en un 70 % y la pérdida total del cultivo en casos severos (Castrillon, 2000).

El ataque severo de *C. sordidus* reprime el desarrollo normal del sistema radicular, lo cual limita la absorción de los nutrientes, disminuyendo el vigor de las plantas, retrasando la floración, al igual que las plantas fuertemente infestadas son más susceptibles a otras plagas (Góld & Messiaen, 2000).

5.1.2. Síntomas causados por el picudo negro en el cultivo del banano

La infestación de *C. sordidus* reprime el crecimiento de las raíces, provoca la necrosis de las raíces existentes, limita la absorción de los nutrientes disponibles, disminuye el vigor de las plantas, retrasa la floración, al igual que aumenta la susceptibilidad a plagas. La reducción del rendimiento son provocados por la pérdida de plantas y por el reducido peso de los racimos. Por lo general el volcamiento es atribuido por el ataque de nemátodos, siendo importante conocer que se ha evidenciado altos volcamientos de las plantas cuando existen altas infestaciones de *C. sordidus* (Gold & Messiaen, 2000).

5.1.3. Rango de hospederos

Abera *et al.*, (1999), mencionan que los hospederos del insecto fueron determinados mediante varios estudios de campo, estableciendo que *C. sordidus* daña especies de *M. sapientum* y *Ensete ventricosum*. El picudo afecta a la planta hospedera en pie en todas sus etapas, incluyendo los residuos del cultivo, ya cortados. Los rizomas cortados, son especialmente atractivos para los picudos del banano. Por lo tanto, los brotes desprendidos, utilizados como “mulch” pueden ser especialmente vulnerables al ataque y permitir el incremento de la plaga.

Los huevos tienden a ser depositados en los pseudotallos y, en segundo lugar, en el rizoma. La plaga puede atacar en cualquier estado de desarrollo de la planta, las larvas se alimentan y desarrollan dentro de la cepa (rizoma o bulbo), formando galerías o túneles, los síntomas se manifiestan con amarillamiento de las hojas, debilidad, poco desarrollo de la planta y formación de racimos defectuosos (Carmona, 2008).

Según Vilardebo (1973), la presencia de un nivel de daño entre 0-5%, se considera aceptable para la finca; cuando este daño supera el 5%, se considera una alerta; cuando alcanza el 10%, se debe recurrir al combate químico usando dosis mínimas de agroquímicos. Si ese daño supera el 20%, el combate químico y cualquier otro método de control es ya inútil, pues los daños ocasionados al cultivo son irreversibles y económicamente la plantación no es rentable, debido al aumento de los daños que son provocados por el efecto de la alta incidencia poblacional de larvas del insecto en los cormos de la plantación de plátano, aplicable también a las plantaciones de banano.

5.1.4. Clasificación taxonómica de *C. sordidus*

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Género: Cosmopolites

Especie: *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824)

El picudo negro afecta la planta de plátano durante todo su ciclo de vida, al hacer túneles en la cepa y afecta los haces vasculares de la planta. Las prácticas de manejo a considerarse para disminuir las poblaciones son : eliminar residuos de cosecha y cormos, cortar los pseudotallos de las plantas cosechadas en pequeños trozos y esparcirlos en la plantación, mantener la plantación libre de malezas, fertilización adecuada y monitorear plantas afectadas para su destrucción, utilizar semillas sanas, construir trampas con residuos cepas y pseudotallos para la captura de adultos, usar control microbial a base de hongos como *B. bassiana* y *Matarhziium anisopliae*, los cuales se desarrollan en larvas, pupas y adultos (Carmona, 2008).

5.2. Hongos entomopatógenos

Villalobos (2012), manifiesta que los hongos son microorganismos eucariontes, sin clorofila; pueden ser unicelulares o pluricelulares; son filamentosos y con paredes celulares que contienen quitina y celulosa. Se reproducen sexual o asexualmente con o sin esporas; la reproducción asexual es la más frecuente, involucrando la formación de esporas microscópicas de paredes delgadas llamadas conidios, los cuales se desarrollan en los conidióforos. Dentro del grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga se encuentran los hongos entomopatógenos. Generalmente los insectos presentan una alta susceptibilidad a diferentes enfermedades generadas por estos hongos.

Téllez *et al.*, (2009) detallan que existen alrededor de 750 especies de hongos entomopatógenos en casi 100 géneros aproximadamente. Dentro de los más utilizados a nivel mundial se encuentran *M. anisopliae* y *B. bassiana*. Varias de estas especies han sido

evaluadas para el control de insectos y existen en el mercado como bioinsecticidas de fácil aplicación, rentables y ambientalmente inocuos.

Alean *et al.*, (2004), afirman que los hongos entomopatógenos son considerados como los agentes de control biológico más promisorios contra insectos chupadores, como es el caso de los áfidos, escamas, moscas blancas y cicadélidos, ya que pueden infectar a los insectos directamente a través de la penetración de la cutícula; sus múltiples mecanismos de acción les confieren una alta capacidad para evitar que el hospedero desarrolle resistencia. La mayoría de los hongos entomopatógenos presentan crecimiento macroscópico sobre la superficie de sus hospederos, sin embargo, algunas especies no producen crecimiento superficial o producen muy poco. Su crecimiento y desarrollo están limitados principalmente por las condiciones ambientales externas, en particular, alta humedad relativa (óptima para germinación, por encima de 95%) y temperatura (entre 20 y 30°C) adecuada para la esporulación y germinación de esporas. Las enfermedades causadas por estos hongos son denominadas “micosis” (Falconi, 2009).

5.3. *B. bassiana*

Existen agentes de control biológico con un alto potencial biocontrolador, dentro de ellos se encuentra el hongo entomopatógeno (*B. bassiana*), en donde varios autores han evaluado su acción en el control biológico del picudo negro en el cultivo de banano, logrando resultados positivos en países como Costa Rica, Venezuela, Francia, Colombia, Uganda y Cuba (Vázquez, 2010).

El hongo *B. bassiana* es considerado uno de los agentes de control biológico con mejor eficiencia en el sector agrícola. Existen experiencias de todas partes del mundo en el control exitoso de varios tipos de plagas, que causan daño y grandes pérdidas en el sector (Chiriboga *et al.*, 2015).

5.3.1. Clasificación taxonomía de *B. bassiana*

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordycipitaceae

Género: Beauveria

Especie: *Beauveria bassiana* (Vuillemin, 1912).

5.3.2. Modo de acción

Las esporas de este hongo entran en contacto con la cutícula del insecto adulto de *C. sordidus*, germinando y penetrando en la parte interna del exoesqueleto, afectando los tejidos grasos y los órganos, en donde el insecto tiende a no alimentarse y muere en unos 4-10 días después de la infección. Su eficacia en condiciones de campo depende de varios factores, tales como: patogenicidad de la cepa, sustrato, conservación y aplicación del producto, estado de desarrollo del insecto, temperatura, humedad y radiación solar (Perera *et al.*, 2011).

Malpartida *et al.*, (2013), mencionan que *B. bassiana* es un hongo entomopatógeno, que causa síntomas importantes en sus hospederos tales como: pérdida de sensibilidad, falta de coordinación, letargo, inapetencia, melanización y parálisis. Cuando el insecto fenece, el hongo *B. bassiana* se beneficia, pues incrementa su esporulación y posterior dispersión, lo cual permite un control más allá de la aplicación.

Según Intagri (s. f.), establece que el desarrollo del hongo se puede dividir hasta en ocho etapas mismas que son:

- a.** Adhesión: Se refiere a que en el primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto adulto, las esporas (conidios) son depositadas en la superficie del insecto.
- b.** Germinación: Este proceso inicia cuando el conidio genera su tubo germinativo y un órgano sujetador (llamado apresorio), que le permite fijarse a la superficie del insecto adulto. Para una germinación adecuada se requiere una humedad relativa del 90 % y temperatura de entre 22 a 25°C.
- c.** Penetración: Después de la fijación mediante mecanismos físicos (acción de presión sobre la superficie de contacto) y químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas.
- d.** Producción de toxinas: Dentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades de hospedante. Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos. Otras toxinas que secreta son beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassianina que han mostrado cierta actividad insecticida. El propósito de las toxinas es evitar el ataque a las estructuras invasivas del hongo.
- e.** Muerte del insecto: Muerte del patógeno y marca fin de la fase parasítica, dando así inicio a la fase saprofíticas.
- f.** Multiplicación y crecimiento: Después de la muerte del insecto, el hongo multiplica sus unidades infectivas (hifas) y estas de manera simultánea crecen, terminando por invadir todos los tejidos del insecto y haciéndose resistente a la descomposición, aparentemente por los antibióticos segregados por el hongo. Después de la completa invasión, el desarrollo posterior del hongo sobre el insecto depende de la humedad relativa, y en caso de no contar con las condiciones idóneas el insecto permanece con apariencia de momia.

- g. Penetración del interior hacia el exterior: Solo si las condiciones ambientales lo permiten el hongo penetra las partes blandas del insecto y emerge hacia el exterior.
- h. Producción de nuevas unidades reproductivas: Al contar con las condiciones para su desarrollo inicia la producción de nuevas unidades reproductivas o conidios.

5.4. Antecedentes investigativos de control biológico de *C. sordidus*

González *et al.*, (2009), mencionan que entre los agentes de control biológico el más destacado es el hongo entomopatógeno *B. bassiana* (Bálsamo) Vuillemin; no obstante, se conocen algunos clones resistentes al insecto que pueden proporcionar fuentes genéticas de resistencia para los programas de mejoramiento de plátanos y bananos de cocción que son cultivados. *B. bassiana* es uno de los entomopatógenos más estudiados y utilizados para el control biológico de plagas, como regulador natural de poblaciones de insectos. Cuando el hongo está presente en la hemolinfa, germina y produce nuevas hifas, extendiéndose así en la cavidad del cuerpo. Después de muerto el insecto el hongo produce clamidosporas que pueden mantenerlo viable dentro de los insectos muertos, estas germinan posteriormente y emergen hifas que esporulan en la superficie del hospedero y producen nuevas esporas infectivas.

El hongo *B. bassiana* (Bb) ha demostrado potencial como agente de control biológico de insectos, y conocer sus mecanismos de virulencia es esencial para demostrar la solidez de su uso (Paredes, 2016).

Se ha reportado para el control de muchas plagas de cultivos la aplicación exógena de Bb con formulaciones en spray. El papel de Bb como una herramienta entre muchas en el manejo integrado de plagas, en lugar de un enfoque de gestión independiente, debe ser mejor desarrollada a través de la gama de sistemas de cultivo (Moura & Stefan, 2016). Las esporas del hongo Bb entran en contacto con la cutícula del insecto susceptible, las esporas germinan y crecen directamente a través de la cutícula del cuerpo interior del insecto. Aquí

el hongo prolifera en todo el cuerpo del insecto y produce toxinas, vaciado del insecto de nutrientes y eventualmente matarlo. Bb es considerado un patógeno virulento contra el picudo negro del banano *C. sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) (Hlerema *et al.*, 2017).

Brenes (2003) y Brenes & Carballo (2004) expusieron que *C. sordidus* mostró susceptibilidad frente a varios aislamientos de *B. bassiana*.

Ayala, (1997) probó el efecto de *B. bassiana* sobre *C. sordidus* y obtuvieron resultados superiores al 90% de efectividad.

Según Navas (2011), conforme a los bioensayos a nivel de laboratorio realizados en Costa Rica, por Brenes & Carballo (2004) quienes evaluaron la virulencia de seis aislados de *B. bassiana* para el control de *C. sordidus*, en donde se utilizó una concentración de 1×10^9 conidios/ml, obteniendo una tasa de mortalidad entre 72,5 a 100%, expresando que los aislados evaluados son patogénicos en mayor o menor grado. Estos mismos autores determinaron que el aislados A-4 de *B. bassiana*, genera una mortalidad de 97,5% a los 21 días después de la inoculación de los insectos, al utilizar una concentración de 4×10^9 conidios/ml.

En otro ensayo posterior Carballo (2001), expresa que *B. bassiana* son los agentes de control biológico más promisorios para el control de las larvas y adultos de *C. sordidus*. En donde como relevancia en Cuba se ha alcanzado una mortalidad de 61% y 85 % con una concentración de 105 conidios/cm² de suelo de razas locales de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. En Brasil también se han logrado resultados exitosos (85 y 95% de mortalidad) usando *B. bassiana* y *M. anisopliae* preparados sobre arroz o frijol, permitiendo que los insectos adultos caminen sobre el micelio del hongo, para que se infectaran durante la colonización del mismo.

El hongo *B. bassiana* debe aplicarse bajo condiciones propicias para su desarrollo, es decir deben prevalecer condiciones idóneas de medio ambiente, con temperaturas 23 °C a 25 °C

y humedad relativa de 92% y la presencia de hospederos (plaga objetivo), las formas de aplicación suelen ser: mediante aplicaciones foliares siendo la más común, usando formulaciones líquidas o sólidas; uso de trampas con hongo entomopatógenos adicionando feromonas como atrayentes y a través de riego en drench. Para que *B. bassiana* actúe requiere ponerse en contacto con el insecto, de otra manera no tendrá acción alguna (Intagri, s. f.).

5.5. Características de los bioinsecticidas

5.5.1. Beauveria bassiana

B. bassiana es catalogado un hongo deuteromiceto que se desarrolla de forma natural en los suelos de todo el mundo. Posee un alto potencial como entomopatógeno, lo cual lo hace capaz de parasitar a especies de insectos, provocando la conocida enfermedad blanca de la muscardina. Actualmente es utilizado como biocontrolador controlando un gran número de insectos plagas de las plantas tales como las orugas, las termitas, las moscas blancas, los áfidos, los tisanópteros (FENEC S.A., 2020).

5.5.1.1. Ventajas de su aplicación:

- No provoca contaminación en el medio ambiente.
- No genera toxicidad en humanos, animales y plantas.
- Al momento de establecerse a nivel de campo se convierte en un reservorio benéfico de inóculo.
- Puede utilizarse a nivel de agricultura orgánica y convencional.
- Puede aplicarse en combinación con insecticidas, fertilizantes foliares, bactericidas y algunos fungicidas sistémicos.

5.5.1.2. Dosis

Se ha establecido para el control de picudo negro 1 kg/ha

5.5.2. Beauvetic

Contiene una concentración de esporas viables de *B. bassiana* por gramo de 5×10^{10} .

B. bassiana, hongo entomopatógeno causa efectos permanentes en las poblaciones de insectos plaga de importancia económica y es utilizado ampliamente como agente de control biológico en programas de manejo integrado, acciona al parasitar a los insectos plaga a los cuales les causa la enfermedad conocida como muscardina, una vez que ingresa al insecto coloniza su pared intestinal, produciéndole septicemia y ocasionándole la muerte (Ecuaplantas, 2020).

Infecta a más de 200 especies de insectos, entre los que se destacan gusanos, termitas, áfidos, ácaros, escarabajos, entre otros.

5.5.2.1. Dosis

Se ha establecido para el control de picudo negro 100 g/ha.

5.5.3. BbPLUS

5.5.3.1. Composición

B. bassiana 1×10^9 UFC/ml.

5.5.3.2. Descripción

BbPLUS es una formulación líquida que contiene una cepa entomopatógena correspondiente a *B. bassiana*. El microorganismo beneficioso *B. bassiana* es un hongo que parasita nematodos e insectos plagas nocivos que habitan en suelos agrícolas, son aislados directamente de huevos, juveniles y adultos de nematodos, insectos o de muestras de suelo. Para el desarrollo de BbPLUS se realizaron aislamientos de cepas de los hongos mencionados, tanto de suelos cultivados con una alta carga de pesticidas como de suelos orgánicos y suelos no cultivados. Dependiendo del aislamiento, se ha encontrado que pueden crecer a temperaturas que fluctúan entre 8°C y 35°C, aunque la mayoría crecen mejor entre 15 y 30°C. Tienen una amplia adaptación a diferentes valores de pH del suelo y pueden crecer en una gran variedad de sustratos (Microtech, 2020).

5.5.3.3. Modo de acción

El hongo *B. bassiana* parasita huevos, juveniles y adultos de nemátodos e insectos; el hongo en la etapa inicial produce toxinas neuromusculares que genera parálisis total o parcial. Adicionalmente, produce proteasas que degradan rápidamente la cutícula permitiendo una invasión del hipodermo generando la invasión de las hifas su proliferación. El daño que se genera es un conjunto de efectos mecánicos, agotamiento de nutrientes y toxicidad. Las conidias de los hongos se adosan a la pared externa, germinan y producen estructuras que penetran en el cuerpo del nematodo o insecto del cual se alimentan hasta matarlo.

5.5.3.4. Dosis

Se ha establecido una dosis de 2 L/ha.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Características del área de estudio

6.1.1. Localización del área experimental

El estudio se realizó en el ambiente del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7,5 de la vía Babahoyo - Montalvo. Las coordenadas planas de un punto en el centro del área de investigación son: longitud -1.797222 m y latitud -79.484171 m de la zona 17, según la proyección UTM y el sistema de referencia WGS84.

6.1.2. Condiciones climáticas

La estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo es la más cercana al área de estudio, reporta para la zona un clima tropical húmedo según la clasificación de Köppen, con una temperatura media anual de 25,5°C, precipitación anual 2.329 mm, humedad relativa de 80 % mensual, heliofanía promedio mensual de 74 horas de brillo solar.

6.2. Materiales de campo

- Pala
- Palin
- Machete
- Cajas de plástico
- Frascos de vidrio

6.3. Materiales y equipos de laboratorio

- Cajas de Petri
- Algodón
- Papel filtro

- Cajas de plástico
- Estufas
- Mallas nylon
- Pinzas
- Estiletes
- Bisturí
- Alcohol 70%
- Hipoclorito de sodio 0.5%

6.4. Componentes en estudio

- a) **Hongo entomopatógeno:** Bioinsecticidas con cepas de *B. bassiana*
- b) **Tipo de aplicación del inóculo:** Mediante inoculación conidial con micropipeta.
- c) **Plaga:** Insectos adultos de *C. sordidus*

6.5. Métodos

6.5.1. Metodología y tipo de investigación

Se realizó una investigación cuali-cuantitativa de tipo experimental en la que se conformarán diversos tratamientos para probar la efectividad de diferentes productos biológicos para el control *C. sordidus* bajo condiciones de laboratorio. Los resultados obtenidos servirán para ofrecer recomendaciones para el manejo de *C. sordidus* en el cultivo de banano.

6.5.2. Métodos

Se empleó el método Inductivo-Deductivo y el Método Documental.

El método Inductivo-Deductivo se empleó en la identificación de los tratamientos a desarrollar, así como en el análisis de los resultados de las mediciones de las variables estudiadas.

El método de investigación documental se utilizó en la elaboración del marco teórico que fundamenta la investigación, por otra parte, será lo aplico para discutir los resultados, además fue fundamental para apoyar la discusión de los resultados al hacer la comparación con los obtenidos en investigaciones anteriores.

6.6. Variables operacionales

- **Variables independientes:** Aplicación de varias cepas de *B. bassiana* en diferentes dosis.
- **Variables dependientes:** Control biológico de insectos adultos de *C. sordidus*.

6.7. Tratamientos y diseño experimental

Se empleó 12 tratamientos, los mismos que están basados en la aplicación de biocontroladores (entomopatogenos) y un testigo químico con dosis diferentes, con tres repeticiones por tratamiento, distribuidas en un ensayo de bloques completos al azar. (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación para el control de *C. sordidus* con la aplicación de varias cepas *B. bassiana* en condiciones de laboratorio. Babahoyo, 2021.

Nº	Tratamientos	Dosis/litro solución	Frecuencia de aplicación en adultos emergidos (días)	
1	<i>B. bassiana</i>	5 g/L	5	
			8	
			10	
2		6 g/L	5	
			8	
			10	
3			7 g/L	5

			8
			10
4	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	0.5 g/L	5
			8
			10
5		1.5 g/L	5
			8
			10
6		2.5 g/L	5
			8
			10
7	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	10.5 ml/L	5
			8
			10
8		11.5 ml/L	5
			8
			10
9		12.5 ml/L	5
			8
			10
10	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	10 ml/L	5
			8
			10
11		11 ml/L	5
			8
			10
12		12 ml/L	5
			8
			10

6.8. Características del área experimental

La distancia entre cada caja de Petri donde se encuentra el adulto de *C. sordidus* inoculado con *B. bassiana* es de 0,10 m, cuyo detalle se describe a continuación:

Ancho del espacio de la caja de Petri: 0,10 m

Longitud del espacio de la caja de Petri: 0,10 m

Área del espacio de la caja de Petri: $0,20 \text{ m}^2$

Cajas de Petri en el ensayo: 36

Área total del ensayo: $0,20 \text{ m}^2 * 36 = 7.2 \text{ m}^2$

6.9. Recolección de *C. sordidus* en el campo

Se recolecto los insectos de *C. sordidus* en estado de larva, pupa y adulto en los cormos de plantas de banano afectados en el campo, en donde se utilizó un palín para extraer los cormos con galerías, los mismos que fueron llevados al Laboratorio de Entomología.

Antes de ingresar al Laboratorio de Entomología se limpió con agua todos los desechos o impurezas de los cormos y después se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.5%, para evitar cualquier tipo de contaminación.

6.10. Recolección de *C. sordidus* en Laboratorio

De los cormos ingresados al laboratorio, se extrajeron las larvas, pupas y adultos, para ser sometidos a un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio al 0.5%, para evitar una contaminación en el ensayo. Las larvas fueron sometidas a cumplir su ciclo biológico, en donde se las alimento con el cormo recolectado dentro de una caja de plástico, cubierto de una malla nylon para evitar la fuga del insecto en estado adulto

Las pupas recolectadas también fueron sometidas a terminar su ciclo de vida hasta llegar a estado adulto; teniendo como importancia que tanto el insecto en estado larval y pupa, tenían que terminar su ciclo para obtener los adultos como proceso final, los mismos que

fueron desinfectados por proceso de inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% durante 30 segundos, posteriormente se enjuago los insectos por tres ocasiones con agua destilada estéril. Luego los insectos fueron colocados en recipientes plásticos con papel filtro para su respectivo secado. Se seleccionaron los insectos más activos, con movilidad para garantizar la homogeneidad en los tratamientos.

6.11. Aplicación de cepas de *B. bassiana* en insectos adultos de *C. sordidus*

La inoculación del hongo en los insectos adultos de *C. sordidus*, se realizó por microaspersión con micropipetas, dispersando las esporas de *B. bassiana* en la parte dorsal del insecto adulto con un 5 días de emergencia.. Los insectos adultos inoculados fueron ubicados en cajas de Petri con 30 gr de pseudotallo y 30 gramos de corno fresco, mismos que fueron previamente desinfectados en agua en estado de ebullición por un periodo de 60 segundos. Para cada tratamiento se colocaron 5 insectos adultos con tres repeticiones, evaluándose cada 5, 8, 10 días después de la inoculación (López, 2017)

6.12. Variables a evaluar

Las variables a estudiar se evaluaron en cada tratamiento durante un periodo de 5, 8 y 10 días después de la inoculación del hongo en insectos adultos de *C. sordidus*, en donde se demuestra las siguientes variables:

6.12.1. Número de insectos vivos y muertos

Se realizaron revisiones a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos a base de los biocontroladores con dosis diferentes, en donde se cuantificaron la cantidad de insectos vivos que presentaron movilidad al momento de la evaluación. Para la variable de picudos muertos se tomó como referencia la cantidad de insectos con ausencia de movilidad.

6.12.2. Porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de *B. bassiana*

Para esta variable se consideraron los insectos que presentaron crecimiento de micelio en el exoesqueleto a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos a base de los

biocontroladores con dosis diferentes, en donde la observaciones se realizaron con ayuda de un microscopio compuesto.

6.12.3. Porcentaje de mortalidad

Para esta variable se registró el porcentaje de mortalidad del picudo (*C. sordidus*) en condiciones de laboratorio, para lo se cuantifico el número de insectos muertos por acción de los tratamientos, empleando la siguiente formula Muñoz (2001):

$$\left(\frac{X}{Y} \right) \times 100$$

Dónde:

%M= Porcentaje de mortalidad

X= Total de insectos muertos en el control

Y= Total de insectos vivos en el tratamiento

6.13. Análisis estadístico

Los datos recopilados en cada variable fueron procesados estadísticamente, determinando parámetros de estadística descriptiva: media, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación. Además, se realizó un análisis de varianza para comparar los tratamientos de acuerdo con las fuentes de variación que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Fuentes de variación y sus grados de libertad

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Tratamientos (n-1)	11
Repeticiones (m-1)	2
Error (n-1)*(m-1)	22
Total (sumatoria)	35

Mediante la prueba de Tukey al 95 % de probabilidades, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables analizadas. Para todos los análisis se utilizó el software de análisis estadístico *Infostat*.

VII. RESULTADOS

7.1. Número de insectos vivos

En la tabla 3, se detalla los promedios de número de insectos vivos evaluados a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Se encontró alta significancia estadística en todas las observaciones realizadas. Los coeficientes de variación fueron 8.66 %, 17.41 % y 33.14 % respectivamente.

En la evaluación a los 5 días se encontró que los tratamientos *B. bassiana* 5 g/L (5 insectos vivos), *B. bassiana* 6 g/L (5 insectos vivos) y *B. bassiana* 7 g/L (5 insectos vivos), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio en los testigos químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y 12 ml/L con un insecto vivo.

A los 8 días se reportó que los tratamientos Beauvetic (*B. bassiana*) 0.5 g/L (3.33 insectos vivos), *B. bassiana* 5 g/L (4 insectos vivos) y *B. bassiana* 6 g/L (4 insectos vivos), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. En los testigos químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y 12 ml/L no existió insectos vivos.

Cuando se evaluó a los 10 días se observó que los tratamientos *B. bassiana* 5 g/L (2.33 insectos vivos) y *B. bassiana* 6 g/L (2.33 insectos vivos), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se presentó en los testigos químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L, 12 ml/L y 13 ml/L, con la presencia de cero insectos vivos.

Tabla 3. Promedio de insectos vivos con la aplicación de varias cepas *B. bassiana* en condiciones de laboratorio. Babahoyo, 2021.

Nº	Tratamientos	Dosis/litro solución	Número de insectos vivos		
			5 días	8 días	10 días
1	<i>B. bassiana</i>	5 g/L	5 a	4 a	2.33 a
2	<i>B. bassiana</i>	6 g/L	5 a	4 a	2.33 a

3	<i>B. bassiana</i>	7 g/L	5 a	3 ab	2 ab
4	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	0.5 g/L	4.33 ab	3.33 a	2 ab
5	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	1.5 g/L	4 bc	3 ab	2 ab
6	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	2.5 g/L	3.33 cd	2 bc	1.67 ab
7	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	10.5 ml/L	3 d	1.67 c	1 bc
8	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	11.5 ml/L	3 d	1 cd	1 bc
9	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	12.5 ml/L	3.33 cd	1 cd	1 bc
10	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	10 ml/L	2 e	1 cd	0 c
11	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	11 ml/L	1 f	0 d	0 c
12	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	12 ml/L	1 f	0 d	0 c
Promedios			3.33	2.00	1.27
Significancia estadística			**	**	**
Coeficiente de variación %			8.66	17.41	33.14

(**): Altamente significativo.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

7.2. Número de insectos muertos

En la tabla 4, se presenta el promedio de insectos muertos evaluados a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Se encontró alta significancia estadística al 5 % en todas las observaciones realizadas. Con coeficientes de variación fueron 13.26 %, 33.02 % y 57.26 % respectivamente.

En la evaluación a los 5 días se encontró que los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L (4 insectos muertos) y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L (4 insectos muertos), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos con cero insectos muertos se presentaron en los tratamientos *B. bassiana* 5 g/L, *B. bassiana* 6 g/L y *B. bassiana* 7 g/L.

Las observaciones a los 8 días reportaron, que los tratamientos Beauvetic (*B. bassiana*) 2.5 g/L (1.33 insectos muertos), BbPLUS (*B. bassiana*) 10.5 ml/L (1.33 insectos muertos), *B. bassiana* 7 g/L (2 insectos muertos), BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (2 insectos muertos) y BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L (2 insectos muertos), fueron estadísticamente iguales entre ellos y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se encontró en los testigos químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y 12 ml/L con cero insectos muertos.

En la evaluación a los 10 días se observó que los tratamientos *B. bassiana* 5 g/L (1.67 insectos muertos) y *B. bassiana* 6 g/L (1.67 insectos muertos), fueron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos se reportaron en los tratamientos BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L, BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L, Solvigo (Thiamethoxam) 10 ml/L, Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero insectos muertos.

Tabla 4. Promedio de insectos muertos con la aplicación de varias cepas *B. bassiana* en condiciones de laboratorio. Babahoyo, 2021.

N°	Tratamientos	Dosis/litro solución	Número de insectos muertos		
			5 días	8 días	10 días
1	<i>B. bassiana</i>	5 g/L	0 f	1 ab	1.67 a
2	<i>B. bassiana</i>	6 g/L	0 f	1 ab	1.67 a
3	<i>B. bassiana</i>	7 g/L	0 f	2 a	1 abc
4	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	0.5 g/L	0.67 ef	1 ab	1.33 ab
5	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	1.5 g/L	1 de	1 ab	1 abc
6	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	2.5 g/L	1.67 cd	1.33 a	0.33 bc
7	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	10.5 ml/L	2 c	1.33 a	0.67 abc
8	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	11.5 ml/L	2 c	2 a	0 c
9	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	12.5 ml/L	2 c	2 a	0 c
10	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	10 ml/L	3 b	1 ab	0 c
11	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	11 ml/L	4 a	0 b	0 c

12	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	12 ml/L	4 a	0 b	0 c
Promedios			1.69	1.13	0.58
Significancia estadística			**	**	**
Coeficiente de variación %			13.26	33.02	57.26

(**): Altamente significante.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

7.3. Porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de *B. bassiana*

En la tabla 5, se presenta los promedios del porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de *B. bassiana* evaluados a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Se encontró alta significancia estadística al 5 % en todas las observaciones realizadas. Con coeficientes de variación fueron 39.55 %, 17.01 % y 10.54 % respectivamente.

A los 5 días se encontró que los tratamientos BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (34.67 %) y BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L (36.67 %) fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos se presentaron en los tratamientos Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero por ciento de micelio en insectos adultos.

En la evaluación a los 8 días se reportó, que el tratamiento BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (61 %), fue estadísticamente superior al resto de tratamientos, mientras que los registros más bajos se encontraron en los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 10 ml/L, testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero por ciento de micelio en insectos adultos.

A los 10 días se observó que el tratamiento BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (92.33 %), fue estadísticamente superior al resto de tratamientos, mientras que los registros más bajos se reportaron en los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 10 ml/L, testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero por ciento de micelio en insectos adultos.

Tabla 5. Promedio de porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio con la aplicación de varias cepas *B. bassiana* en condiciones de laboratorio. Babahoyo, 2021.

Nº	Tratamientos	Dosis/litro solución	Porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de <i>B. bassiana</i>		
			5 días	8 días	10 días
1	<i>B. bassiana</i>	5 g/L	9 bc	24.67 d	37 f
2	<i>B. bassiana</i>	6 g/L	8.67 bc	25.33 d	43.67 ef
3	<i>B. bassiana</i>	7 g/L	10 bc	39.33 cd	81.67 abc
4	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	0.5 g/L	20 abc	43 bc	72.67 bc
5	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	1.5 g/L	25.67 ab	45 abc	66.67 cd
6	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	2.5 g/L	27.67 ab	50.67 abc	71.33 bcd
7	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	10.5 ml/L	28.67 ab	47.33 abc	56 de
8	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	11.5 ml/L	34.67 a	61 a	92.33 a
9	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	12.5 ml/L	36.67 a	58.67 ab	85 ab

10	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	10 ml/L	13.33 bc	0 e	0 g
11	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	11 ml/L	0 c	0 e	0 g
12	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	12 ml/L	0 c	0 e	0 g
Promedios			17.86	32.91	50.52
Significancia estadística			**	**	**
Coeficiente de variación %			39.55	17.01	10.54

(**): Altamente significativo.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

7.4. Porcentaje de mortalidad

En la tabla 6, se presenta los promedios del porcentaje de mortalidad de insectos adultos evaluados a los 5, 8 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Se encontró alta significancia estadística al 5 % en todas las observaciones realizadas. Con coeficientes de variación fueron 13.26 %, 15.47 % y 17.72 % respectivamente.

En las observaciones a los 5 días se encontró que los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L (80 %) y Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L (80 %), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos se presentaron en los tratamientos *B. bassiana* 5 g/L, *B. bassiana* 6 g/L y *B. bassiana* 7 g/L, con cero por ciento de mortalidad en insectos adultos. .

En la evaluación a los 8 días se reportaron, que los tratamientos BbPLUS (*B. bassiana*) 10.5 ml/L (66.67 %), BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (80 %), BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5

ml/L (80 %) y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 10 ml/L (80 %), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos se encontró en los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero por ciento de mortalidad en insectos adultos. .

A los 10 días se observó que los tratamientos BbPLUS (*B. bassiana*) 10.5 ml/L (80 %), BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L (80 %) y BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L (80 %), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. Los registros más bajos se reportaron en los tratamientos testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 10 ml/L, testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L y testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L, con cero por ciento de mortalidad en insectos adultos.

Tabla 6. Promedio de porcentaje de mortalidad de insectos adultos con la aplicación de varias cepas *B. bassiana* en condiciones de laboratorio. Babahoyo, 2021.

N°	Tratamientos	Dosis/litro solución	Porcentaje de mortalidad		
			5 días	8 días	10 días
1	<i>B. bassiana</i>	5 g/L	0 f	20 cd	53.33 bc
2	<i>B. bassiana</i>	6 g/L	0 f	20 cd	53.33 bc
3	<i>B. bassiana</i>	7 g/L	0 f	60 ab	40 c
4	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	0.5 g/L	13.33 ef	33.33 c	60 abc
5	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	1.5 g/L	20 de	40 bc	60 abc
6	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	2.5 g/L	33.33 cd	60 ab	66.67 ab
7	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	10.5 ml/L	40 c	66.67 a	80 a

8	BbPLUS (B. bassiana)	11.5 ml/L	40 c	80 a	80 a
9	BbPLUS (B. bassiana)	12.5 ml/L	40 c	80 a	80 a
10	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	10 ml/L	60 b	80 a	0 d
11	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	11 ml/L	80 a	0 d	0 d
12	Testigo químico: Solvigo (Thiamethoxam)	12 ml/L	80 a	0 d	0 d
Promedios			33.88	40	47.78
Significancia estadística			**	**	**
Coeficiente de variación %			13.26 %	15.47 %	17.72 %

(**): Altamente significativo.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

VIII. DISCUSIÓN

Basado en los resultados obtenidos en la presente investigación se puede indicar que el uso de *B. bassiana* como biocontrolador, tuvo eficacia en el control de insectos adultos de *C. sordidus*.

En relación al número de insectos muertos el tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L), presentaron mayor número de insectos muertos, después de 8 días de su inoculación, esto debido a que *B. bassiana* tiene efectos entomopatogenos en hembras y machos de *C. sordidus*, llegando alcanzar una mortalidad del 100 % (Nava (2011). Teniendo en cuenta que bajo condiciones de campo y laboratorio la acción patogénica de *B. bassiana* es alta, utilizando una concentración de 1×10^9 conidios/ml, en donde se obtienen mortalidades entre 72.5 a 100% (Brenes & Carballo, 2004).

El mayor porcentaje de colonización de *B. bassiana* se presentó a los 10 días de su inoculación, en el tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L), con un 92.33 % de crecimiento de micelio en el insectos adulto de *C. sordidus*, lo cual es ratificado por Perera *et al.*, (2011), quienes expresan que las esporas de *B. bassiana* entran en contacto con las cutículas del insecto, germinando y penetrando en su cavidad interna atacando los tejidos grasos y los órganos, en donde el insecto deja de alimentarse y muere al cabo de 4 -10 días después de la infección.

Con respecto al tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L) se detectó un alto efecto de mortalidad en adultos de picudo negro en un porcentaje del 80 % después de 8 y 10 días de su inoculación, lo cual concuerda con Cubillo *et al.*, (2008), quienes probaron varias cepas de este entomopatógeno bajo condiciones de laboratorio logrando una alta tasa de mortalidad del 60% al 80 %; al igual que Carballo (2001), expresa que se ha alcanzado una mortalidad de 61 % y 85 % con una concentración de 10^5 conidios/cm² bajo condiciones de laboratorio.

Respecto al testigo químico el tratamiento 11 (Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L) y tratamiento 12 (Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L) presento un efecto de mortalidad en adultos de picudo negro, en un porcentaje del 80 %, después de 5 días de su inoculación.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

- El tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L), presento mayor número de insectos muertos, después de 8 días de su inoculación.
- El tratamiento 11 (Testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L) y tratamiento 12 (Testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L) presento mayor número de insectos muertos, después de 5 días de su inoculación.
- El mayor porcentaje de colonización de *B. bassiana* se presentó a los 10 días de su inoculación, en el tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L), con un 92.33 % de crecimiento de micelio en el insectos adulto de *C. sordidus*.
- El tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L) detectó un alto efecto de mortalidad en adultos de picudo negro en un porcentaje del 80 % después de 8 días de su inoculación.
- El tratamiento 8 (BbPLUS (*B. bassiana*) 11.5 ml/L) y tratamiento 9 (BbPLUS (*B. bassiana*) 12.5 ml/L) presentó un alto efecto de mortalidad en adultos de picudo negro en un porcentaje del 80 % después de 10 días de su inoculación.
- El tratamiento 11 (Testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 11 ml/L) y tratamiento 12 (Testigo químico Solvigo (Thiamethoxam) 12 ml/L) presento un efecto de mortalidad en adultos de picudo negro en un porcentaje del 80 % después de 5 días de su inoculación.

En base a las conclusiones se recomienda lo siguiente:

- Se debe realizar estudios de biocontroladores a base de *B. bassiana* con diferentes dosis bajo condiciones de campo, para probar su eficacia.

- Evaluar otras cepas de *B. bassiana* con mayor eficacia que permitan reducir poblaciones de *C. sordidus* en plantaciones bananeras.
- Realizar ensayos con combinaciones de agentes entomopatogenos con diferentes dosis que permita el control de *C. sordidus* en condiciones de campo y laboratorio.

X. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	DEFMAMJJA									
Revisión bibliográfica										
Inscripción del tema										
Aprobación del tema										
Presentación y aprobación del proyecto										
Desarrollo del experimento de campo										
Procesamiento de la información										
Redacción de la Tesis										
Sustentación de la Tesis										

XI. PRESUPUESTO

Materiales y Herramientas			
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
	Labores de campo		
5	Recolección de cormos afectados (Jornales)	10,00	50,00
2	Transporte de cormos al laboratorio (Jornales)	30,00	60,00
	Materiales de Laboratorio		
1 rollo	Algodón	10,00	20,00
2 rollo	Papel filtro	10,00	20,00
20	Cajas plásticas 6 litros	4,00	80,00
	Reactivo de laboratorio		
1 galón	Alcohol 70%	12,00	12,00
2 L	Hipoclorito de sodio 5%	2,00	4,00
	Insumos		
2 kg	<i>B. bassiana</i>	22,00	44,00
200 g	Beauvetic (<i>B. bassiana</i>)	24,00	48,00
2 L	BbPLUS (<i>B. bassiana</i>)	26,00	52,00
2 L	Solvigo (<i>Thiamethoxam</i>)	23,00	46,00
Total			436,00

XII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Abera, M.K., Gold, C.S. & Kyamanywa, S. 1999. Timing and distribution of attack by the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar East African highland banana (Musa AAA-EA) in Uganda. US Entomologist: in press. s.p. Florida.

Ayala, J. 1997. *Ensayo sobre diferentes dosis de Beauveria bassiana (Bals) (Vuill) para el control del picudo negro del plátano Cosmopolites sordidus (Germar). Centro Agrícola.* 4(2): 19-24.

Alean, I., Morales, C. & Bellotti, A. 2004. Patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de *Aleurotrachelus socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Entomología.* 30 (1): 29-36.

Barrera, G., Gómez, J., Cuartas, P., León, G. & Villamar, L. (2014). *Caracterización morfológica, biológica y genética de un asilamiento colombiano de granulovirus de Erinnyis ello (L.) (Lepidoptera: Sphingidae).* *Revista Colombiana de Biotecnología.* 16(2): 129-140.

Brenes, S. 2003. Efecto de diferentes aislados del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. sobre *Cosmopolites sordidus* Germar. (Col:Curculionidae). Tesis, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Brenes, S. & Carballo, M. 2004. Evaluación de *Beauveria bassiana* (Bals) para el control biológico del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*. *Manejo Integrado de Plagas* (31), 17-21.

Biswas, C., Dey, P. & Endophyte, S. Á. 2015. SHORT COMMUNICATION A method of multiplex PCR for detection of field released *Beauveria bassiana*, a fungal entomopathogen applied for pest management in jute (*Corchorus olitorius*). *World J Microbiol Biotechnol.* 31(4):675-679.

Biswas, C., Dey, P. & Satpathy, S. 2013. Endophytic colonization of white jute (*Corchorus capsularis*) plants by different *Beauveria bassiana* strains for 16 managing stem weevil (*Apion corchori*). *Phytoparasitica*, 41(1): 17–21.

Castrillon, C. 2000. Distribución de las especies de Picudo del Platano y Evaluacion de sus entomopatogenos Nativos en el Departamento de Risaralda. CORPOICA, Co. p.20.

Carballo, M. 2001. *Opciones para el manejo del picudo negro del plátano*. (Hoja Técnica n. ° 36). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Carmona, A. 2008. *Pruebas de patogenicidad con hongos biorreguladores sobre estados inmaduros de Colaspis sp., bajo condiciones de campo en la zona de Uraba*. (Trabajo de grado, Universidad Nacional De Colombia).

Chiriboga, H., Gómez, G. & Garcés, K. 2015. *Beauveria bassiana*, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras (yasaú). Recuperado el 25 de Diciembre del 2020, de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2646/1/BVE17038724e.pdf>

Cubillo, D., Laprade, S. & Obrregon, M. 2008. Eficacias biológicas de *Beauveria bassiana* en el control de adultos *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera Curconidae), en condiciones de laboratorio y campo. In. Sandoval, J.eds. Informe Anal 2007, Departamento de Investigaciones CORBANA, S.A. San José. CR. 153-156 p.

Ecuaplantas. Beauvetic. Recuperado el 22 de Diciembre del 2020, de <https://ecuaplantas.com/productos/beauvetic/>

FENEC S.A. *Beauveria bassiana*. Recuperado el 22 de Diciembre del 2020, de <http://www.fenecs.com.ec/wp-content/uploads/pdf/BEAUVERIA%20BASSIANA.pdf>

Falconi, F. 2009. *Evaluación in vitro de hongos entomopatógenos como agentes potenciales para el control de Dysdercus peruvianus Guérin-Méneville 1831 (Hemiptera: Pirrhocoridae) plaga del cultivo del algodón.* (Tesis Profesional Biólogo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa).

Gold, C. S. & Messiaen, S. 2000. El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. *Inibap, plagas de Musa, Hoja divulgativa, 4*, 1-4.

Gonzalez. C., Aristizabal, J. & Aristizabal, M. 2009. *Evaluación biológica de manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (Musa AAB).* *Acta Agronómica*. 58(4): 260-269.

Hlerema, I., Laurie, S. & Eiasu, B. 2017. Preliminary observations on use of *Beauveria bassiana* for the control of the sweet potato weevil (*Cylas* sp.) in South Africa. *Open Agriculture*. 2(1): 595–599.

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). (s. f). *Beauveria bassiana* en el Control Biológico de Patógenos. (en línea). Recuperado el 26 de Diciembre del 2020, de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-enelcontrol-biologico-de-patogenos>

López, G. 2017. Control biológico de *Cosmopolites sordidus* (Curculionidae) con *Heterorhabditis bacteriophora* y *Beauveria bassiana* en el cultivo de banano; Ocos, San Marcos. (Tesis Ing. Agr. Universidad Rafael Landívar, Guatemala).

Malpartida, J., Narrea, M. & Dale, M. 2013. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*. 12(2): 76-81.

Ministerio de Agricultura y ganadería (MAG). 2019. Cifras agropecuarias. Recuperado el 27 de Diciembre del 2020, de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Moura, G. & Stefan, M. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11): 177.

Monserrate, L. 2010. Evaluacion de la eficacia de dos insecticidas ecológicos aplicados en tres tipos de trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en banano en la parroquia san juan cantón Pueblo Viejo. (Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar).

Microtech. Bbplus. Recuperado el 22 de Diciembre del 2020, de <https://www.microtech.bio/wp-content/uploads/2019/08/FT-BBPLUS-act.pdf>

Navas, R. 2011. Eficacia de *Beauveria bassiana* (bálsamo) vuillemin 1912 como controlador biológico de *Cosmopolites sordidus* Germar 1824 (Coleoptora: Dryophthoriadae) en una plantación de banano en la región del caribe de Costa Rica. Tesis en Licenciatura Agronómica. Costa Rica. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar.

Pariona, N., Castellanos, P. & León, E. 2007. Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria sp.* sobre *Schistocerca piceifrons* peruviana (Lynch Arribalzaga, 1903). *Revista Peruana de Biología*, 14(2): 253-258.

Perera, S., Suarez, T., Padilla, A. & Camero, A. 2011. Evauacion de distintos métodos de aplicación de un formulado de *Beauveria bassiana* para el control de picudo de la platanera *Cosmopolites sordidus* en Tenerife (islas canarias). Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

Suarez, J. & Suarez, L. 2020. *Efectividad del hongo Beauveria bassiana en trampas para manejo del picudo del cultivo de plátano (Cosmopolites sordidus: Coleoptera-*

Curculionidae) Tonalá- Chinandega. (Trabajo de tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua).

Téllez, A. Cruz, M. Mercado, Y., Asaff, A. & Arana, A. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología* 30: 73-80.

Vázquez, L., Caballero, S., Carr, A., Gil, J., Armas, J., Rodríguez, A., Becerra, M., Rodríguez, L., Granda, R., Corona, T., Fumero, M., Peña, M., Essen, I., Leyva, L., Concepción, E., Ramos, T. & Corbea, O. 2010. Diagnóstico de la utilización de entomófagos y entomopatógenos para el control biológico de insectos por los agricultores en Cuba. *Fitosanidad*. 14(3): 159-169.

Valero, C. A., Wieggers, H., Zwaan, B. J., Koenraadt, C. J. M. & Kan, J. A. 2016. Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 133: 41–49.

Vallejo, L., Sánchez, R. & 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. *Museo de Historia Natural*. 11(1): 361 – 375.

Villalobos, K. 2012. *Evaluación de cuatro cepas de Beauveria bassiana en condiciones de campo para el combate de trips (Hexápoda: Thysanóptera) en el cultivo de aguacate en San Pablo de León Cortés, Costa Rica*. (Tesis de grado, Universidad Nacional).

Vilardebo A. 1973. Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germ. Le charancon noir du bananier. *Fruits* 28(5): 417-426

Zapata, K. 2016. *Control Biológico y Etológico de picudo negro (Cosmopolites sordidus) en el cultivo de banano en la provincia de El Oro.* (Tesis Ing. Agr., Universidad católica Santiago de Guayaquil).

XIII. ANEXOS

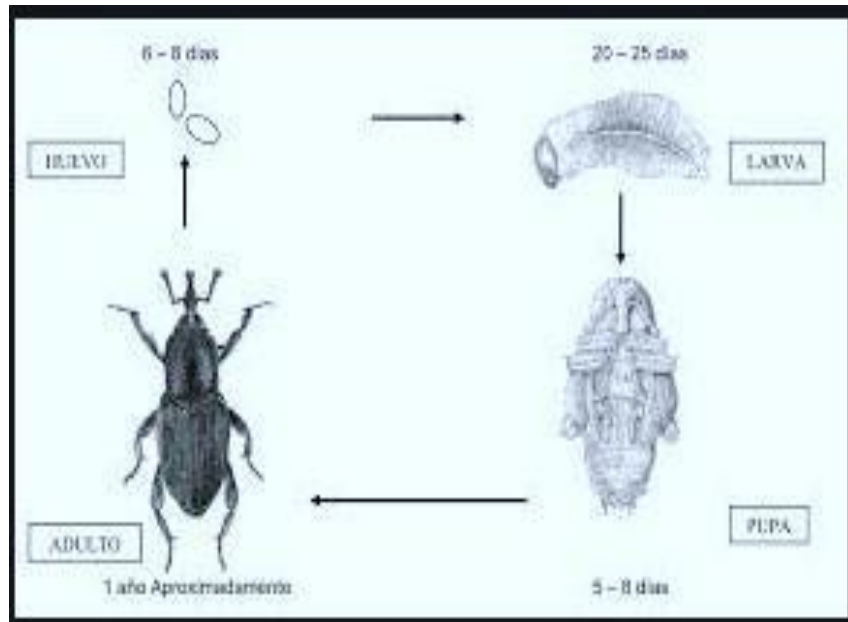


Figura 1. Ciclo biológico de *C. sordidus*, Vallejo (2007).



Figura 2. Recolección y desinfección de cormos con galerías de *C. sordidus*.



Figura 3. Culminación de ciclo biológico de larvas y pupas de *C. sordidus*, para llegar a estado adulto en cormos de banano desinfectados.



Figura 4. *C. sordidus* en estado adulto en cormos de banano desinfectados.



Figura 5. Distribución de los tratamientos en el ensayo a nivel de laboratorio.



Figura 6. Identificación de porcentaje de colonización de *B. bassiana* en insectos adultos de *C. sordidus*.



Figura 7. Colonización de *B. bassiana* en insectos adultos de *C. sordidus* a los 8 días de inoculación.



Figura 8. Colonización de *B. bassiana* en insectos adultos de *C. sordidus* a los 10 días de inoculación.

Análisis estadístico de insectos vivos

Análisis de la varianza

Numero de insectos vivos (5 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos vivos (..	36	0,97	0,96	8,66

Datos desbalanceados en celdas.
 Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	68,17	13	5,24	62,92	<0,0001
Biocontroladores	64,22	3	21,41	256,89	<0,0001
Dosis/litro solución	3,78	8	0,47	5,67	0,0006
BLOQUE	0,17	2	0,08	1,00	0,3840
Error	1,83	22	0,08		
Total	70,00	35			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37788

Error: 0,0833 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.			
5 g/L	5,00	3	0,18	A		
7 g/L	5,00	3	0,18	A		
6 g/L	5,00	3	0,18	A		
0.5 g/L	4,33	3	0,18	A	B	
1,5 g/L	4,00	3	0,18		B	C
12,5 ml/L	3,33	3	0,18		C	D
2,5 g/L	3,33	3	0,18		C	D
10,5 ml/L	3,00	3	0,18			D
11,5 ml/L	3,00	3	0,18			D
10 ml/L	2,00	3	0,18			E
11 ml/L	1,00	3	0,18			F
12 ml/L	1,00	3	0,18			F

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29605

Numero de insectos vivos (8 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos vivos (..	36	0,96	0,94	17,41

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	69,33	13	5,33	44,00	<0,0001
Biocontroladores	60,89	3	20,30	167,44	<0,0001
Dosis/litro solución	7,78	8	0,97	8,02	<0,0001
BLOQUE	0,67	2	0,33	2,75	0,0859
Error	2,67	22	0,12		
Total	72,00	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45574

Error: 0,1212 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.		
6 g/L	4,00	3	0,22	A	
5 g/L	4,00	3	0,22	A	
0.5 g/L	3,33	3	0,22	A	
1,5 g/L	3,00	3	0,22	A	B
7 g/L	3,00	3	0,22	A	B
2,5 g/L	2,00	3	0,22	B	C
10,5 ml/L	1,67	3	0,22		C
11,5 ml/L	1,00	3	0,22		C D
12,5 ml/L	1,00	3	0,22		C D
10 ml/L	1,00	3	0,22		C D
11 ml/L	0,00	3	0,22		D
12 ml/L	0,00	3	0,22		D

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35705

Error: 0,1212 gl: 22

Numero de insectos vivos (10 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos vivos (..	36	0,87	0,80	33,14

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27,28	13	2,10	11,70	<0,0001
Biocontroladores	26,78	3	8,93	49,78	<0,0001
Dosis/litro solución	0,44	8	0,06	0,31	0,9541
BLOQUE	0,06	2	0,03	0,15	0,8574
Error	3,94	22	0,18		
Total	31,22	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55428

Error: 0,1793 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.		
6 g/L	2,33	3	0,26	A	
5 g/L	2,33	3	0,26	A	
7 g/L	2,00	3	0,26	A	B
0.5 g/L	2,00	3	0,26	A	B
1,5 g/L	2,00	3	0,26	A	B

2,5 g/L	1,67	3	0,26	A	B
10,5 ml/L	1,00	3	0,26	B	C
11,5 ml/L	1,00	3	0,26	B	C
12,5 ml/L	1,00	3	0,26	B	C
10 ml/L	0,00	3	0,26		C
12 ml/L	0,00	3	0,26		C
11 ml/L	0,00	3	0,26		C

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43425

Error: 0,1793 gl: 22

Análisis estadístico de insectos muertos

Análisis de la varianza

Numero de insectos muertos (5 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos muertos..	36	0,98	0,97	13,26

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	68,53	13	5,27	104,37	<0,0001
Biocontroladores	64,75	3	21,58	427,35	<0,0001
Dosis/litro solución	3,56	8	0,44	8,80	<0,0001
BLOQUE	0,22	2	0,11	2,20	0,1346
Error	1,11	22	0,05		
Total	69,64	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29418

Error: 0,0505 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.						
11 ml/L	4,00	3	0,14	A					
12 ml/L	4,00	3	0,14	A					
10 ml/L	3,00	3	0,14		B				
12,5 ml/L	2,00	3	0,14			C			
11,5 ml/L	2,00	3	0,14			C			
10,5 ml/L	2,00	3	0,14			C			
2,5 g/L	1,67	3	0,14			C	D		
1,5 g/L	1,00	3	0,14				D	E	
0.5 g/L	0,67	3	0,14					E	F
5 g/L	0,00	3	0,14						F
7 g/L	0,00	3	0,14						F
6 g/L	0,00	3	0,14						F

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23047

Error: 0,0505 gl: 22

Numero de insectos muertos (8 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos muertos..	36	0,83	0,73	33,02

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,19	13	1,17	8,27	<0,0001
Biocontroladores	9,86	3	3,29	23,24	<0,0001
Dosis/litro solución	5,11	8	0,64	4,52	0,0023
BLOQUE	0,22	2	0,11	0,79	0,4682
Error	3,11	22	0,14		
Total	18,31	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,49226

Error: 0,1414 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.
12,5 ml/L	2,00	3	0,23 A
7 g/L	2,00	3	0,23 A
11,5 ml/L	2,00	3	0,23 A
2,5 g/L	1,33	3	0,23 A
10,5 ml/L	1,33	3	0,23 A
6 g/L	1,00	3	0,23 A B
10 ml/L	1,00	3	0,23 A B
5 g/L	1,00	3	0,23 A B
0.5 g/L	1,00	3	0,23 A B
1,5 g/L	1,00	3	0,23 A B
11 ml/L	0,00	3	0,23 B
12 ml/L	0,00	3	0,23 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38566

Error: 0,1414 gl: 22

Numero de insectos muertos (10 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de insectos muertos..	36	0,84	0,74	57,26

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,36	13	1,18	8,83	<0,0001
Biocontroladores	11,64	3	3,88	28,99	<0,0001
Dosis/litro solución	3,33	8	0,42	3,11	0,0165
BLOQUE	0,39	2	0,19	1,45	0,2555
Error	2,94	22	0,13		

Total 18,31 35

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47889

Error: 0,1338 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.			
6 g/L	1,67	30,23	A			
5 g/L	1,67	30,23	A			
0.5 g/L	1,33	30,23	A	B		
7 g/L	1,00	30,23	A	B	C	
1,5 g/L	1,00	30,23	A	B	C	
10,5 ml/L	0,67	30,23	A	B	C	
2,5 g/L	0,33	30,23		B	C	
10 ml/L	0,00	30,23			C	
11 ml/L	0,00	30,23			C	
12 ml/L	0,00	30,23			C	
11,5 ml/L	0,00	30,23			C	
12,5 ml/L	0,00	30,23			C	

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37518

Error: 0,1338 gl: 22

Análisis estadístico del porcentaje de insectos adultos con crecimiento de micelio de *B. bassiana*

Análisis de la varianza

Porcentaje de insectos adultos con

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de insectos adu..	36	0,83	0,73	39,55

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5452,36	13	419,41	8,40	<0,0001
Biocontroladores	4836,31	3	1612,10	32,30	<0,0001
Dosis/litro solución	557,33	8	69,67	1,40	0,2526
BLOQUE	58,72	2	29,36	0,59	0,5638
Error	1097,94	22	49,91		
Total	6550,31	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,24747

Error: 49,9066 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.
12,5 ml/L	36,67	34,39	A

11,5 ml/L	34,67	3	4,39	A
10,5 ml/L	28,67	3	4,39	A B
2,5 g/L	27,67	3	4,39	A B
1,5 g/L	25,67	3	4,39	A B
0.5 g/L	20,00	3	4,39	A B C
10 ml/L	13,33	3	4,39	B C
7 g/L	10,00	3	4,39	B C
5 g/L	9,00	3	4,39	B C
6 g/L	8,67	3	4,39	B C
12 ml/L	0,00	3	4,39	C
11 ml/L	0,00	3	4,39	C

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,24492

Error: 49,9066 gl: 22

Porcentaje de insectos adultos con1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de insectos adu..	36	0,96	0,94	17,01

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17024,92	13	1309,61	41,77	<0,0001
Biocontroladores	16091,64	3	5363,88	171,06	<0,0001
Dosis/litro solución	827,11	8	103,39	3,30	0,0126
BLOQUE	106,17	2	53,08	1,69	0,2071
Error	689,83	22	31,36		
Total	17714,75	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,33001

Error: 31,3561 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.	
11,5 ml/L	61,00	3	3,48	A
12,5 ml/L	58,67	3	3,48	A B
1,5 g/L	50,67	3	3,48	A B C
10,5 ml/L	47,33	3	3,48	A B C
2,5 g/L	45,00	3	3,48	A B C
0.5 g/L	43,00	3	3,48	B C
7 g/L	39,33	3	3,48	C D
6 g/L	25,33	3	3,48	D
5 g/L	24,67	3	3,48	D
10 ml/L	0,00	3	3,48	E
11 ml/L	0,00	3	3,48	E
12 ml/L	0,00	3	3,48	E

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,74269

Error: 31,3561 gl: 22

Porcentaje de insectos adultos con2

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Porcentaje de insectos adu..	36	0,98	0,98	10,54	

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39109,36	13	3008,41	106,13	<0,0001
Biocontroladores	38229,19	3	12743,06	449,55	<0,0001
Dosis/litro solución	795,78	8	99,47	3,51	0,0092
BLOQUE	84,39	2	42,19	1,49	0,2476
Error	623,61	22	28,35		
Total	39732,97	35			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,96931

Error: 28,3460 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.					
11,5 ml/L	92,33	3	3,31	A				
12,5 ml/L	85,00	3	3,31	A	B			
10,5 ml/L	81,67	3	3,31	A	B	C		
0.5 g/L	72,67	3	3,31		B	C		
2,5 g/L	71,33	3	3,31		B	C	D	
1,5 g/L	66,67	3	3,31			C	D	
7 g/L	56,00	3	3,31				D	E
6 g/L	43,67	3	3,31					E F
5 g/L	37,00	3	3,31					F
10 ml/L	0,00	3	3,31					G
11 ml/L	0,00	3	3,31					G
12 ml/L	0,00	3	3,31					G

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,46010

Error: 28,3460 gl: 22

Análisis estadístico del porcentaje de mortalidad

Análisis de la varianza

Porcentaje de mortalidad (5 días)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Porcentaje de mortalidad (..	36	0,98	0,97	13,26	

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27411,11	13	2108,55	104,37	<0,0001
Biocontroladores	25900,00	3	8633,33	427,35	<0,0001
Dosis/litro solución	1422,22	8	177,78	8,80	<0,0001
BLOQUE	88,89	2	44,44	2,20	0,1346
Error	444,44	22	20,20		
Total	27855,56	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,88358

Error: 20,2020 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.				
11 ml/L	80,00	3	2,79	A			
12 ml/L	80,00	3	2,79	A			
10 ml/L	60,00	3	2,79		B		
11,5 ml/L	40,00	3	2,79			C	
12,5 ml/L	40,00	3	2,79			C	
10,5 ml/L	40,00	3	2,79			C	
2,5 g/L	33,33	3	2,79			C	D
1,5 g/L	20,00	3	2,79				D E
0.5 g/L	13,33	3	2,79				E F
6 g/L	0,00	3	2,79				F
5 g/L	0,00	3	2,79				F
7 g/L	0,00	3	2,79				F

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,60948

Error: 20,2020 gl: 22

Porcentaje de mortalidad (8 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de mortalidad (..	36	0,97	0,95	15,47

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC

especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30433,33	13	2341,03	48,28	<0,0001
Biocontroladores	12655,56	3	4218,52	87,01	<0,0001
Dosis/litro solución	17511,11	8	2188,89	45,15	<0,0001
BLOQUE	266,67	2	133,33	2,75	0,0859
Error	1066,67	22	48,48		
Total	31500,00	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,11480

Error: 48,4848 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.	
12,5 ml/L	80,00	3	4,33	A

11,5 ml/L	80,00	3	4,33	A	
10 ml/L	80,00	3	4,33	A	
10,5 ml/L	66,67	3	4,33	A	
2,5 g/L	60,00	3	4,33	A	B
7 g/L	60,00	3	4,33	A	B
1,5 g/L	40,00	3	4,33		B C
0.5 g/L	33,33	3	4,33		C
6 g/L	20,00	3	4,33		C D
5 g/L	20,00	3	4,33		C D
12 ml/L	0,00	3	4,33		D
11 ml/L	0,00	3	4,33		D

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,14098

Error: 48,4848 gl: 22

Porcentaje de mortalidad (10 días)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de mortalidad (..	36	0,95	0,93	17,72

Datos desbalanceados en celdas. Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32244,44	13	2480,34	34,59	<0,0001
Biocontroladores	31777,78	3	10592,59	147,70	<0,0001
Dosis/litro solución	444,44	8	55,56	0,77	0,6288
BLOQUE	22,22	2	11,11	0,15	0,8574
Error	1577,78	22	71,72		
Total	33822,22	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,08551

Error: 71,7172 gl: 22

Dosis/litro solución	Medias	n	E.E.	
12,5 ml/L	80,00	3	5,26	A
10,5 ml/L	80,00	3	5,26	A
11,5 ml/L	80,00	3	5,26	A
2,5 g/L	66,67	3	5,26	A B
0.5 g/L	60,00	3	5,26	A B C
1,5 g/L	60,00	3	5,26	A B C
5 g/L	53,33	3	5,26	B C
6 g/L	53,33	3	5,26	B C
7 g/L	40,00	3	5,26	C
12 ml/L	0,00	3	5,26	D
11 ml/L	0,00	3	5,26	D
10 ml/L	0,00	3	5,26	D

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,68493

Error: 71,7172 gl: 22