

Histopatología causada por el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el insecto adulto *Cosmopolites sordidus* transmisor de la bacteria *Erwinia spp* en plátano

Histopathology caused by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the adult insect *Cosmopolites sordidus* transmitter of the bacterium *Erwinia spp* on banana

Castillo Arévalo¹, Trinidad^{1*}
Blandón Díaz², Jorge Ulises²

^{1,2} Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua

¹ trinidad.castillo@ci.una.edu.ni  <https://orcid.org/0000-0001-6401-0142>

² ulisesdb@ci.una.edu.ni  <https://orcid.org/0000-0002-7904-8853>

Recibido/received: 30/04/2025 Corregido/revised: 25/05/2025 Aceptado/accepted: 21/06/2025

Resumen: La producción de plátano en Nicaragua ha sido severamente afectada por la infestación del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), provocando pérdidas de hasta un 50% en los rendimientos agrícolas. El uso intensivo de insecticidas químicos ha generado resistencia en las plagas, impactos ambientales negativos y riesgos para la salud humana. Ante esta problemática, el control biológico mediante hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* representa una alternativa sostenible y eficaz. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la progresión de la infección inducida por el aislamiento BBT35 de *B. bassiana* en adultos de *C. sordidus*, con énfasis en la penetración del tegumento y la colonización de órganos internos. Se recolectaron 320 insectos en plantaciones infestadas del departamento de Rivas, los cuales fueron mantenidos en condiciones de laboratorio. Los insectos fueron inoculados con una solución de conidios y posteriormente preservados en formaldehído a intervalos regulares. Se realizaron observaciones macroscópicas e histopatológicas para caracterizar el proceso infeccioso. Los resultados mostraron que la infección provocó parálisis progresiva y muerte de los insectos a las 90 horas. A partir de las 120 horas se observó crecimiento micelial, con alta densidad de conidios en abdomen y espiráculos. El análisis histopatológico reveló la germinación de conidias, penetración de la cutícula y colonización de órganos internos como tráqueas y tórax. Estos hallazgos evidencian el potencial de *B. bassiana* como agente biológico para el control del picudo negro del plátano.

Palabras clave: Control biológico; mortalidad; cortes histológicos; cutícula, infección fúngica

* Autor de correspondencia

Correo: trinidad.castillo@ci.una.edu.ni



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivar 4.0

Abstract: Banana production in Nicaragua has been severely affected by the infestation of the black plantain weevil (*Cosmopolites sordidus*), causing losses of up to 50% in agricultural yields. The intensive use of chemical insecticides has generated pest resistance, negative environmental impacts and risks to human health. Biological control by entomopathogenic fungi such as *Beauveria bassiana* represents a sustainable and effective alternative. The aim of this study was to evaluate the progression of infection induced by BBT35 isolate of *B. bassiana* in adults of *C. sordidus*, with emphasis on the penetration of the integument and colonization of internal organs. A total of 320 insects were collected from infested plantations in the department of Rivas and maintained under laboratory conditions. The insects were inoculated with a solution of conidia and subsequently preserved in formaldehyde at regular intervals. Macroscopic and histopathological observations were made to characterize the infectious process. The results showed that the infection caused progressive paralysis and death of the insects at 90 hours. After 120 hours, mycelial growth was observed, with a high density of conidia in the abdomen and spiracles. Histopathological analysis revealed germination of conidia, penetration of the cuticle and colonization of internal organs such as the trachea and thorax. These findings demonstrate the potential of *B. bassiana* as a biological agent for the control of the black banana weevil.

Keywords: Biological control; mortality; histological slices; cuticle, fungal infection

Introducción

El picudo negro se identifica como una de las principales plagas que afectan el cultivo de plátano y otras musáceas, especialmente en regiones tropicales y subtropicales, donde su impacto es significativo (Castrillón et al., 2004, Rivera et al., 2025).

El picudo negro tiene su origen en el Sudeste Asiático, específicamente en la región Indomalaya, que incluye áreas como Malasia, Java y Borneo (Olivares y Rodríguez, 2018). Actualmente, se encuentra distribuido por regiones pantropicales donde se cultivan plátanos. A nivel global, las pérdidas económicas atribuidas a este insecto se calculan en un 20% (Guzmán-Piedrahita, 2011; Araya, 2003). En la región del Caribe, incluyendo Florida y América Central, las pérdidas que ocasiona el picudo negro en los cultivos de banano y plátano son del 30 al 90% en áreas excesivamente infestadas (Castrillon y Herrera, 1980).

En Nicaragua, los daños causados por los picudos han generado una reducción significativa en los rendimientos del cultivo y en los ingresos económicos que este aporta a los productores. Incluso, las enfermedades que afectan a la planta y a sus frutos han puesto en riesgo la seguridad alimentaria que este cultivo representa para la población (Castillo-Arévalo y Jiménez-Martínez, 2020).

En el contexto local, se han reportado pérdidas que varían entre el 40% y el 50% de la producción (Castillo-Arévalo, 2022). La aplicación de insecticidas químicos en la superficie del suelo continúa siendo la única opción económicamente viable en la actualidad (Vargas et al., 2015). No obstante, el uso indebido de estos productos químicos puede generar impactos negativos tanto en el medio ambiente como en la salud de los trabajadores. Además, el picudo negro y el picudo rayado del banano

han demostrado la capacidad de desarrollar resistencia frente a la mayoría de los insecticidas disponibles (Gold y Messiaen, 2000).

El manejo de esta plaga se sustenta, principalmente, en el uso intensivo de insecticidas, lo que ha provocado diversos efectos adversos, como el desarrollo de resistencia por parte de la plaga, la aparición de plagas secundarias, la disminución de insectos benéficos, además de generar impactos negativos en el medio ambiente y riesgos para la salud humana (Bautista et al., 2018; Rezende et al., 2015). Sumado a esto, el incremento de los costos asociados al desarrollo de nuevas plagas ha llevado a los países a explorar alternativas más sostenibles, como el control biológico del picudo (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

En este contexto, resulta esencial explorar alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente que permitan controlar los picudos y preservar la productividad de las fincas. Entre las opciones biológicas para el manejo de plagas, destacan los hongos del género *Beauveria* spp. y *Metarrhizium* spp., los cuales han sido empleados como agentes biocontroladores de patógenos en plantas (Cano, 2011).

Ante la necesidad de reducir los impactos negativos causados por los plaguicidas sintéticos, se propone como alternativa el desarrollo de bioplaguicidas con nuevas formulaciones que garanticen una mayor estabilidad del producto frente a los factores abióticos y bióticos del agroecosistema (Castillo-Arévalo et al., 2023). Estas formulaciones deben ser de fácil aplicación, altamente eficaces y al mismo tiempo, ofrecer costos de producción significativamente menores en comparación con otros productos existentes en el mercado (Espinoza y Vallejos, 2016).

El desarrollo de hongos entomopatógenos es un paso fundamental para la creación de bioplaguicidas eficaces, dado que los componentes del producto influyen directamente en la viabilidad de las conidias del hongo. En el proceso de formulación, es crucial garantizar un almacenamiento con bajos niveles de humedad para prolongar la estabilidad del producto bajo dichas condiciones. Asimismo, los materiales inertes empleados en las formulaciones desempeñan un papel importante al proteger a las conidias de factores ambientales adversos. La única manera de preservar la viabilidad del producto a temperatura ambiente es mediante el diseño de formulaciones adecuadas (Jiménez et al., 2015).

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la progresión de la infección inducida por el aislado BBT35 de *Beauveria bassiana* en *Cosmopolites sordidus*, con énfasis en la penetración del tegumento y la colonización de los órganos internos del insecto. Para ello, se realizaron observaciones macroscópicas e histopatológicas en intervalos determinados post-exposición a las esporas del hongo, permitiendo caracterizar los patrones de infección y evaluar su potencial como agente biológico para el control de esta plaga en cultivos de plátano.

Material y Métodos

La investigación realizada se caracterizó por ser experimental, prospectiva, descriptiva de corte transversal y exploratoria. El estudio se realizó en el laboratorio de bioplaguicidas de la Universidad Nacional Agraria (figura1), ubicado en el km 12 ½ de la Carretera Norte, Managua, Nicaragua. En la figura 2 se muestran las cuatro etapas realizadas en la fase experimental.



Figura 1.

Ubicación del estudio en el laboratorio de bioplaguicidas de la Universidad Nacional Agraria

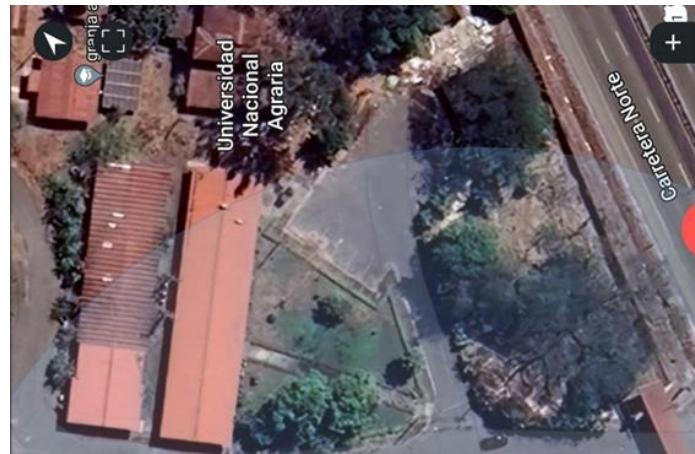
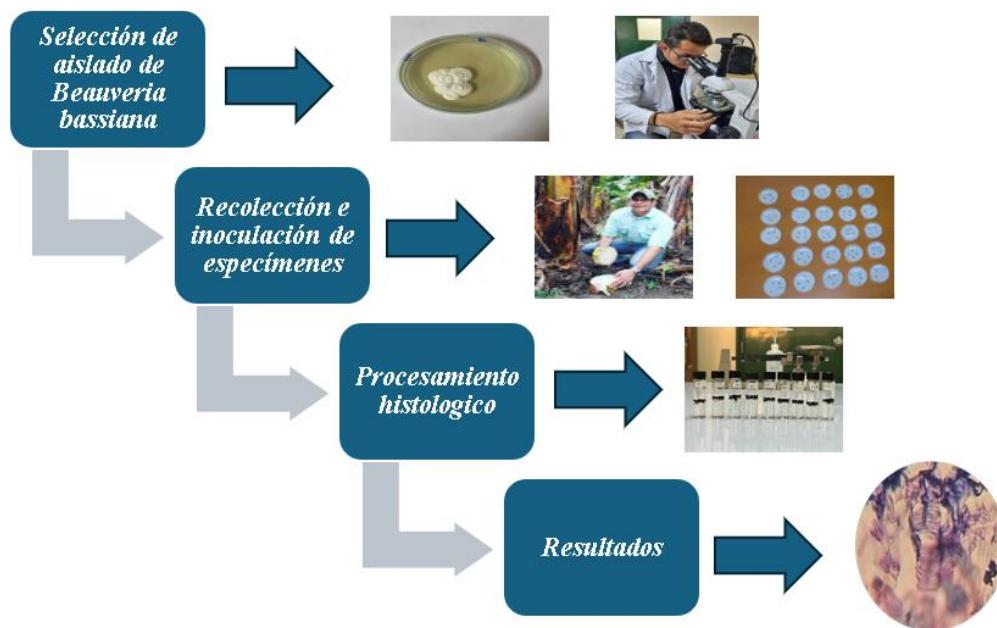


Figura 2.

Diagrama de flujo del experimento



Selección de aislado de *Beauveria bassiana*

Se seleccionó el aislado BBT35 de *B. bassiana* de un estudio anterior “Determinación de DL50 y TL50 en diferentes dosis de *Beauveria bassiana* sobre *Cosmopolites sordidus*” donde demuestra que

este aislado presenta una mayor virulencia y patogenicidad sobre adultos de *C. sordidus*.

Recolección e inoculación de especímenes

Se colectaron 320 adultos de picudos del plátano de plantaciones infestadas en el departamento de Rivas. Estos se mantuvieron en el laboratorio de Bioplaguicidas de la Universidad Nacional Agraria en recipientes de plástico a temperatura ambiente durante una semana antes de ser utilizados en el experimento, las cubiertas de los contenedores estaban perforadas para su ventilación, se cortaron cormos de plátano y se colocaron en los contenedores como fuente de alimentación de los especímenes, figura 3.

Se depositaron 100 picudos en un plato Petri de 2250 mm de diámetro por 70 mm de alto sobre un papel absorbente y se asperjó con un atomizador, utilizando 1500 µL de una solución de conidios a una concentración de 1×10^{12} . Esta metodología permitió evaluar el parasitismo de los picudos de forma macroscopica e histopatologica.

Procesamiento histológico

Para estudiar la multiplicación del hongo entomopatógeno dentro del cuerpo del insecto huésped, y la patogenicidad de los conidios de *B. bassiana*, se introdujeron 5 picudos en Formaldehido al 37% cada 12, 24, 48 hasta llegar a las 192 horas para preservar el parasitismo del hongo entomopatógeno en estudio.

Figura 3.

*Especímenes de *C. sordidus* preservados en formaldehido al 37%*



Etapas del proceso de los cortes histológicos

Deshidratación: Se eliminó el agua de la muestra mediante baños sucesivos en soluciones alcohólicas de concentración creciente (60%. 70%, 80%. 90% y 100%) (Arraiza et al., 2001; Villalobos et al., 2010).

Inclusión: Se infiltró la muestra con un medio de inclusión (parafina) que se solidificara al enfriarse, proporcionando dureza al tejido (%). (Arraiza et al., 2001; Villalobos et al., 2010). Microtomía: Se obtienen cortes muy finos de la muestra utilizando un microtomo (Villalobos et al., 2010). Extensión: Los cortes se extendieron sobre un portaobjetos y se adhieren a este. Tinción: Se aplicaron colorantes específicos (figura 4) para resaltar los componentes celulares y tisulares (tinción de Gram, hematoxilina y eosina %) (Arraiza et al., 2001; Villalobos et al., 2010). Montaje: Se cubrió el corte con un cubreobjetos y se selló para su observación al microscopio westover scientific de 10x a 40x.

Figura 4.

Tinción de cortes histológicos de *C. sordidus* con colorantes específicos



Resultados y discusión

Los adultos de picudo negro parasitados por *Beauveria bassiana* disminuyeron su movimiento a partir de las 72 horas, a las 90 horas iniciaron a morir, una vez muertos no presentaron cambio de coloración ni flacidez, permanecieron rígidos y con las patas plegadas, a las 120 horas de la inoculación estaban muertos sin presentar micelios a simple vista, el cual se mostraron a partir de las 144 horas en adelante observándose la aparición de un micelio blanco algodonoso sobre la cutícula del insecto (figura 5). El estudio realizado por Cazorla-Perfetti y Morales-Moreno (2018) en individuos de *Triatoma maculata* sometiendo a dosis de *B. bassiana* enfatizó que entre las 120 y 144 horas post-inoculacion observó crecimiento micelial sobre los cadáveres de estos, este hallazgo se asemeja al encontrado en este estudio.

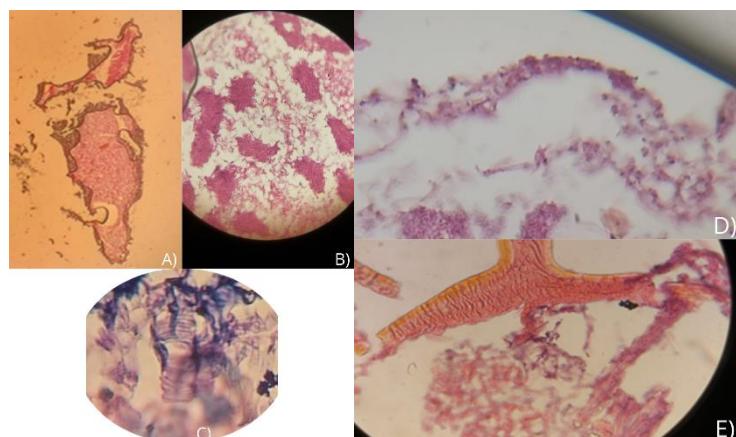
Figura 5.
Adultos de C. sordidus parasitados por B. bassiana.



Histopatología: Adhesión, germinación y penetración de conidias a través de la cutícula del insecto.

Se observaron conidios en alta densidad principalmente región esternal del abdomen y espiráculos a las 96 horas (figura 6). De acuerdo con el estudio realizado por Toledo et al. (2010) con individuos de *Peregrinus maidis* resalta que cinco días posteriores a la inoculación, se detectaron estructuras hifales de *Beauveria bassiana* presentes en el abdomen y el tórax, coincidiendo con los resultados en esta investigación.

Figura 6.
Cortes histológicos de C. sordidus colonizados por B. bassiana observados bajo microscopio



A) Abdomen, B) Espiráculos, C) Tráquea, D) Protórax, E) Metatórax.

Las características de la cutícula, como su grosor, nivel de esclerotización y la presencia de compuestos antifúngicos y nutricionales, son determinantes en el proceso de penetración de los hongos entomopatógenos en los insectos (Charnley, 1992; Monzón, 2004), de acuerdo con lo anterior, los hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana*, suele colonizar primero el abdomen de los insectos debido a factores como la estructura de la cutícula y la presencia de pliegues o áreas menos rígidas que facilitan la penetración de las esporas. Además, el abdomen puede ofrecer condiciones más favorables para el desarrollo inicial del hongo, como humedad y acceso a tejidos internos tal como se observó en este estudio.

El proceso de penetración involucra mecanismos físicos y químicos que facilitan la invasión del entomopatógeno en el insecto huésped. A nivel físico, la presión ejercida por las estructuras de penetración permite la ruptura de regiones esclerosadas y membranosas de la cutícula. Paralelamente, el mecanismo químico implica la acción enzimática de proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales degradan el tejido en la zona de entrada, favoreciendo la penetración física del entomopatógeno (Monzón, 2002).

En la región Protórax, Mesotórax y Metatórax, tráquea a las 120 horas, zona ventral, uniones del cabeza y tórax del dorso a las 144 horas. Según lo reportado por Chasko et al. (2017) individuos de *Bombyx mori* al sexto día después de la inoculación con *Metarhizium anisopliae* formaron un complejo micelial en el tegumento, tejido graso, tracto digestivo, órganos reproductivos y la tráquea, coincidiendo con los resultados de esta investigación. Las tráqueas son estructuras esenciales para la ventilación, ya que funcionan como conductos de transporte de oxígeno. En este contexto, estas estructuras podrían desempeñar un papel clave en la diseminación de patógenos, dado que los spiráculos representan puntos vulnerables de entrada para dichos organismos (Toledo et al., 2010).

Conclusiones

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* demuestra ser un biocontrolador del picudo del plátano, siendo eficaz en la infección y mortalidad del insecto. La infección de *B. bassiana* provoca parálisis progresiva y la muerte de estos, observándose un crecimiento de micelio visible en los cadáveres, lo que indica que el hongo puede reducir notablemente la población de picudos en las plantaciones de plátano. El desarrollo de la infección es progresivo, observándose alta densidad de conidios en distintas partes del cuerpo en diferentes intervalos de tiempo, lo cual evidencia que este hongo tiene la capacidad de colonizar al insecto. Además, el uso de *B. bassiana* como bioplaguicida ofrece una alternativa sostenible y segura frente a los insecticidas químicos, reduciendo los riesgos de resistencia, contaminación ambiental y efectos adversos en la salud humana. Se recomienda realizar estudios adicionales para optimizar la formulación y aplicación de *B. bassiana* en condiciones de campo, así como investigar su impacto en otras plagas y su interacción con el ecosistema agrícola.

Contribución de Autoría CRedit

En el presente estudio, todos los autores contribuyeron de manera equitativa en todas las etapas de la investigación. La conceptualización del estudio, el diseño de la metodología, la implementación del software, la validación de los resultados y el análisis formal fueron desarrollados en conjunto. Asimismo, todos participaron en la investigación, incluyendo la recolección y análisis de datos, la gestión de recursos, y la validación de datos para su posterior reutilización. La redacción del borrador original, así como la revisión y edición del manuscrito, fueron realizadas colaborativamente. Además, la supervisión, la administración del proyecto y la adquisición de fondos fueron llevadas a cabo de manera conjunta, asegurando la adecuada ejecución y finalización del estudio. En consecuencia, se declara que todos los autores han tenido una participación equitativa en cada aspecto del trabajo.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

Agradecimientos y financiamiento

Los autores de esta investigación agradecen a la Universidad Nacional Agraria, por la financiación económica de este estudio y el proceso de investigación en sus laboratorios.

Referencias

- Araya, M. (2003). Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el trópico americano. Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos, 79-102.
- Arraiza, N., Viguria, P. M., Navarro, J., & Ainciburu, A. (2001). Manual de microscopia. *Auxilab*, SL, 2, 1-56.
- Bautista, E., Mesa, L., & Gómez, M. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585 604.<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.0415>
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 14(2), 15-31.



- Castillo-Arévalo, T. (2022). In vitro and field evaluation of three bio controllers of the black banana weevil (*Cosmopolites Sordidus*). *Sch J Agric Vet Sci*, 11, 153-159.
- Castillo-Arévalo, T., Blandón Díaz, J. U., Romero, S. D., & Castro, I. Z. (2023). Isolation, identification, and morphometric characterization of native isolates of Beauveria spp. from banana crops. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 10(06), 43-56.
- Castillo-Arévalo, T., y Jiménez-Martínez, E. (2020). Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. La Calera, 20(35), 132-139.
- Castrillón, C., Botero, M., Cardona, J., Urrea, C., Zuluaga, L., Morales, H., y Alzate, G. (2004). Efecto de *Paecilomyces lilacinus* en el manejo integrado de nematodos parásitos en plátano 'Dominico Hartón'(Musa AAB). XVI Reunión Internacional ACORBAT, (2004, Oaxaca, MX). Memoria. Oaxaca, MX, 268-274.
- Castrillon, C.; Herrera J. G. (1980). Los picudos negro y rayado del plátano y banano. ICA Informa, Separata, 4 p.
- Cazorla-Perfetti, D., & Morales-Moreno, P. (2018). Susceptibilidad de ninfas IV de *Triatoma maculata* (Triatominae) a un aislamiento nativo de *Beauveria Bassiana* s.l. (Lf14)(Ascomycota), con aspectos histopatológicos Y ultraestructurales. Saber: *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigacion*, (30).
- Charnley, A. K. (1992). Mechanisms of fungal pathogenesis in insects with particular reference to locusts.
- Chasko Ribeiro, L. d., Tavares, J., Vessaro Silva, S. A., Angeli Álvez, L., Loth, E. A., & Costa Brancalhao, R. M. (2017). Infección de larvas de gusanos de seda por el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. *Ciencia Rural*, 1-5.
- Espinoza, G., y Vallejos Treminio, F. (2016). *Desarrollo de formulaciones bioplaguicidas a base de Beauveria bassiana (Bals & Vuils) con materiales sólidos y líquidos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Gold, C., & Messiaen, S. (2000). El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. Hoja divulgativa, 4, 1-4.
- Guzmán-Piedrahita, O. (2011). Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden y *H. dihystera* (Cobb) Sher, en banano y plátano. *Agronomía*, 19(2), 19-32.
- Jiménez, M., Gutiérrez, C., García., Meyer, M., & Hernández, J. (2015). Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 219-226.
- Monzón Centeno, A. (2004). Control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*).
- Monzón, A. (2002). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua.

Motta-Delgado, P. A., y Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77-90.

Olivares P., N., & Rodríguez A., F. (2018). *Cosmopolites sordidus en el cultivo de banana*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Rezende, J., Zanardo, A., Lopes, S., Delalibera, I., & Rehner, S. (2015). Phylogenetic diversity of Brazilian Metarhizium associated with sugarcane agriculture. *BioControl*, 60, 495-505. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9656-5>

Rivera, D. R. V., Asang, S. E. F., Morán, W. C. E., Piguave, F. F. V., Leoro, H. P. V., Moran, E. S. H., & Espinoza, L. H. (2025). Biocontrol of Cosmopolites sordidus using entomopathogenic fungi under laboratory conditions, Ecuador. *Resvista de la Facultad de Agronomia del la Universidad del Zulia*, 42(2).

Toledo, A., de Remes Lenicov, A., y López Lastra, C. (2010). Histopatología Causada por los Hongos Entomopatógenos, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en el Saltahojas Adulto, *Peregrinus maidis*, un Vector del Virus del Maíz. *Revista de ciencia de los insectos*, 10(35), 1–10.

Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., & Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematicida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61-76.

Villalobos, A., Agudelo, J., y Arrieta, D. (2010). Histología de *Apis Mellifera* Linnaeus, 1758 (hymenoptera) como aporte entomológico: Parte I: Regiones corporales, organización anatómica e integumento. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 201-214.



Semblanza de los autores

Trinidad Castillo-Arévalo: Ingeniero Agrónomo, graduado en la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (Nicaragua), cuatro postgrados relacionados con sanidad vegetal, Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal, candidato a Doctor en Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Agraria (Nicaragua). Profesor titular de la Universidad Nacional Agraria desde 2018. Director y regente del Laboratorio de hongos entomopatógenos. Temas de investigación principal se centran en el control biológico, además de otros temas relacionados con la Fitoprotección, ha asesorado 24 tesis de grado y 5 de maestría, ha sido citado 75 veces en estudios en diferentes países del continente y Europa. Es investigador autorizado por la Organización de Protección Fitosanitaria (IPSA) y la Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Toxicas de Nicaragua.

Jorge Ulises Blandón Díaz: Ingeniero en Protección Vegetal y del Suelo (Universidad de Agricultura, Plovdiv, Bulgaria). Magister Scientiae (CATIE, Turrialba, Costa Rica). Doctor en Filosofía. en Fitopatología (SLU, Uppsala, Suecia). Director de ciencias agrarias de la Universidad Nacional Agraria, ha sido citado 100 veces en estudios en diferentes de investigaciones.