


Beauveria bassiana 114 para el manejo del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae)

Beauveria bassiana 114 for the management of the banana black weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824)
(Coleoptera: Curculionidae)

Real-Baca, C. I.¹, Silva-Illescas, P. F.², Moreno-Mayorga, L. F.¹, Castro-Ulloa, O. M.³, Romero-González, B. A.³

 Real-Baca, C. I.
carlos.real@ev.unanleon.edu.ni

 Silva-Illescas, P. F.
pedro.silva@ev.unanleon.edu.ni

 Moreno-Mayorga, L. F.
luis.moreno@ev.unanleon.edu.ni

 Castro-Ulloa, O. M.
oscastro408@gmail.com

 Romero-González, B. A.
bronlalez@gmail.com

Autor de correspondencia: carlos.real@ev.unanleon.edu.ni

¹ Centro de Investigación Ciencias Agrarias y Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua

² Dirección específica de Agroecología y Agronegocios, Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua

³ Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua
ISSN-e: 2410-7980
Periodicidad: Semestral
vol.10, núm.19, 2024
ribcc@ev.unanleon.edu.ni

Recepción: 20 agosto, 2024
Aprobación: 19 diciembre, 2024

URL: https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REB_ICAMCLI/article/view/1083

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v10i19.20641>

Copyright © 2024 Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León (UNAN-León), Area de Conocimiento de ciencias agrarias y veterinarias/ Area Especifica de Agroecología y agronegocios /Centro de Investigación Ciencias Agrarias y Veterinarias. Dirección Académica. Departamento de Investigación. Unidad de publicaciones y eventos científicos. Departamento de Investigación. Unidad de Publicaciones y Eventos Científicos.



Esta obra está bajo una licencia internacional
[Creative Commons Atribución No Comercial Compartir Igual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Antecedentes: El picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824) es de importancia en el cultivo de musáceas. Su manejo se realiza con agroquímicos, por lo que se buscan alternativas biológicas, como el uso de *Beauveria bassiana*. **Objetivo:** Evaluar la efectividad del hongo entomopatógeno *B. bassiana* en el manejo del picudo del plátano. **Metodología:** Se evaluaron dos tratamientos (5 g y 10 g de *B. bassiana* granulado en sustrato de arroz) y un testigo absoluto sin aplicación, con dos repeticiones, en trampas de sándwich donde se aplicó el hongo. Se hicieron muestreos pre-aplicación y post-aplicación en campo. **Resultados:** Se registró una reducción de la población en campo. En el tratamiento de 5 g se redujo en un 45.5% la población del insecto; de igual manera, en el tratamiento de 10 g se redujo hasta un 42.5%. En la fase de laboratorio, el hongo completó su proceso de infección, teniendo un 100% de efectividad, logrando una reducción promedio de 1.33 picudos por trampa, en comparación con el grupo que registro 196 individuos. **Conclusiones:** Los resultados demuestran la eficiencia del entomopatógeno como herramienta de manejo del insecto en sistemas de producción de musáceas en el occidente de Nicaragua.

Palabras claves: Control biológico, Musaceae, entomopatógeno, trampa de pseudotallo.

Abstract

Background: The banana weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824) is an important pest in banana and plantain cultivation. Its management is commonly carried out using agrochemicals; therefore, biological alternatives are being sought, such as the use of *Beauveria bassiana*. **Objective:** To evaluate the effectiveness of the entomopathogenic fungus *B. bassiana* in the management of the banana weevil. **Methodology:** Two treatments (5 g and 10 g of *B. bassiana* granulated on a rice substrate) and an absolute control without application were evaluated, with two replications, using sandwich traps where the fungus was applied. Pre-application and post-application samplings were carried out in the field. **Results:** A reduction in the field population was recorded. In the 5 g treatment, the insect population was reduced by 45.5%; similarly, in the 10 g treatment, it was reduced by up to 42.5%. In the laboratory phase, with 5 insects placed in each Petri dish, the fungus completed its infection process, achieving 100% effectiveness, with an average reduction of 1.33 weevils per trap, compared to the control group, which recorded 1.96 individuals. **Conclusions:** The results demonstrate the efficiency of the entomopathogenic fungus as a tool for insect management in banana and plantain production systems in western Nicaragua.

Keywords: biological control, Musaceae, entomopathogen, pseudostem trap.

Introducción

Las musáceas son originarias del sur de Asia y se encuentra distribuida en varios países tropicales en donde se reportan 70 especies cultivadas, siendo también una de las primeras frutas cultivadas por los antepasados, alimenta a más de 400 millones de personas, con una producción mundial anual estimada en aproximadamente 167 millones de toneladas métricas ([Kisaakye et al., 2021](#)). Esto lo coloca como uno de los cultivos de mayor producción a nivel mundial, tan solo después de los cultivos como: maíz, arroz y sorgo. Además, el cultivo de plátano tiene importancia a nivel nacional debido a que forma parte de la gastronomía nicaragüense al igual que genera fuentes de empleo y divisas ([Castellón, 2005](#); [González-García et al., 2021](#); [Rodríguez Yzquierdo et al., 2018](#)). El rendimiento del plátano está condicionado por su potencial genético, nutricional y factores ambientales (agua, luz, temperatura, suelo, etc.) ([Dadrasnia et al., 2020](#); [Suarez-Quintero et al., 2021](#)).

El picudo negro, *Cosmopolites sordidus* (Gemar), (Coleoptera: Cucurilionidae), es el insecto fitófago de mayor importancia a nivel mundial en los cultivos de plátano y banano (*Musa* spp.) este es originario del Sudeste de Asia y se ha expandido a todas las regiones del trópico y subtrópico ([Lozano-Soria et al., 2020](#)). Durante su alimentación, las larvas del gorgojo forman galerías dentro del tubérculo, obstruyendo el transporte de agua y nutrientes lo cual provoca la entrada de fitopatógenos ([Amador et al., 2015](#)), produciendo pérdidas económicas considerables, el manejo con plaguicidas sintéticos ha provocado un desequilibrio ecológico, generando resistencia en el picudo y otras plagas, destrucción de la entomofauna benéfica, siendo otro problema, la elevación de los costos de producción, por ende, se necesita el uso de nuevas alternativas más amigables con el medio ambiente y una mejor productividad ([Barraza y Chavarria 2020](#); [Malpartida-Zevallos et al., 2013](#)).

Para disminuir el uso de plaguicidas sintéticos para el manejo de la plaga mencionada e incrementar la producción de musáceas se han implementado distintas alternativas de manejo integrado de plaga incluyendo la utilización de agentes entomopatógenos como el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* ([Gold et al., 2001](#)). Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plagas ([Feng et al., 1994](#); [Carballo et al., 2004](#)), además de ser seguro para animales domésticos y el ser humano ([Zimmermann, 2007](#)).

Además de ser un parásito necrótrofo, *B. bassiana* puede ser saprófito facultativo y puede existir en las plantas como endófito ([Keswani et al., 2013](#)). *Beauveria* es un género anamórfico cosmopolita de patógenos artrópodos que incluye las especies agrónomicamente importantes ([Rehner et al., 2011](#)). *B. bassiana* ha sido muy estudiado y utilizado en el control biológico de insectos, su uso potencial como bioinsecticidas es reconocido sobre diferentes familias de coleóptera ([León-Martínez et al., 2019](#)). El potencial de este microorganismo en el control biológico de insectos plagas ha permitido su inclusión en diversos programas de manejo integrado de plagas que atacan cultivos de importancia económica en el mundo, permitiendo dar respuesta al uso indiscriminado de plaguicidas químicos es por ello que se plantea como alternativa el desarrollo de nuevas formulaciones de bio-plaguicidas que permitan una mayor viabilidad del producto en la interacción con los factores medio ambientales, así como la fácil aplicación y eficacia ([Espinosa Ruíz y Vallejos Treminio, 2016](#); [Castillo-Arévalo, 2023](#); [Romero et al., 2023](#)).

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

EL estudio inicio con la recolección y muestreos del picudo del plátano en una finca ubicada al sur de la ciudad de León, entrada Oeste del Cementerio Guadalupe 2.4 km al sur, textura del suelo franco-arenoso, con una pendiente del terreno de 2%, variedad de plátano cuerno enano. Seguido del crecimiento micelial en la colección de entomología del Centro de Investigación de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

Reproducción del hongo

Siguiendo la metodología de [Espinosa y Vallejos \(2016\)](#), la reproducción del hongo *Beauveria bassiana*, se llevó a cabo el aislamiento de esporas de insectos infectados. En un entorno estéril, con la ayuda de una cámara de flujo laminar, se seleccionaron especímenes infectados y se raspó cuidadosamente la superficie del insecto con una espátula de laboratorio para obtener el material fúngico. Sembrando en medio de cultivo específico, papa, dextrosa y agar (PDA) para su crecimiento óptimo. El medio se preparó en un Erlenmeyer de 1000 ml, utilizando una mezcla de infusión de 300 g de papa en 500 ml de agua destilada, 7 g de dextrosa, 2 g de amoxicilina y 10 g de agar, y esterilizado en autoclave a 15 libras de presión por 15 minutos. La papa proporciona los nutrientes básicos, la dextrosa actuó como fuente de carbono y energía, mientras que la amoxicilina se añadió para inhibir el crecimiento de bacterias contaminantes. El agar como agente aglutinante, luego se vertió en platos Petri se mantuvo en condiciones estériles para asegurar un crecimiento del hongo *B. bassiana*. Este procedimiento garantizó un ambiente adecuado para la esporulación de *B. bassiana*, siete días después facilitando su posterior reproducción con la inoculación en arroz, en bolsas de polipropileno las cuales contenían 200 g de arroz pre-cocido. Luego, se esterilizaron las bolsas, se preparó una suspensión líquida del hongo *B. bassiana* utilizando 20 mililitros para inoculación de bolsas. Posterior colocándose en incubación por un periodo de ocho días para el desarrollo y esporulación del hongo.

Diseño experimental

Se usó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Las unidades experimentales estuvieron conformadas por trampas individuales elaboradas con pseudotallo de plátano, colocadas en campo al pie de las plantas. En cada repetición se instalaron 54 trampas, distribuidas equitativamente entre los tres tratamientos (18 trampas por tratamiento), sumando un total de 162 unidades experimentales en las tres repeticiones.

La asignación de los tratamientos a las trampas se realizó de manera completamente aleatoria dentro de cada repetición, garantizando la independencia y la validez estadística del ensayo.

Tras el periodo de exposición en campo, los insectos capturados en cada trampa fueron recolectados y trasladados al laboratorio. Allí se clasificaron según el tratamiento y la unidad experimental correspondiente, y se procedió a evaluar su mortalidad y presencia de infección micótica. Estas evaluaciones permitieron determinar la eficacia relativa de las diferentes dosis del biocontrolador aplicado.

Dado que la población finita fue de 54 plantas de plátano, divididas en dos tratamientos y un testigo sin control con tres repeticiones, el área se fragmentó en bloques con tres subdivisiones para marcar el área de estudio, para seleccionar la ubicación de las trampas se realizó un muestreo al azar.

Descripción de los tratamientos

- 1) T1. *B. bassiana* granulado: se aplicaron en las trampas 5g de *B. bassiana* granulado en sustrato de arroz en cada una trampa.
- 2) T2 *B. bassiana* granulado: se utilizaron 10g del hongo granulado en sustrato de arroz por cada trampa.
- 3) Testigo: Consistió en trampas puestas en plantas a las cuales no se les hizo ningún tipo de aplicación, únicamente se utilizaron como parámetro de evaluación y comparación al momento de graficar

Establecimiento del ensayo

El área se fragmentó en tres subdivisiones T1, siendo *B. bassiana* granulado 5 g. T2 *B. bassiana* granulado 10g y T3 Testigo, se cortó pseudotallos en forma de sándwich a un diámetro de 12 cm y una altura de seis cm, con una cuña en la orilla de la trampa con el objetivo de permitir el ingreso de los picudos, se limpió el suelo donde se colocaron las trampas y se usaron hojas de plátano como cobertor para evitar la deshidratación de la trampa.

Cada tratamiento se replicó de acuerdo con el diseño experimental establecido, y el periodo de exposición de las trampas fue de 15 días. Durante este tiempo, se realizaron muestreos cada cuatro días para el conteo de adultos de picudo capturados en cada unidad experimental. Esta dinámica permitió evaluar la respuesta del insecto frente a las diferentes concentraciones del agente entomopatógeno aplicado en campo.

Posteriormente se recolectaron los individuos que fueron infectados dentro de las trampas con *B. Bassiana*, luego fueron trasladados a la colección de entomología del Centro de Investigación de Ciencias Agrarias y Veterinaria para evaluar la sintomatología y micosis producidas por los tratamientos evaluados.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos primero se procedió a la creación de la base de datos con el programa Microsoft Excel 2016, posteriormente se utilizó el programa estadístico R Statistical para Windows, para generar modelos lineales generalizados de tipo Poisson usando la función “glm” del paquete “stats” ([R Core Team, 2020](#)).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en la variable número de picudos por tratamiento muestran que los menores valores se consiguieron con el tratamiento 10 gramos por trampa con un promedio 1.33 picudos, mientras que en el testigo se registraron 1.96 individuos ([Figura 1](#)). Tanto las aplicaciones de 5 gramos como las de 10 gramos de *B. bassiana* por trampa redujeron la cantidad de picudos en comparación al testigo con valores estimados de 75 % y 68 % de los resultados del testigo respectivamente, con intervalos de confianza de 55 % a 84% de los valores del testigo para el tratamiento 10 gramos y de 61 % a 91 % del testigo para 5 g. Ambas aplicaciones de *B. bassiana* obtuvieron diferencias estadísticas significativas al 95 % de confianza en con respecto al testigo ($p < 0.01$ y 0.00 para 5 gramos y 10 gramos respectivamente) ([Tabla 1](#))

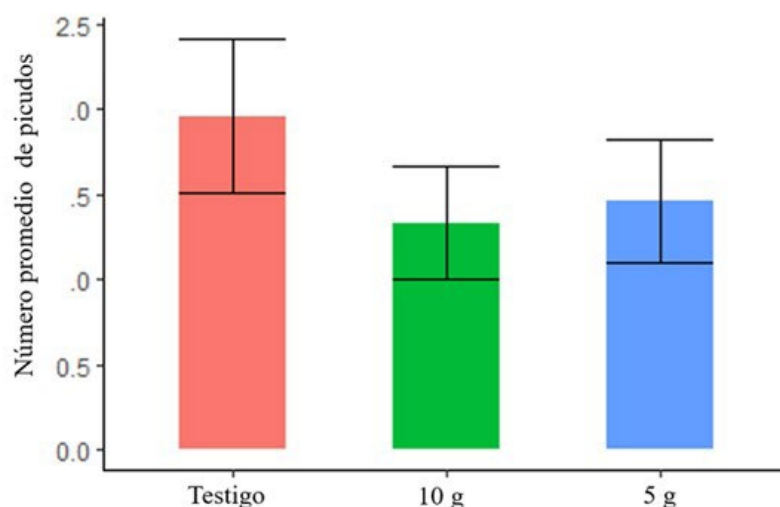


Figura 1. Número de picudos por trampa según tratamiento (5 y 10 gramos de *B. bassiana* y testigo).

Tabla 1. Resumen del Modelo Lineal Generalizado (Estimado, Error Estándar, Estadístico Z, Valor de P e Intervalos de Confianza Inferior (ICI) y Superior (ICS)) para la variable Número de picudos/trampa según tratamiento.

Término	Estimado	Error standard	Estadístico	Valor de P	ICI	ICS
(Intercepto)	0.67	0.07	9.82	0	0.54	0.81
Tratamiento 10 G	-0.39(0.68)	0.11	-3.58	0	-0.6(0.55)	-0.18(0.84)
Tratamiento 5 G	-0.29(0.75)	0.11	-2.8	0.01	-0.5(0.61)	-0.09(0.91)

Los datos obtenidos fueron similares a los reportados por [Godonou et al. \(2000\)](#), quienes evidenciaron un mayor recuento de picudos capturados en trampas de pseudotallo sin tratar (>50%) en comparación a los tratados con polvos de conidia de *B. bassiana* y con tortas de palma aceitera inoculadas con *B. bassiana*. El incremento de dosis de *B. bassiana* reduce la sobrevivencia del picudo ([Membang et al., 2020](#)), lo que explicaría la reducción del número de picudos en trampas con mayor contenido de *B. bassiana*. Por otra parte, [Tinzaara et al. \(2015\)](#) reportan presencia de micosis en picudos recuperados hasta nueve metros lejos de trampas de pseudotallos lo que reduciría la población de estos insectos donde se realizan las aplicaciones.

El número de picudos por trampa evidenció un incremento a los 15 y 30 días después de la aplicación de *B. bassiana*, siendo el tratamiento testigo el que presentó el mayor incremento. Los dos tratamientos evaluados redujeron la cantidad de picudos en el periodo de 15 a 30 días presentando menores valores en las aplicaciones de 10 gramos por trampa ([Figura 2a](#)). El modelo efectuado a la variable número de picudos muestra que se incrementó un 0.01 % la cantidad de individuos por cada día transcurrido con intervalos de confianza de hasta 0.02 % a un 95 % de confiabilidad ([Tabla 2](#)), esto indica un incremento en la cantidad de picudos por trampa en el tiempo aún con las aplicaciones de *B. bassiana* ([Figura 2b](#)).

Tabla 2. Resumen del Modelo Lineal Generalizado (Estimado, Error Estándar, Estadístico Z, Valor de P e Intervalos de Confianza Inferior (ICI) y Superior (ICS)) para la variable Número de picudos/trampa según días después de establecimiento.

Término	Estimado	Error estándar	Estadístico	Valor de P	ICI	ICS
(Intercepto)	0.32	0.07	4.35	0	0.17	0.46
DDE	0.01(1.01)	0	2.48	0.01	0(1.00)	0.02(1.02)

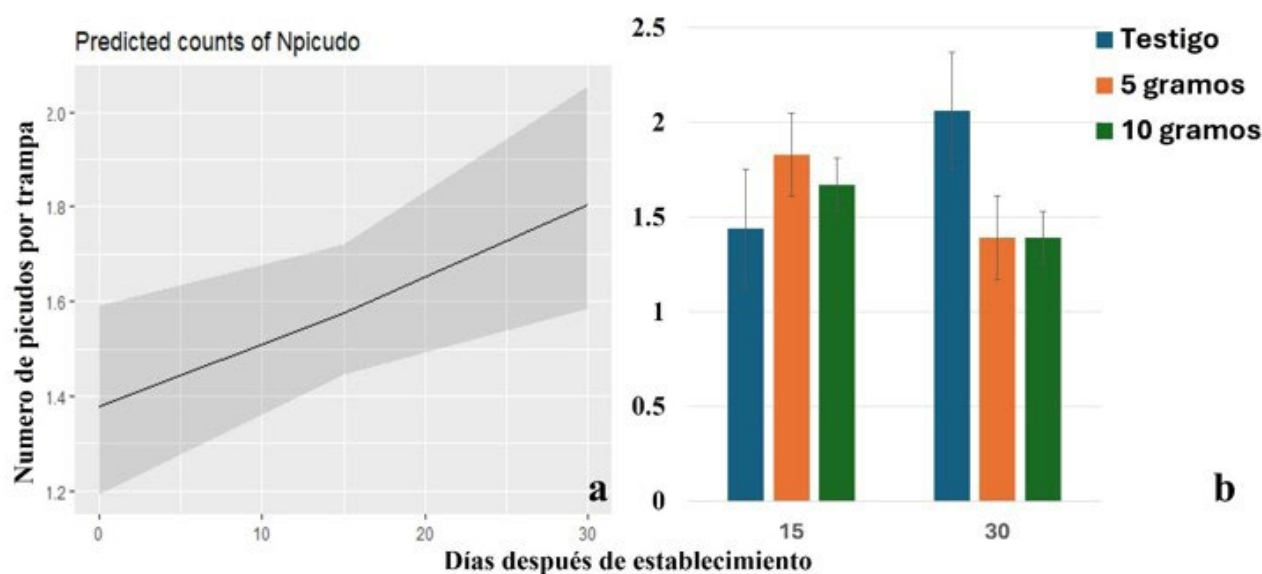


Figura 2. Número de picudos por trampa según días después de establecimiento. a) modelo predictivo del número de picudos b) promedio de número de picudos.

Los valores obtenidos para la variable número de picudos al transcurrir los días, así como la menor viabilidad de los 5 g de *Bauveria bassiana* utilizados, se debe al incremento de la temperatura al transcurrir los días, ya que en un estudio en el cual se ocupó grasa de estearina de palma con *B. bassiana* ésta perdió viabilidad a los 28 °C. temperaturas muy similares a las que se reportaron en este estudio con 31 °C al transcurrir los días, reduciendo la viabilidad del hongo en los tratamientos efectuados, la supervivencia de los insectos expuestos a pellets impregnados con hongos se vio afectada por el tipo de grasa (grasa de soja vs. estearina de palma) y la temperatura del bioensayo (25 vs. 30 °C) (Lopes et al., 2014).

Por otra parte, estudios realizados por Suarez-Quintero y Suarez-Quintero (2020) reportan que los tratamientos que produjeron mayor colonización del picudo negro del banano fueron *Beauveria bassiana* con una textura granular de 92.47% muy parecidos a la aplicación de 5 gramos de arroz realizada en este estudio.

Carballo y Arias (1994) obtuvieron que a nivel de campo y utilizando dos formulaciones de *B. bassiana*, en sustrato de arroz y sustrato a base de talco a una concentración de 5.8×10^{10} /trampa, determinaron mortalidades entre 30 y 63 %, a los cuatro días después de tratadas las trampas siendo inferiores a la de nuestro estudio.

Kisaakye et al. (2021) destaca en su estudio que la viabilidad y patogenicidad de *B. bassiana*. El estudio presentado analizó la viabilidad y patogenicidad de diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos contra adultos de BW. Se encontró que la viabilidad de las esporas varía significativamente entre los 20 aislamientos, mostrando una muy buena viabilidad. De los aislamientos probados, 18 resultaron ser patógenos para BW a los 35 días de exposición, con una mortalidad significativamente diferente entre ellos. Los aislamientos de *Beauveria bassiana*, en particular ICIPE 660, 648 y 273, mostraron una alta patogenicidad, con mortalidades superiores al 80%. Por otro lado, los aislamientos ICIPE 69 y 281 no fueron patógenos, y los aislamientos de *Metarhizium* e *Isaria fumosorosea* mostraron baja mortalidad siendo muy similares a lo evaluado en este estudio, en campo presentaron la patogenicidad más alta (31.3%) y más baja (20.8%), respectivamente, estos aislamientos de *B. bassiana* ICIPE 273, ICIPE 648 y ICIPE 660 se identificaron como candidatos prometedores para el manejo sostenible del picudo del plátano.

Viswakethu et al. (2022) destaca que al evaluar doce aislamientos de *B. bassiana* y dos de *B. brongniartii* contra adultos de *O. longicollis* mostraron una buena mortalidad sobre todo las de *Bauveria* superando los resultados de nuestro estudio debido a que la cantidad de conidias usadas en ese estudio era mayor siendo muchos más virulento que el nuestro.

Estudios han demostrado que el hongo *Beauveria bassiana*, aplicado como un endófito en musaceas, es capaz de colonizar eficientemente estas plantas, ofreciendo una protección prolongada frente al gorgojo del banano. Al inocular las raíces de las plantas de banano con *B. bassiana*, se observó una disminución notable en la cantidad de picudos y un incremento en la mortalidad de sus larvas al igual que el ensayo de nuestro estudio. Estos resultados indican que *B. bassiana* podría ser una alternativa biológica viable para el control de esta plaga, lo que disminuiría la dependencia de pesticidas químicos y contribuiría a la sostenibilidad de la producción bananera (Branine et al., 2019).

Durante el estudio se capturaron un total de 212 picudos en las trampas del tratamiento testigo, mientras que en las trampas con *B. bassiana* se registraron 158 individuos en el tratamiento de 5 g y 144 en las trampas con 10 g de *B. bassiana*. Del total de picudos capturados por el tratamiento testigo, ningún individuo presentó signos de micosis, mientras que en ambos tratamientos con *B. bassiana* se registró 100% de picudos con signos de micosis (Figura 3). Tinzaara et al. (2015) reportan porcentajes de micosis de hasta 40% utilizando trampas de pseudotallos y trampas de incisión. Por otra parte, Godonou et al. (2000) registraron 33.3% de micosis en los individuos capturados.

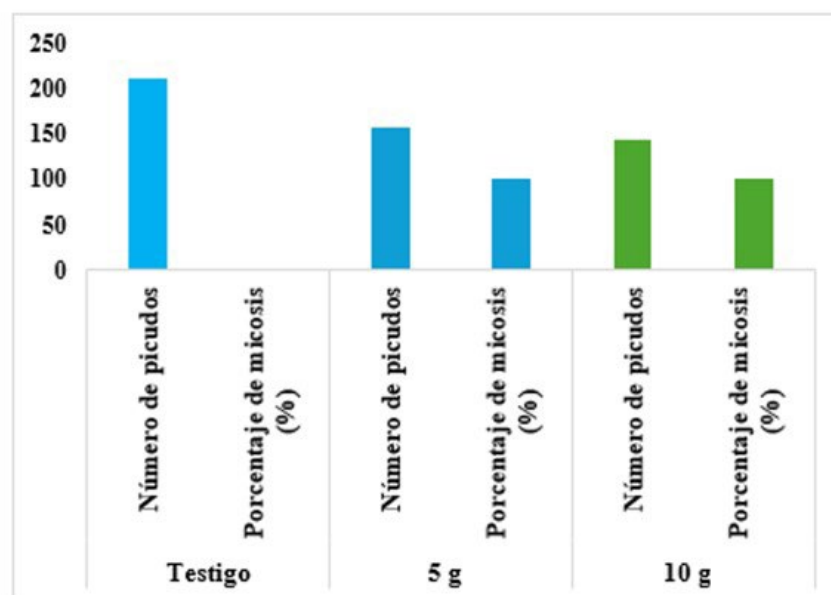


Figura 3. Recuento total de picudos y porcentaje de micosis por tratamiento

Las características genéticas del hongo, así como la habilidad de adquirir nutrientes o el grosor de las hifas afectan la virulencia de *B. bassiana* (Membang et al., 2020). Faria et al. (2015) mencionan que la viabilidad del material de *B. bassiana* utilizado afecta la efectividad del hospedero, condicionado por los factores abióticos del ambiente (Quiroz-Medina et al., 2021). Estos factores explicarían la diferencia de micosis obtenidas en nuestro estudio. Debido a que *B. bassiana* no solo afecta a los adultos del picudo, sino que también a etapas inmaduras (Godonou et al., 2000), la aplicación de *B. bassiana* en plantaciones de musáceas permitiría reducir las poblaciones del insecto. Otro estudio realizado sobre *Diones june* también demuestra el efecto de *B. bassiana* sobre larvas que se encontraban de primer a tercer instar (Malpartida-Zevallos et al., 2013).

Conclusiones

El uso de *B. bassiana* redujo el número de picudos en comparación a las trampas sin tratar, las aplicaciones de 10 gramos por trampa fueron las más efectivas, logrando una reducción promedio de 1.33 picudos por trampa, en comparación con el grupo de control que registró 1.96 individuos. Lo que muestra la eficiencia del entomopatógeno como herramienta de manejo del insecto en sistemas de producción de musáceas en el occidente de Nicaragua. Se necesitan realizar estudios con un tiempo de evaluación mayor para determinar la prevalencia efectiva del hongo en campo.

Declaraciones

Fondos: Este estudio no fue financiado.

Conflicto de intereses: Los autores no tienen intereses financieros o no financieros relevantes que revelar. No revelaron conflictos de intereses.

Cumplimiento de estándares éticos: N/A

Contribuciones de autor: C.I.R.B: Conceptualización, Metodología, Redacción, Borrador Original. P.F.S.I: Análisis estadístico, Redacción. L.F.M.M: Conceptualización. O.M.U.C: recolección de datos, Metodología. B.A.R.G: recolección de datos, Metodología.

Disponibilidad de datos: Los conjuntos de datos analizados en el presente estudio pertenecen a un cuestionario y no son de acceso público, pero están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable.

Referencias bibliográficas

- Amador, M., Molina, D., Guillén, C., Parajeles, E., Jiménez, K. y Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* cia-ne07 en el control del picudo del banano *Cosmopolites sordidus* en condiciones *in vitro*. *Agronomía Costarricense*, 39 (Supl. 1), 47-60. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i3.21791>
- Barraza, E. y Chavarria, S. (2020). Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo, para la captura del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*, Germar, 1824), en la provincia de Darién, república de Panamá. *Scientia*, 30(1), 53–59. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v30n1a4>
- Branine M., Bazzicalupo A., & Branco, S. (2019). Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi. *PLoS Pathog*, 15(7): Article e1007831. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007831>
- Castillo-Arévalo, T. (2023). Alternatives for the Biocontrol of *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense, Causal Agent of *Fusarium wilt* or Panama Disease in Guineo (*Musa balbisiana* ABB) Under Field Conditions. *Sch J Agric Vet Sci*, 2, 12-18. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2023.v10i02.001>
- Castellón, J. D. (2005). *Evaluación del desarrollo de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis m) en dos épocas (verano e invierno) en el Campus Agropecuario UNAN-León* (Tesis, Universidad Nacional Agraria). RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1970/1/tnh20c348.pdf>
- Carballo, M. y Arias, M. (1994). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de campo. *Manejo Integrado de Plagas*, 31: 22-24.
- Carballo, M., Hidalgo E. y Rodríguez, A. (2004). CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS. En Caballo, M y Guharay, F. (Eds). Control biológico de plagas agrícolas. Centro agronómico tropical de investigadores y enseñanza.
- Dadrasnia, A., Usman, M. M., Omar, R., Ismail, S., & Abdullah, R. (2020). Potential use of Bacillus genus to control of bananas diseases: Approaches toward high yield production and sustainable management. *Journal of King Saud University - Science*, 32(4), 2336-2342. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.011>
- Espinosa Ruíz, G. C. y Vallejos Treminio, F. L. (2016). *Desarrollo de formulaciones bioplaguicidas a base de Beauveria bassiana (Bals & Vuils) con materiales sólidos y líquidos* (Tesis, Universidad Nacional Agraria). RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3387>
- Faria, M., Lopes, R. B., Souza, D. A., & Wraight, S. P. (2015). Conidial vigor vs. Viability as predictors of virulence of entomopathogenic fungi. *Journal of Invertebrate Pathology*, 125, 68-72. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2014.12.012>
- Feng, M. G., Poprawski, T. J., & Khachatourians, G. G. (1994). Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol science and technology*, 4(1), 3-34. <https://doi.org/10.1080/09583159409355309>
- Godonou, I., Green, K. R., Oduro, K. A., Lomer, C. J., & Afreh-Nuamah, K. (2000). Field Evaluation of selected formulations of *Beauveria bassiana* for the management of the banana Weevil (*Cosmopolites sordidus*) on plantain (*Musa* spp., AAB Group). *Biocontrol Science and Technology*, 10(6), 779-788. <https://doi.org/10.1080/09583150020011726>
- González-García, H., González-Pedraza, A. F., Rodríguez-Yzquierdo, G., León-Pacheco, R. y Betancourt-Vásquez, M. (2021). Vigor en plantas de plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) y su relación con características físicas, químicas y biológicas del suelo. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 115-134. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47772>
- Gold, C.S., Pena, J.E., & Karamura, E.B. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Integrated Pest Management Reviews* 6, 79–155. <https://doi.org/10.1023/A:1023330900707>
- Keswani, C., Singh, S. P., & Singh, H. B. (2013). *Beauveria bassiana*: Status, Mode of action, Applications and Safety issues. *Biotech Today*, 3(1), 16-20 <https://doi.org/10.5958/j.2322-0996.3.1.002>
- Kisaakye, J., Fourie, H., Coyne, D., Cortada, L., Masinde, S., Subramanian, S., & Haukeland, S. (2021). Evaluation of the Entomopathogenic Potential of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Isaria fumosorosea* for Management of *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Agriculture*, 11(12): Article1290. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121290>

- León-Martínez, G. A., Campos-Pinzón, J. C. y Arguelles-Cárdenas, J. H. (2019). Patogenicidad y autodiseminación de cepas promisorias de hongos entomopatógenos sobre *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae). *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 631-646. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36184>
- Lopes, R. B., Laumann, R. A., Moore, D., Oliveira, W. M., & Faria, M. (2014). Combination of the fungus *Beauveria bassiana* and pheromone in an attract-and-kill strategy against the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 151(1), 75–85. <https://doi.org/10.1111/eea.12171>
- Lozano-Soria, A., Picciotti, U., Lopez-Moya, F., Lopez-Cepero, J., Porcelli, F., & Lopez-Llorca, L. (2020). Volatile Organic Compounds from Entomopathogenic and Nematophagous Fungi, Repel Banana Black Weevil (*Cosmopolites sordidus*). *Insects*, 11(8), article 509. <https://doi.org/10.3390/insects11080509>
- Membang, G., Ambang, Z., Mahot, H. C., Kuate, A. F., Fiaboe, K. K. M., & Hanna, R. (2020). *Cosmopolites sordidus* (Germar) susceptibility to indigenous Cameroonian *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. And *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) isolates. *Journal of Applied Entomology*, 144(6), 468-480. <https://doi.org/10.1111/jen.12757>
- Malpartida-Zevallos, J., Narrea-Cango, M. y Dale-Larraburre, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*, 12(2), 75-81. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.440>
- 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), 16-22.
- Quiroz-Medina, C. R., Chavez, D. J., Lanuza-Reyes, C. R., Moreno-Mayorga, L. F. y Gonzales, I. R. (2021). Patogenicidad de hongos entomopatógenos en termitas en plantaciones de *Moringa oleifera*, Posoltega Nicaragua. *Revista iberoamericana bioeconomía cambio climático*, 7(14), 1741-1752. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12851>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rehner, S. A., Minnis, A. M., Sung, G. H., Luangsa-ard, J. J., Devotto, L. y Humber, R. A. (2011). Filogenia y sistemática del género anamórfico y entomopatógeno *Beauveria*. *Mycologia*, 103 (5), 1055–1073. <https://doi.org/10.3852/10-302>
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., Alzate Henao, S. V., Pisco Ortiz, Y. C. y Sandoval Contreras, H. A. (2018). Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales. *Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402674>
- Romero, S. D., Castillo-Arévalo, T., & Rodríguez Zamora, M. J. (2023). *In Vitro* Evaluation of Native Isolates of *Lecanicillium* spp (Berk & Broome) on *Hemileia vastatrix*. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 10(8) 99-113. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2023.v10i08.001>
- Suarez Quintero, J. E. y Suarez Quintero, L. J. (2020). Efectividad del hongo *Beauveria bassiana* en trampas para el manejo del picudo del cultivo de plátano (*Cosmopolites sordidus*: Coleoptera: Curculionidae) Tonalá- Chinandega, 2019. (Tesis, Universidad Nacional Agraria). RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4075>
- Suarez-Quintero, L. J., Suarez-Quintero, J. E., Monzon-Ruiz, V. (2021). Manejo del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) Coleoptera: Curculionidae) con *Beauveria bassiana* Bals y Vuils, Tonalá-Chinandega, Nicaragua. *La Calera*, 21(36). <https://doi.org/10.5377/calera.v21i36.11666>
- Tinzaara, W., Emudong, P., Nankinga, C., Tushemereirwe, W., Kagezi, G., Gold, C. S., Dicke, M., Van, H. A., & Karamura, E. (2015). Enhancing dissemination of *Beauveria bassiana* with host plant base incision trap for the management of the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *African Journal of Agricultural Research*, 10(41), 3878-3884. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9882>
- Viswakethu, V., Ramasamy, V., Krishnamoorthy, S., Segar, T., Ramaraj, A., Kuttithodika M. A., Narayanasamy, B., Balakrishnan, P., & Rajagopal, R. (2022). Effect of entomopathogenic fungi against banana pseudostem weevil *Odoiporus longicollis* (Olivier) and elucidation of infection process. *Egypt J Biol Pest Control*, 32, Article 114. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00611-w>
- Zimmermann, G. (2007). Revisión sobre la seguridad de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17(6), 553–596. <https://doi.org/10.1080/09583150701309006>