



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

MAESTRÍA EN AGRONOMIA

ESTRATEGIA ETOLOGICA PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Cosmopolites sordidus* Germar Y *Metamasius spp.* EN BANANO

GODOY JOVANNY ALEXANDER

PROYECTOS DE DESARROLLO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE MAGISTER
EN AGRONOMÍA CON MENCIÓN EN PRODUCCIÓN VEGETAL

TUTOR(A) SALOMON BARREZUETA UNDA
COTUTOR JESSICA QUEZADA CAMPOVERDE

Machala
2024

PENSAMIENTO

“El ingeniero agrónomo no solo cultiva la tierra, sino también la esperanza de un futuro sostenible”

Norman Borlaug

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, darme fortaleza en los momentos de dificultad y llenarme de sabiduría para culminar este trabajo.

A mi esposa, [nombre de la esposa], por su amor incondicional, su paciencia infinita y su apoyo inquebrantable a lo largo de este camino. Este logro también es tuyo, por todo lo que haces y eres para mí.

Con gratitud y amor,

Jovanny Godoy

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al **Dr. Jhonny Pérez Rodríguez**, Rector de la Universidad Técnica de Machala, por su liderazgo y visión, que han inspirado el desarrollo académico e institucional.

Al **Dr. Salomón Barrezuela Unda**, mi tutor, por su guía experta, paciencia y compromiso durante este proceso. Su apoyo ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

Al **Ing. Leandro Apolo Pontón**, Gerente de la Empresa Pública UTMACH EP, por su colaboración y disposición para facilitar recursos y conocimientos que enriquecieron esta investigación.

A mis compañeros de la **Primera Cohorte de la Maestría en Agronomía**, por su amistad, compañerismo y las experiencias compartidas que hicieron de este camino una travesía inolvidable.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su apoyo constante.

Jovanny Godoy

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Jovanny Alexander Godoy con C.C. 0702557968 , declaro que el trabajo de "Estrategia etológica para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius hemipterus* en banano", en opción al título de Magister en AGRONOMIA, MENCION PRODUCCION VEGETAL, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.

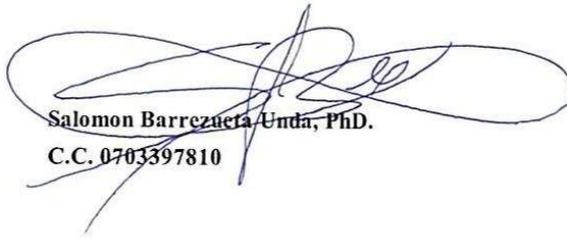


Jovanny Alexander Godoy
C.C. 0702557968

Machala, 2024/noviembre/26

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Salomon Barrezuela Unda C.C. 0703397810; tutor del trabajo de titulación “Estrategia etológica para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius hemipterus* en banano”, modalidad Trabajo experimental, en opción al título de Magister en Agronomía, mención Producción Vegetal, declaro que el trabajo ha sido revisado, y está enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.



Salomon Barrezuela Unda, PhD.
C.C. 0703397810

Machala, Machala, 2024/noviembre/26

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jovanny Alexander Godoy con C.C. 0702557968, autor del trabajo de titulación “Estrategia etológica para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius hemipterus* en banano”, en opción al título de Magister en Agronomía, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia *Creative Commons Attribution-NoCommercial* – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiéndome como Autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.


Jovanny Alexander Godoy
C.C. 0702557968

Machala, Machala, 2024/noviembre/26

TRABAJO TITULACION GODOY (1)(1)

8%
Textos sospechosos

11% Similitudes
0% similitudes entre comillas
3% entre las fuentes mencionadas (ignorado)
0% Idiomas no reconocidos
19% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: TRABAJO TITULACION GODOY (1)(1).docx
ID del documento: 30a5a8e94ef864140102416685efc3dc94e2363
Tamaño del documento original: 2.39 MB
Autores: []

Depositante: SALOMON ALEJANDRO BARREZUETA UNDA
Fecha de depósito: 14/1/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 14/1/2025

Número de palabras: 9018
Número de caracteres: 60.709

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE0006_TRABAJO%20TITULACION... 19 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (208 palabras)
2	cienciadigital.org https://cienciadigital.org/revistacienciadigitala2/index.php/ConcenciaDigital/article/view/3156 19 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (177 palabras)
3	revistasacademicas.ucol.mx https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/la-grupo-cuarla/article/download/403/7837 20 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (116 palabras)
4	rte.espol.edu.ec https://repositorio.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/download/976/673/4710 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (99 palabras)
5	rte.espol.edu.ec https://repositorio.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/976 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (100 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/356ed3dd-a0d3-b746-e042f219...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	cagricola.ucv.edu.cu Uso de trampas con atrayentes para el monitoreo de Cosmo... http://agricola.ucv.edu.cu/descargas/html/446n2/body/cag07219.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	www.scielo.sa.cr Utilización del nematodo entomopatógeno Heterorhabditisataca... http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50377-9424201500300047	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
4	doi.org SciELO Brasil - Respostas ofativas do moleque-da-bana-neira (Coleoptera: C... https://doi.org/10.1590/0034-737x201805040005	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14447/5/TE-SPE-057890.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE0006_TRABAJO%20TITULACION...	2%		Palabras idénticas: 2% (208 palabras)
2	cienciadigital.org https://cienciadigital.org/revistacienciadigitala2/index.php/ConcenciaDigital/article/view/3156	2%		Palabras idénticas: 2% (177 palabras)
3	rte.espol.edu.ec Eficacia de trampas etológicas para el control de Cosmopolites so... http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/976	1%		Palabras idénticas: 1% (124 palabras)
4	Documento de otro usuario #23988: El documento proviene de otro grupo	1%		Palabras idénticas: 1% (91 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1002/ps.5182>
- <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.04.004>

RESUMEN

La producción de banano en Ecuador enfrenta desafíos significativos debido a las plagas *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius spp.*, que afectan la productividad de las plantaciones y generan pérdidas económicas. Ante la dependencia de insecticidas químicos, surge la necesidad de explorar alternativas sostenibles de control biológico y etológico. En este contexto, el objetivo fue evaluar la eficacia de agentes biológicos en el control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius spp.* en banano, utilizando diferentes tipos de trampas. Se implementaron nueve tratamientos combinando tres tipos de trampas (bisel, tipo V, sándwich) con atrayentes y agentes biológicos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *S. spinosa*). Se evaluaron capturas en tres intervalos (48, 96 y 144 horas) en un diseño experimental con 10 réplicas por tratamiento, registrando el número total de especímenes capturados y la eficacia del control. Las trampas tipo sándwich demostraron la mayor eficacia, especialmente en combinación con *S. spinosa*, capturando hasta un 30% más de especímenes que las trampas en bisel o tipo V. Aunque los entomopatógenos mostraron menor efectividad inicial, su acción prolongada complementa estrategias de manejo integrado de plagas. Las trampas tipo sándwich son las más adecuadas para estrategias intensivas de control de plagas. La combinación de métodos biológicos y químicos optimiza la captura y contribuye a una gestión más sostenible de los cultivos de banano.

PALABRAS CLAVES: Control biológico, Control mecánico, curculiónidos, Sostenibilidad agrícola

ABSTRACT

Banana production in Ecuador faces significant challenges from the pests *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius spp.*, which reduce plantation productivity and cause economic losses. Given the dependence on chemical insecticides, there is a need to explore sustainable biological and ethological control alternatives. In this context, the objective was to evaluate the efficacy of biological agents in the control of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius spp.* in banana plantations using different types of traps. Nine treatments were implemented, combining three types of traps (bevel, V-type, sandwich) with attractants and biological agents (*B. bassiana*, *M. anisopliae* and *S. spinosa*). Catches were evaluated at three intervals (48, 96 and 144 hours) in an experimental design with 10 replicates per treatment, recording the total number of specimens caught and the effectiveness of the control. Sandwich traps showed the highest efficacy, especially in combination with *S. spinosa*, capturing up to 30% more specimens than bevel or V traps. Although entomopathogens showed lower initial efficacy, their prolonged action complements integrated pest management strategies. Sandwich traps are best suited to intensive pest control strategies. The combination of biological and chemical methods optimizes trapping and contributes to more sustainable banana crop management.

KEYWORDS: Biological control, Mechanical control, curculionids, Agricultural sustainability

ÍNDICE GENERAL

	pág.
PENSAMIENTO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	5
REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN	6
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	7
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
ÍNDICE GENERAL	11
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO 1. REVISION DE LA LITERARUA	17
1.1 Plagas del banano	17
1.1.1 Plagas causadas por hongos	17
1.1.2 Plagas causadas por bacterias	17
1.1.3 Plagas causadas por nematodos	18
1.1.4 Plagas causadas por insectos	18
1.2 Control de Plagas	18
1.3 Coleópteros: Curculiónidos	19
1.3.1 Cosmopolites sordidus	19
1.3.2 Metamasius hemipterus	20
1.4 Control Etológico de Curculiónidos	20
1.4.1 Atrayentes	21
1.4.2 Trampas	21
1.5 Exportaciones del Banano en Ecuador	21
1.6 Innovaciones en el control de plagas del banano	22
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y METODOS	24
2.1 Diseño de la Investigación	24
2.1.1 Análisis documental	24
2.2.1 Diseño Experimento	25
2.3 Análisis estadísticos	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION	27
3.1 Análisis bibliométrico para Cosmopolites sordidus	27

3.2. Análisis ensayo captura de <i>Cosmopolites sordidus</i>	29
3.3 Análisis bibliométrico para <i>Metamasius hemipterus</i>	34
3.4 Análisis ensayo captura de <i>Metamasius hemipterus</i>	36
IV. CONCLUSIONES	40
4.1 Análisis bibliométrico	40
4.2 Control Etológico	40
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE TABLA

Tabla 1.- Métodos de control Biológicos y Químicos	20
Tabla 2.- Agentes de Control biológico	22
Tabla 3.- Tratamiento para el control etológico de "Cosmopolites sordidus", "Metamasius spp." en banano	26

INDICE FIGURAS

Figura 1.- Coleópteros curculiónidos: A) <i>Cosmopolites sordidus</i> , B) <i>Metamasius hemipterus</i>	19
Figura 2.- Publicaciones y tendencias en las estrategias de control de <i>Cosmopolites sordidus</i> : A) Numero de estudios por año; B) Red de colaboraciones científicas entre países; C) Red de coautores por país	29
Figura 3.- Capturas <i>Cosmopolites sordidus</i> por trampa a las 48 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich	31
Figura 4.- Capturas <i>Cosmopolites sordidus</i> por trampa a las 96 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich	32
Figura 5.- Capturas <i>Cosmopolites sordidus</i> por trampa a las 144 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich	33
Figura 6.- Mapa de calor de <i>Cosmopolites sordidus</i>	34
Figura 7.- Número de estudios por año de <i>Metamasius spp</i> : A) frecuencia de publicaciones, B) Distribución global de investigaciones por país relacionadas con <i>Metamasius hemipterus</i> , C) Red de coautores por país en investigaciones sobre <i>Metamasius spp</i>	36
Figura 8.- Capturas <i>Metamasius hemipterus</i> por trampa a las 48 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich	37
Figura 9.- Capturas <i>Metamasius hemipterus</i> por trampa a las 96 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich	38
Figura 10.- Capturas <i>Metamasius hemipterus</i> por trampa a las 144 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich.....	39
Figura 11.- Mapa de calor <i>Metamasius hemipterus</i>	39

INTRODUCCIÓN

La producción de musáceas, principalmente de banano y plátano, es fundamental en la economía agrícola de muchos países de la zona tropical tanto de América Latina, África y Asia. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2020, la producción mundial de banano alcanzó aproximadamente 153 millones de toneladas, consolidándose como uno de los cultivos más consumidos y exportados a nivel internacional (FAO, 2023). Ecuador destaca como líder en exportaciones, aportando cerca del 25% del suministro global, lo que subraya su relevancia en el mercado internacional (CFN, 2023).

Por otra parte, el banano representa en promedio más del 25% de Producto interno bruto (PIB) agrícola de los principales países exportadores, empleando una gran cantidad de mano de obra calificada tanto en el proceso de producción, cosecha y postcosecha, así como en negocios que se integran a la cadena de valor del banano.

Por la sostenibilidad de la producción de banano y plátano se ve amenazada por plagas, como los Coleopteros: *Cosmopolites sordidus* Germar y el complejo *Metamasius spp* (*sericeus*, *hemipeterus*). Estos coleópteros de la familia *curculiónidae* se establecen como las plagas más significativas que atacan al cormo y raíces en los cultivos de plátano y banano (Farah Asang et al., 2022). El control de estos insectos en plantaciones comerciales depende mayormente del uso de insecticidas que se aplican en pseudotallo de banano (Armendáriz et al., 2016; Rauda-Cárdenas et al., 2024), Pero práctica que no siempre garantiza resultados satisfactorios y que además puede generar impactos negativos en la salud de los aplicadores y pérdida de biodiversidad de insectos y otros artrópodos en los suelos (Farah Asang et al., 2022; Oliveira et al., 2018). Asimismo, el uso de insecticidas representa un costo elevado para los productores. Por ello, se hace imprescindible explorar alternativas de manejo que permitan mitigar los daños de esta plaga, ya que su presencia puede ocasionar pérdidas económicas significativas.

En este contexto, el daño causado por *Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius spp* Lineo., comúnmente conocidas como picudos del banano puede reducir hasta un 42% de la producción debido al deterioro de las plantaciones (Gold et al., 2001), especialmente durante las temporadas húmedas; por ejemplo, en Ecuador entre mayo a noviembre (Espinosa Velepucha1 et al., 2019).

El daño que provocan estos coleópteros es directo a través de las larvas que se alimentan del corno, lo que afecta la absorción de nutrientes, disminuye el vigor de las plantas, retrasa la floración y reduce la producción, además de aumentar la susceptibilidad a otras plagas y enfermedades (Jallow et al., 2016). Estos efectos incluyen fallas en la fructificación, reducción del peso de los racimos y acortamiento de la vida útil de la plantación, lo que agrava aún más las pérdidas económicas en las explotaciones agrícolas. Se ha documentado que infestaciones severas pueden reducir el rendimiento hasta en un 50%, representando pérdidas económicas considerables para los productores (Palmieri et al., 2022; Silva Dionisio et al., 2015).

El presente trabajo se enfocó primero en la revisión de métodos de control y su eficacia en la mitigación de *Cosmopolites. sordidus* y *Metamasius spp*. Banano, considerando tanto enfoques biológicos como químicos, y su integración en prácticas agrícolas sostenibles. Una vez seleccionado los agentes de control biológico, se determinó la estrategia de fitosanitaria de menor impacto al ambiente. En este caso el uso de trampas para la captura masiva de estos coleópteros, método que se enmarca en Etología (Rojas Rojas et al., 2019). Se espera que los hallazgos contribuyan a la implementación de prácticas más eficientes y sostenibles en la producción de musáceas, reduciendo las pérdidas económicas y promoviendo la salud del ecosistema agrícola.

Objetivo General

Evaluar la efectividad del control etológico utilizando dos agentes biológicos para la gestión de *Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius spp*. en cultivos de banano, empleando tres tipos de trampas.

Objetivos Específicos

1. Analizar la captura de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius spp.*, por tipos de trampas evaluadas.
2. Compara la eficacia de los agentes de control para *C. sordidus* y *Metamasius spp*.

3. Identificar patrones entre los tratamientos con mayor eficacia de capturas en tres periodos: 48, 96 y 144 horas.

CAPÍTULO 1. REVISION DE LA LITERARUA

1.1 Plagas del banano

El cultivo de banano (*Musa spp.*) es una de las actividades agrícolas más importantes a nivel mundial, no solo por su aporte a la seguridad alimentaria, sino también por su relevancia económica en países tropicales (Lozano Sacoto et al., 2023; Robinson & Galán Saúco, 2010). Sin embargo, este cultivo enfrenta una amplia gama de desafíos fitosanitarios, entre los cuales destacan: hongos, bacterias, nematodos e insectos. Estas plagas no solo afectan la producción y calidad del banano, sino que también generan importantes pérdidas económicas debido a la necesidad de implementar medidas de manejo y control (Tresson et al., 2021).

1.1.1 Plagas causadas por hongos

Los hongos son las principales causas de enfermedades en el banano. Entre las más devastadoras se encuentra la enfermedad de Panamá, provocada por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical (Foc R4T), que afecta el sistema vascular de las plantas, causando marchitez y muerte (AGROCALIDAD, 2023). Este hongo presente en Colombia, Peru y Venezuela no se reporta en Ecuador, pero representa un peligro potencial para las áreas bananeras.

Otra enfermedad significativa es la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), que reduce la capacidad fotosintética de las hojas y, por ende, afecta la productividad de los cultivos (Melo, 2005; Orozco-Santos et al., 2008). Sigatoka Negra, es el principal problema en Ecuador donde los ciclos de atomización área con fungicidas representa el mayor rubro monetario dentro del presupuesto de control fitosanitario (Gómez-Correa et al., 2017).

1.1.2 Plagas causadas por bacterias

Entre las enfermedades bacterianas, la Moko del banano, causada por *Ralstonia solanacearum* raza 2, es especialmente perjudicial. Esta enfermedad se caracteriza por marchitez vascular, muerte prematura y pudrición de los frutos, lo que puede diezmar las plantaciones si no se manejan adecuadamente (Álvarez et al., 2013; Bautista-Montealegre et al., 2016). Además, *Xanthomonas campestris pv. musacearum* es responsable de la marchitez bacteriana del banano en algunas regiones, principalmente en África, afectando severamente la producción (Chirinos & Olivares, 2013).

1.1.3 Plagas causadas por nematodos

Los nematodos fitopatógenos también representan una amenaza crítica. *Radopholus similis*, conocido como nematodo barrenador del banano, causa lesiones en el sistema radical, reduciendo la absorción de nutrientes y agua, lo que afecta la estabilidad de la planta y la productividad (Vidaurre et al., 2020a). Otros nematodos como *Pratylenchus spp.* y *Meloidogyne spp.* también provocan daños significativos, generando deterioro en la salud general de las plantaciones (Chávez-Velazco & Araya-Vargas, 2009; Vidaurre et al., 2020).

1.1.4 Plagas causadas por insectos

Entre las plagas de insectos, el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) es una de las más destructivas, debido a que sus larvas se alimentan del cormo, interfiriendo con la absorción de nutrientes y reduciendo el vigor de las plantas (Osorio-Osorio et al., 2017; Tresson et al., 2021). También el picudo rayo (*Metamasius hemipterus*). Además, las cochinillas (*Dysmicoccus spp.*) y los trips (*Frankliniella spp.*) y en menor proporción Moscas blancas (*Bemisia tabaci*) que afectan la fotosíntesis al generar fumagina, además de transmitir enfermedades virales, son insectos de importancia económica que afectan tanto la calidad como la cantidad de la producción (Gold et al., 2001) .

1.2 Control de Plagas

El control de plagas en musáceas ha evolucionado desde la dependencia exclusiva en pesticidas sintéticos hacia estrategias más sostenibles. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) busca combinar prácticas culturales, biológicas y químicas para reducir las poblaciones de plagas, minimizando el impacto ambiental (Dassou et al., 2023). Dentro del MIP, se han promovido métodos como la eliminación de residuos de cosecha, la rotación de cultivos y el uso de agentes biológicos para controlar plagas como los curculiónidos. Aunque los pesticidas sintéticos siguen siendo efectivos, su uso excesivo ha provocado la aparición de resistencia en las plagas y afectaciones al medio ambiente, subrayando la necesidad de enfoques alternativos y más sostenibles (Castillo-Arévalo, 2022).

Las practica del control mecánico o etológico para controlar curculiónidos es el método más eficaz y utilizado, pero tiene limitaciones como el requerí mano de obra específica para la colocación y renovación de las trampas, así como el constante monitoreo (Carval et al., 2022; Gold et al., 2001; Wustenberghs et al., 2012). Las trampas con cormo plátano

son más efectivas que las de banano y se deben renovar por tarde cada cuatro semanas, previa revisión y eliminación semanal de los adultos atrapados. Las trampas con seudotallos se deben cambiar semanalmente. Se recomienda el empleo de un número mínimo de 25 trampas de pseudotallo o corno por hectárea.

Beauveria bassiana, *Metarhizium anisopliae*, y otros hongos entomopatogénico, causó más del 90% de mortandad en condiciones de laboratorio, pero en condiciones de campo esta eficacia es muy variada. Los nemátodos entomoparásitos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* también tienen una acción de control. Pero los depredadores los más efectivos son las Dermápteras, hormigas y *Scarabeidae*, siendo una limitante la baja densidad poblacional de estos insectos en las bananeras (Rauda-Cárdenas et al., 2024).

1.3 Coleópteros: Curculiónidos

Los curculiónidos son una familia de coleópteros caracterizados por su pico prolongado y hábitos alimenticios altamente destructivos. Dentro de esta familia, *C. sordidus* y *M. hemipterus* (Figura 1A-B), son de las especies más perjudiciales para los cultivos de musáceas.

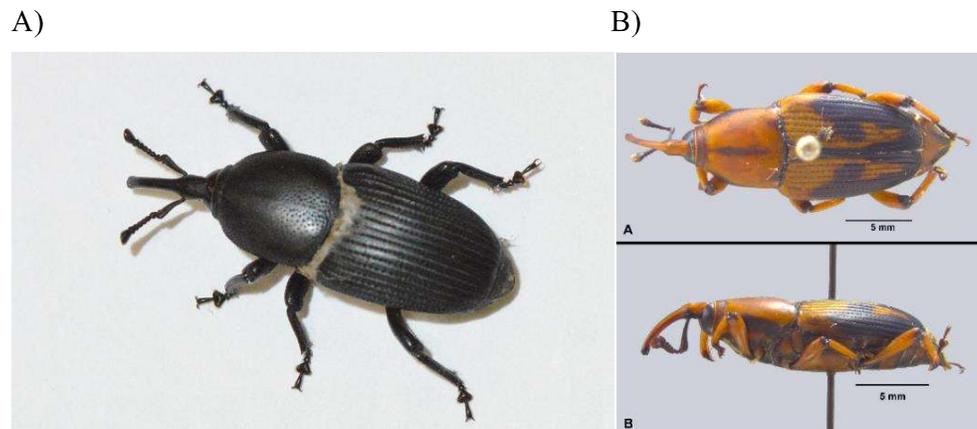


Figura 1.- Coleópteros curculiónidos: A) *Cosmopolites sordidus*, B) *Metamasius hemipterus*

1.3.1 *Cosmopolites sordidus*

El picudo negro del banano o barrenador del banano *C. sordidus*, es un insecto de hábitos nocturnos que se refugia durante el día en el suelo y en los residuos vegetales. *C. sordidus* son de color negro y miden desde 23 hasta 39 mm. Sus larvas perforan el rizoma de las plantas, creando galerías que interrumpen el transporte de agua y nutrientes, debilitando

la planta y reduciendo su capacidad productiva (Rannestad et al., 2011; Tresson et al., 2021).

En condiciones favorables, un solo adulto puede vivir hasta cuatro años, lo que resalta su capacidad para persistir en el campo si no se implementan controles efectivos. En Ecuador, la inspección de los cormos de plátano después de la cosecha, se encontró que un 38.67% de los cormos presentaban galerías de larvas (Armendáriz et al., 2016).

1.3.2 *Metamasius hemipterus*

El picudo rayado, *M. hemipterus*, es menos estudiado que *C. sordidus*, pero su impacto es significativo. Este insecto deposita sus huevos en tejidos dañados o en descomposición, y sus larvas perforan el pseudotallo, comprometiendo la estabilidad estructural de las plantas (Palmieri et al., 2022; Silva Dionisio et al., 2015). Aunque su ciclo de vida es más corto que el de *C. sordidus*, su capacidad para reproducirse rápidamente lo convierte en una amenaza considerable, especialmente en áreas donde coexiste con el picudo negro (Sepúlveda-cano & Rubio-gómez, 2009).

1.4 Control Etológico de Curculiónidos

El control etológico se basa en la manipulación del comportamiento de las plagas para reducir sus poblaciones. Este enfoque utiliza atrayentes y trampas diseñadas para capturar o eliminar a los insectos, minimizando el uso de pesticidas y promoviendo un manejo más sostenible (Fu et al., 2019). Los componentes principales para una estrategia de control etológico para curculiónidos se presentan a continuación (Tabla 1):

Tabla 1.- Métodos de control Biológicos y Químicos

Método	Descripción	Impacto en la Sostenibilidad
Biológicos - Entomopatógenos	Uso de hongos como <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> para infectar larvas y adultos.	Sostenible, minimiza daño ambiental y reduce resistencia.
Biológicos - Nematodos	Aplicación de nematodos entomopatógenos como	Sostenible, alta especificidad pero requiere

	<i>Steinernema spp.</i> para atacar larvas en el rizoma.	condiciones adecuadas para la aplicación.
Biológicos - Insecticidas	Uso de insecticidas obtenidos de extractos de Neem, Tabaco, Crisantemos o de aceites esenciales vegetal y aceite de castor para eliminar larvas y adultos	Impacto medio-alto, puede causar resistencia y daños ambientales si no se aplica correctamente.

1.4.1 Atrayentes

Las feromonas sintéticas son el principal recurso en este ámbito. Cosmolure, una feromona de agregación desarrollada específicamente para *C. sordidus*, ha mostrado alta efectividad en la captura de adultos (Jallow et al., 2016). Por otro lado, los materiales vegetales en descomposición, como pseudotallos y rizomas, emiten compuestos volátiles que también son atractivos para *C. sordidus* y *M. hemipterus* (Rauda-Cárdenas et al., 2024). Estos atrayentes naturales son especialmente útiles en regiones con recursos limitados, ya que son económicos y fáciles de implementa.

1.4.2 Trampas

Las trampas utilizadas para curculiónidos incluyen dispositivos simples como las trampas tipo sándwich, que consisten en secciones de pseudotallo colocadas en el suelo, y trampas más sofisticadas impregnadas con feromonas (Carval et al., 2016; Mohamed, 2017). En estudios realizados en Ecuador, las trampas con feromonas han capturado un promedio de 8.9 adultos por dispositivo, mientras que las trampas tipo sándwich han mostrado una efectividad variable dependiendo de las condiciones ambientales y la densidad de la plaga (Farah Asang et al., 2022).

1.5 Exportaciones del Banano en Ecuador

Ecuador es el mayor exportador mundial de banano, contribuyendo con aproximadamente el 25% del suministro global. Este cultivo es un pilar de la economía nacional, generando empleo y divisas en las principales regiones productoras (Cedeño-García et al., 2017). Las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos y Manabí concentran la mayoría de las plantaciones debido a sus condiciones climáticas y de suelo óptimas para el cultivo de musáceas.

Las zonas productoras de banano en Ecuador (El Oro, Los Rios, Guayas, Santa Elena, Esmeraldas y Manabien) frentan desafíos significativos relacionados con el manejo de plagas. Las altas temperaturas y la humedad relativa favorecen la proliferación de curculiónidos, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de manejo integradas que sean efectivas y sostenibles en estas condiciones.

1.6 Innovaciones en el control de plagas del banano

La investigación en el manejo de plagas ha producido innovaciones importantes en las últimas décadas. El uso de agentes biológicos (Tabla 2), como los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, ha demostrado ser eficaz en el control de larvas y adultos de curculiónidos. Por otro lado, los nematodos entomopatógenos, como *Steinernema spp.*, han mostrado resultados prometedores en condiciones controladas y de campo (Tabima et al., 2023). Estas innovaciones se integran con prácticas culturales, como la eliminación de residuos de cosecha, para maximizar su efectividad.

El desarrollo de trampas con feromonas y su combinación con métodos biológicos y culturales también ha optimizado el manejo de plagas en musáceas. Estas estrategias no solo son efectivas para reducir las poblaciones de plagas, sino que también contribuyen a minimizar el impacto ambiental y a mejorar la sostenibilidad del sistema agrícola.

Tabla 2.- Agentes de Control biológico

Agente		Eficacia (%)
Hongos	<i>Beauveria bassiana</i>	70%
	<i>Metarhizium anisopliae</i>	79%
Nematodo	<i>Steinernema spp</i>	65%
	<i>Heterothabditis spp</i>	63%

Fuente: (Almeida et al., 2009; Pauli et al., 2011; Tabima et al., 2023)

Por otra parte, la captura de curculionidos con trampas de pseudotallo o en el corno está influenciada por la frecuencia de revisión (Rauda-Cárdenas et al., 2024). Debido a que comúnmente las trampas de pseudotallo no matan al insecto, algunos de ellos simplemente migran y no son recogidos durante los rondines de monitoreo. Por tango, muchos valores que se reportan son muy variables (Farah Asang et al., 2022; Rauda-Cárdenas et al., 2024).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Diseño de la Investigación

La investigación fue de tipo cuantitativa con un enfoque a la descripción tanto de los documentos como de los resultados del experimento. Siendo el objeto de investigación el control etológico de *C. sordidus* y *Metamasius spp.*, en el campo del manejo de banano.

2.1.1 Análisis documental

La investigación sigue un enfoque descriptivo de tipo documental, ya que se utilizó el método de análisis sistemática para la construcción del análisis, de esta forma se consolidó artículos científicos relacionadas con las estrategias de *C. sordidus* y *Metamasius spp.* Este diseño es adecuado para sistematizar información existente y generar conclusiones fundamentadas. Las fuentes de Información con las que se trabajó fue la base de datos de la Colección Principal del Web of Science (WoS). En esta base de datos se obtuvo acceso a los registros bibliográficos de cada uno de los documentos científicos que han sido publicados en diferentes revistas.

El proceso de revisión sistemática sigue los lineamientos PRISMA por sus siglas en inglés de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, asegurando rigor y transparencia en la selección y análisis de las fuentes.

La busque de la información publicada se realizó de la siguiente manera:

1. Definición de Palabras Clave y Criterios de Búsqueda

- Palabras clave: "*Cosmopolites sordidus*", "*Metamasius spp.*", "control", "trap", "musáceas",

2. Cribado:

- Criterios de Inclusión
 - Artículos científicos publicados entre 2000 y 2024.
 - Idioma: inglés.
 - Estudios enfocados en control biológico, etológico o manejo integrado.
- Criterios de Exclusión
 - Publicaciones duplicadas.
 - Fuentes no científicas (blogs, noticias).

Estudios que no se centren en el manejo de "*Cosmopolites sordidus*",
"*Metamasius spp.*" en banano

Estudios irrelevantes al manejo de plagas en banano.

3. Proceso de Selección

- Primera etapa: Revisión del título y resumen para identificar relevancia.
- Segunda etapa: Revisión completa del texto para evaluar calidad y aplicabilidad.

4. Recolección de Datos

- Los datos recolectados se sistematizan en una matriz que incluye:
 - Autor(es).
 - Año de publicación.
 - Título
 - Palabras clave
 - Resumen

Para el análisis bibliométría se extrajo de la base de datos WOS información publicada para *C sordidus* y *M hemipterus* un archivo en formato plano, luego se analizaron en la IA Chatgpt versión 4°. Solicitando indicadores bibliométricos unidimensionales como numero de publicaciones año y áreas del conocimiento dentro del marco temporal propuesto ajustado a 2010-2024. Cada archivo fue procesado por separado

2.2.1 Diseño Experimento

La segunda etapa es el diseño experimental del trabajo se realizó en la Granja Experimental Santa Inés, ubicada en el Universidad Técnica de Machala, provincia de El Oro, Ecuador. ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: S 3° 15' 31" y O 79° 57' 37.91"

El control etológico se realizó con el siguiente diseño de las trampas

- Trampa de tipo bisel o tocón:
 1. Seleccionar plantas recién cosechadas con su pseudotallo en pie.
 2. Realizar un corte en la base del pseudotallo, evitando cortar el caballo en su totalidad.
 3. Mover hacia atrás el pseudotallo exponiendo el corte.
 4. Aplicar el atrayente o microorganismo sobre la sección cortada de la trampa.
 5. Cortar 20 cm de hoja, colocar en el corte y regresar al pseudotallo a su posición.

- Trampa en V
 1. Se corto un pseudotallo cosechado en pie
 - 2.- Se realiza un corte en V
 - 3.- Se coloca el atrayente entre las paredes del corte en V

- Trampa tipo sándwich
 1. Seleccionar pseudotallos de plantas recién cosechadas.
 2. Cortar secciones de pseudotallos de 30 cm de longitud.
 3. Dividir el pseudotallo en dos partes iguales.
 4. Colocar la mitad con el corte hacia abajo a 25 cm entre la planta cosechada y la madre
 5. Esparcir el atrayente en la superficie cortada de pseudotallo.
 6. Cortar y colocar dos partes de nervadura central de 20 cm de una hoja cortada debajo la mitad del pseudotallo que se encuentra en el suelo.
 8. Cubrir la trampa tipo sándwich con hojas de banano.

Los tratamientos para el control de *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius spp.* en banano se describen en la tabla 3. El número de tratamientos que conforman el experimento fueron nuevo con tres repeticiones por cada tratamiento conformando 27 unidades experimentales. Mientras que las variables en estudio fueron: número total de picudos capturados por especie/trampa a las 48, 96 y 144 horas y la eficacia (%) de control biológico 196 horas

Tabla 3.- Tratamiento para el control etológico de "Cosmopolites sordidus", "Metamasius spp." en banano

Tratamiento	Trampa Tipo	Atrayente	Agente de control
1	Trampa tipo Bisel	Piña	Bouveria bassiana
2	Trampa tipo Bisel	Piña	Metarhizium anisopliidae

3	Trampa tipo Bisel	Piña	Spinosad
4	Trampa tipo V	Piña	Bouveria bassiana
5	Trampa tipo V	Piña	Metarhizium anisopliae
6	Trampa tipo V	Piña	Spinosad
7	Trampa tipo sándwich	Piña	Bouveria bassiana
8	Trampa tipo sándwich	Piña	Metarhizium anisopliae
9	Trampa tipo sándwich	Piña	Spinosad

2.3 Análisis estadísticos

Los datos fueron procesados en primero en Excel y luego un software estadístico especializado, verificando la consistencia y normalidad mediante pruebas preliminares.

Para la generación de las gráficas de barras, se utilizaron los promedios de las capturas por tratamiento, agrupando las especies (*Cosmopolites sordidus* y *Metamasius* spp.) y diferenciando los tiempos de evaluación. Las barras se diseñaron con etiquetas para cada tratamiento en el eje horizontal y los valores promedio en el eje vertical, destacando las diferencias entre trampas mediante colores. Se incluyeron barras de error que representan la desviación estándar, asegurando una representación precisa de la variabilidad de los datos.

También fue necesario la elaboración de mapas de calor para diferenciar la acción de los agentes de control. Para esto se utilizó los datos tabulados sobre el número de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius* spp. capturados en las diferentes trampas y tratamientos a las 48, 96 y 144 hora. Se estructuraron los valores en una matriz, donde las filas representaban los diferentes tratamientos y las columnas correspondían a los tiempos de evaluación (48, 96 y 144 horas) o las variables de interés (especies, trampas). Cada celda contenía el promedio de insectos capturados. Con la herramienta Chatgpt versión 4, se ingresó el archivo y se identificó un gradiente de colores que representara visualmente la magnitud de las capturas. Estas gráficas facilitaron la comparación visual de la efectividad de los tratamientos en cada momento evaluado.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Análisis bibliométrico para *Cosmopolites sordidus*

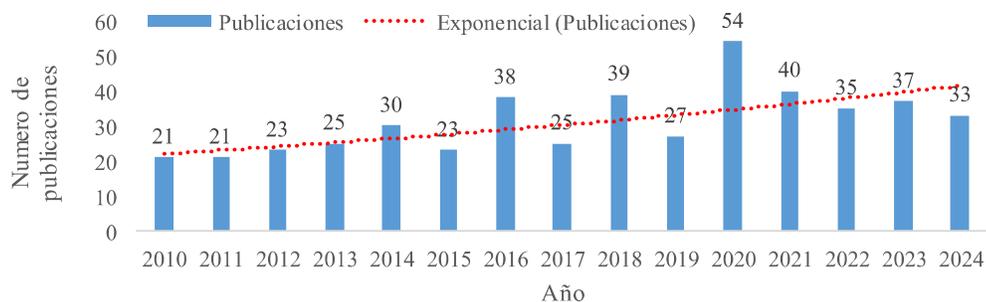
La Figura 2 muestra la evolución de publicaciones sobre *Cosmopolites sordidus* en la base de datos WOS en el periodo 2010 al 2024 de un total de 471 artículos. La tendencia fue creciente y alcanzo su mayor pico en 2020 con 54 publicaciones, con una proyección a

incrementar las publicaciones en los próximos años (Figura 2A). Este resultado se relacionó con el interés por conocer las estrategias de control de *Cosmopolites sordidus* como plaga en el cultivo de banano y plátano, pueden influir en la frecuencia de estudios, pero en general en los últimos 3 años el número de publicaciones fluctuó entre 33 a 37 artículos (Figura 2B). Por otra parte, el trabajo bibliométrico de Hernández-Rosas (2019) indicaron que el control etológico de curculiónidos en banano demuestra el avance en la investigación en entomología y la zoología; y no sesgado a las disciplinas aplicadas como el control de plagas o protección de cultivos.

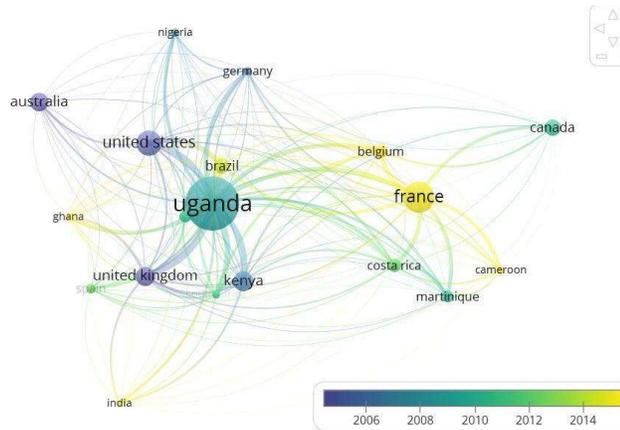
La figura 2B muestra una red de colaboraciones científicas entre países en investigaciones relacionadas con *Cosmopolites sordidus*, donde el tamaño de los nodos (círculos) indica la cantidad de publicaciones por país y las líneas representan las colaboraciones entre estos. A continuación, se detalla el análisis: Uganda lidera en publicaciones sobre *Cosmopolites sordidus*, entre el 2006 al 2021, seguido por Francia (año 2012 en adelante) y Estados Unidos. Existe una fuerte colaboración internacional, destacando vínculos entre Uganda, Francia, Brasil y Kenia. En los últimos la conexión más fuerte fue entre Francia con Bélgica, dos de los principales consumidores de banano en la Unión Europea y con fuertes vínculos con los países de África y el Caribe americano. Las investigaciones recientes se concentran en Francia y Bélgica, mientras países emergentes como India y Ghana muestran participación moderada.

La figura 2C, presenta la red de coautores por país en investigaciones relacionadas con *Cosmopolites sordidus*. El gráfico se refiere a los investigadores que colaboraron en la investigación con el país de filiación al momento de ser publicado el artículo. La fuerte red de colaboraciones conecta con países como Países Bajos, Francia, Alemania con Uganda y Kenia. Esto refleja un interés de los países europeos en África más que en los países de Latinoamérica, destacando solo Brasil, Costa Rica y la isla de Martinica.

A)



B)



C)

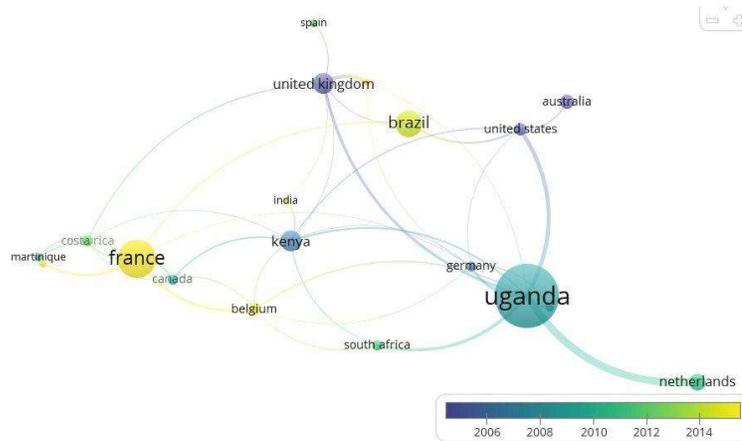


Figura 2.- Publicaciones y tendencias en las estrategias de control de *Cosmopolites sordidus*: A) Numero de estudios por año; B) Red de colaboraciones científicas entre países; C) Red de coautores por país

3.2. Análisis ensayo captura de *Cosmopolites sordidus*

La Figura 3 muestra las capturas de *Cosmopolites sordidus* a las 48 horas en tres tipos de trampas: en bisel, tipo V y sándwich. La trampa sándwich presenta el mayor número de capturas, lo que sugiere una mayor eficacia en la atracción y retención del insecto en las primeras 48 horas. Este hallazgo coincide con estudios recientes que destacan la superioridad de trampas con diseños cerrados (cilíndricas, de caída con cebos, etc.) y múltiples puntos de entrada para la captura de *C. sordidus* (Fu et al., 2019; Srinivas Reddy et al., 2020).

Las trampas en bisel y tipo V muestran menos capturas, posiblemente debido a una menor superficie de contacto y al estar elevada sobre el suelo, por tanto; una menor fermentación del atrayentes que ocasiona menor dispersión. Investigaciones como las Carval et al., (2016) y Rauda-Cárdenas et al., (2024), indican que eficacia de las trampas en las capturas

de *Cosmopolites sordidus* puede variar según el diseño y el tipo de atrayente utilizado, siendo las más eficaces las feromonas sintéticas, para este ensayo todas las cebos fueron con cascara de piña.

La Figura 3 también muestra el efecto de los insecticidas en las capturas de *C. sordidus*. Los resultados indican que el insecticida Spinosad logró el mayor número de capturas en este período inicial en los tres tipos de trampas, lo que sugiere una acción más rápida y efectiva en comparación con los entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan la eficacia inmediata de Spinosad en el control de plagas (Srinivas Reddy et al., 2020).

Por otro lado, *B. bassiana* y *M. anisopliae* mostraron menos capturas a las 48 horas, lo cual puede atribuirse a su modo de acción más lento, ya que estos hongos requieren de más tiempo para infectar y causar mortalidad en los insectos hospedadores (Almeida et al., 2009). Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la combinación de estos entomopatógenos puede aumentar la eficacia en el control de plagas pero siempre en condiciones adecuadas para su acción (Pauli et al., 2011).

Por otra parte, los curculiónidos pueden en un año movilizarse entre 10 a 70 metros, por esto la densidad de trampas es otro factor para considerar para incrementar las capturas de *C. sordidus* (Rannestad et al., 2011). En la investigación solo se ubicó 3 trampas por tratamiento en un radio de 25 metros, distancia muy larga y de baja densidad que pudo incidir en las capturas de *C. sordidus*.

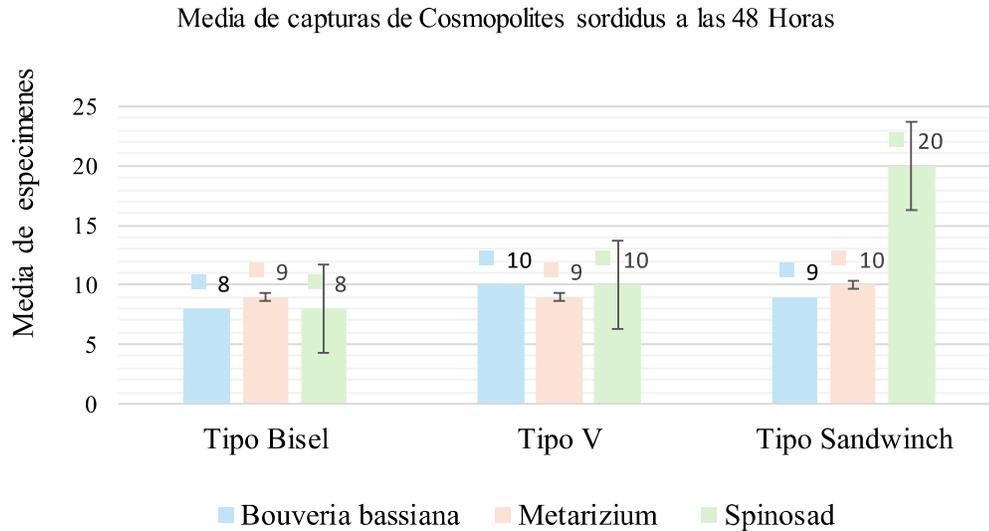


Figura 3.- Capturas *Cosmopolites sordidus* por trampa a las 48 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

La Figura 4 detalla las capturas de *Cosmopolites sordidus* a las 96 horas, evaluando el efecto de los insecticidas (*B. bassiana*, *M. anisopliae*, *S. spinosa*) en tres tipos de trampas: en bisel, tipo V y sándwich. *S. spinosa* muestra consistentemente el mayor número de capturas en las tres trampas. Varios estudios confirman su efectividad en el manejo de plagas agrícolas, en gran medida por el olor a extracto de piña que pudo potenciar el efecto atrayente y a su alta toxicidad neurotóxica que incrementa las capturas al aumentar el tiempo de permanencia de los insectos en las trampas (Abagale et al., 2019; Fu et al., 2019; Koppenhöfer et al., 1994). *B. bassiana* y *M. anisopliae* tienen un desempeño inferior, lo que puede atribuirse a su modo de acción lento (Srinivas Reddy et al., 2020). Los entomopatógenos (*B. bassiana* y *M. anisopliae*) requieren condiciones óptimas de temperatura y humedad para maximizar su efectividad, lo que puede limitar su rendimiento en las primeras 96 horas (Srinivas Reddy et al., 2020).

Media de capturas de *Cosmopolites sordidus* a las 96 Horas

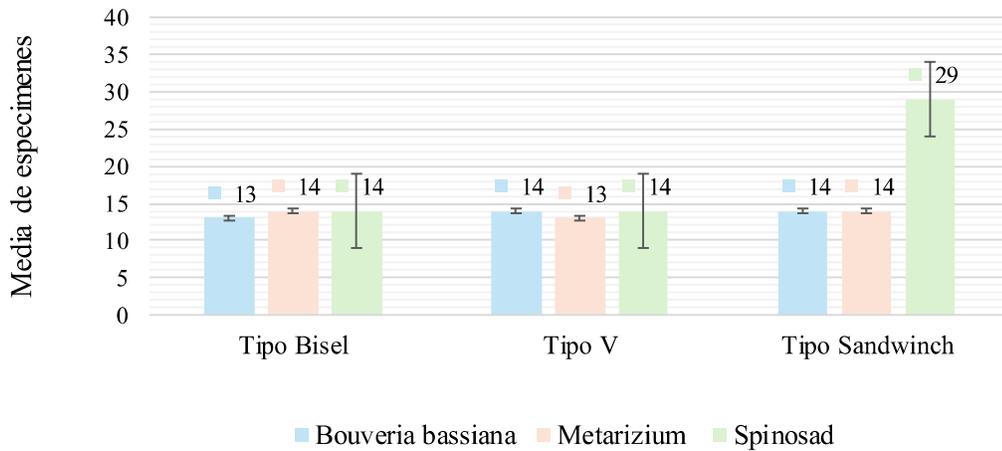


Figura 4.- Capturas *Cosmopolites sordidus* por trampa a las 96 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

La Figura 5 presenta las capturas de *Cosmopolites sordidus* a las 144 horas utilizando tres tipos de trampas: en bisel, tipo V y sándwich, en combinación con los insecticidas *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Spinosad*. Los resultados se mantienen que la trampa sándwich en combinación con *Spinosad* logró el mayor número de capturas, lo que sugiere una eficacia sostenida en el tiempo. En las trampas tipo bisel y tipo en V los resultados fueron homogéneos (entre 5 a 6 especímenes capturados). Estudios recientes sugieren que las diferencias en capturas entre trampas con diseños simples y de poca superficie (en bisel y en V) tienden a disminuir el efecto de los hongos entomopatógenos (Armendáriz et al., 2016; Barfield, 1989; Bortoluzzi et al., 2013). Por un lado, puede que el tiempo de residencia dentro de la trampa no sea lo suficiente para el control con los hongos entomopatógeno, siendo atraídos hacia el interior del cormo en descomposición de las plantas cosechadas.

Media de capturas de *Cosmopolites sordidus* a las 144 Horas

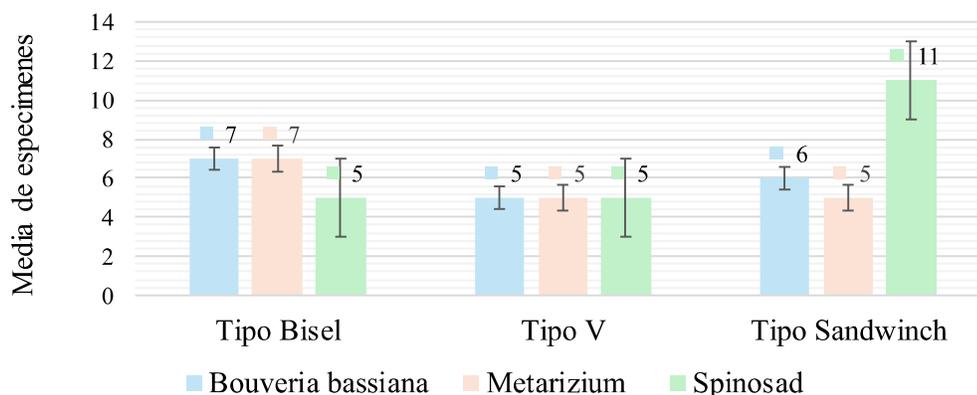


Figura 5.- Capturas *Cosmopolites sordidus* por trampa a las 144 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

El mapa de calor (Figura 6), muestra las capturas de *Cosmopolites sordidus* en tres tipos de trampas (en bisel, tipo V y sándwich) a intervalos de 48, 96 y 144 horas. La trampa sándwich es la más efectiva en todos los intervalos, con capturas máximas a las 96 horas (19.2 especímenes), superando a las trampas tipo V (14.4 especímenes) y en bisel (14.2 especímenes). Este desempeño se atribuye a su diseño cerrado, que optimiza la exposición y retención de los insectos.

Las trampas de pseudotallo son más eficaces en la estación seca que en la estación húmeda. Esto se debió a que se observó que las trampas de pseudotallo fermentaban hacia la segunda semana de trapeo debido al clima seco y esta fermentación aumentó el espectro de olor significativamente. Esto también tiene relación con el hecho de que *C. sordidus* es susceptible a la desecación y prefería esconderse bajo materiales vegetales recién cortados o fermentados con superficies húmedas.

A las 48 horas, aunque las capturas son menores, la trampa tipo sándwich sigue siendo superior (12.9 especímenes), destacando su capacidad para atraer y capturar desde las primeras horas. A las 144 horas, todas las trampas muestran una caída en capturas, reflejando la pérdida de efectividad del atrayente. Sin embargo, la trampa sándwich mantiene un rendimiento numérico de 7.6 de especímenes en promedio frente a tipo V (5.6) y en bisel (6.3).

Gold et al., (2001). indican que el pseudotallo es más susceptible a la captura de *C. sordidus* que al material del corno, porque la oviposición era mayor en este último. Esto

sugiere que las señales olfativas son más importantes para un insecto sedentario como los curculiónidos que el hábitat para la ovoposición

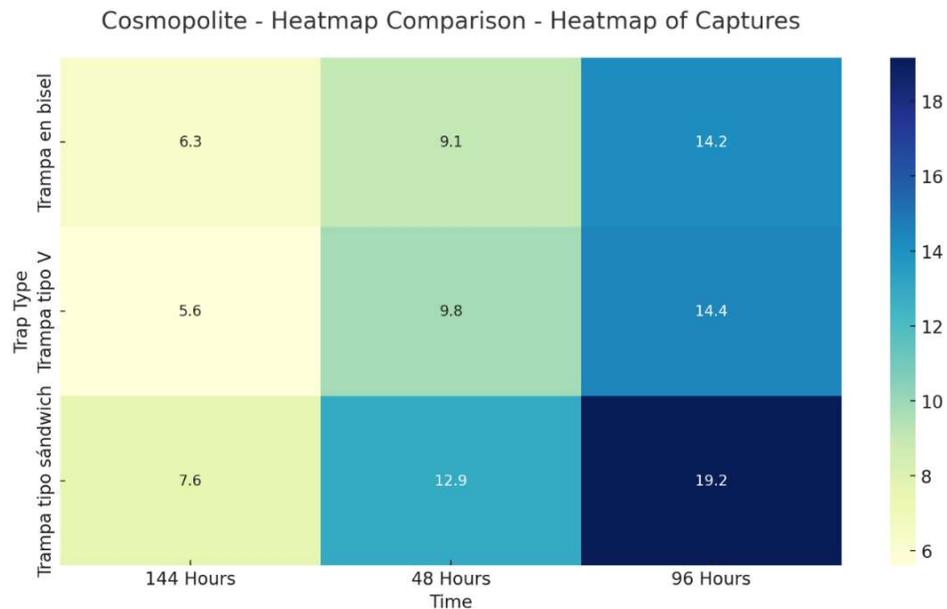


Figura 6.- Mapa de calor de *Cosmopolites sordidus*

3.3 Análisis bibliométrico para *Metamasius hemipterus*

La figura 7A muestra un menor registro de publicaciones en la base de datos WOS (18) en comparación con los artículos que se escribieron de *C sordidus* en el mismo periodo (2010-2024). Diferencia que se puede atribuir a que *M hemipterus* sea considerado una plaga secundaria de las musáceas.

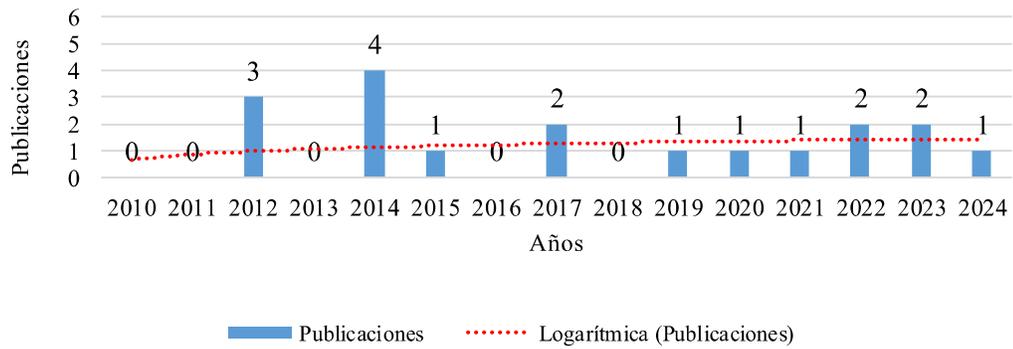
La figura 7B evidencia la distribución global de investigaciones sobre *Metamasius hemipterus*, una plaga de gran impacto en cultivos de banano. Uganda lidera en producción científica, lo cual resalta su papel en la investigación debido a la relevancia de esta plaga en África Oriental. Francia ocupa el segundo lugar, actuando como un nodo clave con colaboraciones hacia países africanos y latinoamericanos, como Camerún y Costa Rica, respetivamente, fortaleciendo redes globales de estudio.

En América los Estados Unidos y Brasil destacan por su participación, aunque en menor medida que Francia y Bélgica. Mientras que países como India, Ghana, Costa Rica, y Australia emergen con menor, pero relevante participación. En estos países el banano es

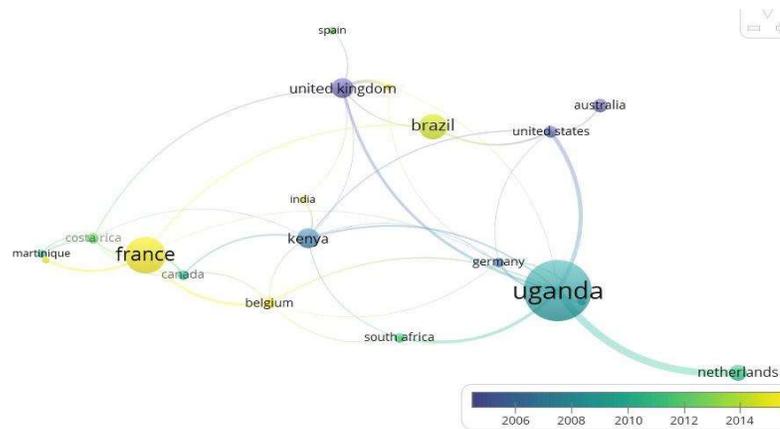
pieza fundamental de la seguridad alimentaria y de ingresos económicos por las exportaciones.

La Red de coautores por país en investigaciones sobre *Metamasius spp* se muestra en la Figura 7C. Francia y Brasil ocupan posiciones importantes, fortaleciendo vínculos entre Europa, África y América Latina. España emerge como un nodo relevante en los últimos años (2018-2020), ampliando colaboraciones con China, México y Arabia Saudita, evidenciando un creciente interés en Asia y América Latina. Las primeras colaboraciones (2012-2014) fueron lideradas por Uganda, Países Bajos y Francia, mientras que países como China y México se integran recientemente a las redes globales, destacando su importancia en la producción agrícola mundial de banano y plátano.

A)



B)



C)

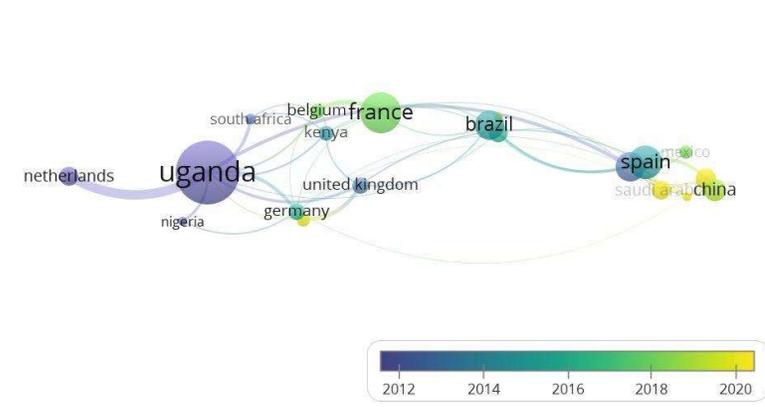


Figura 7.- Número de estudios por año de *Metamasius spp*: A) frecuencia de publicaciones, B) Distribución global de investigaciones por país relacionadas con *Metamasius hemipterus*, C) Red de coautores por país en investigaciones sobre *Metamasius spp*

3.4 Análisis ensayo captura de *Metamasius hemipterus*

La Figura 8 muestra las capturas de *Metamasius hemipterus* a las 48 horas utilizando tres tipos de trampas: en bisel (A), tipo V (B) y sándwich (C), en combinación con los insecticidas *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Spinosad*. Los datos indican que la trampa sándwich logró el mayor número de capturas con *Spinosad* con el 30% más efectiva en la captura de insectos que las trampas tipo V y en bisel. Las trampas tipo y en bisel tuvieron resultados más homogéneos, con menos capturas en comparación con la trampa sándwich. Además, el desempeño de los entomopatógenos (*B. bassiana* y *M. anisopliae*) se afecta por la necesidad de más tiempo para infectar y matar al insecto (Almeida et al., 2009; Espinosa Velepucha1 et al., 2019).

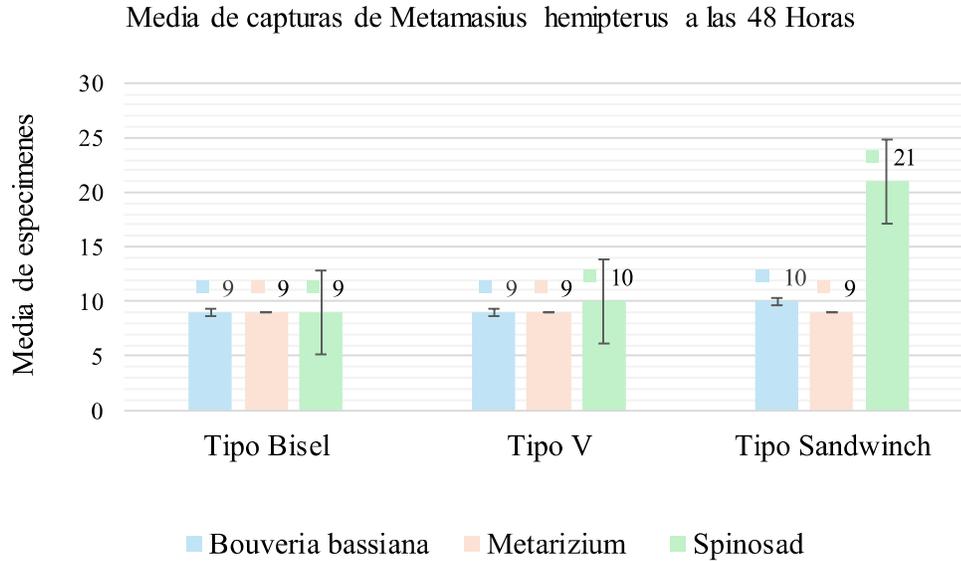


Figura 8.- Capturas *Metamasius hemipterus* por trampa a las 48 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

La Figura 9 muestra las capturas de *Metamasius hemipterus* a las 96 horas. Las trampas tipo bisel, tipo V mostraron un número de capturas homogéneas entre 15 a 17 especímenes en promedio por trampa. Pero la trampa sándwich destacó con el mayor número de capturas para todos los insecticidas, logrando hasta un 30% más capturas en comparación con la trampa tipo V y un 50% más que la trampa en bisel. Spinosad fue el insecticida más efectivo, alcanzando las mayores capturas, mientras que *B. bassiana* y *M. anisopliae* como se indicó por su modo de acción más lento. Las diferencias porcentuales reflejan la importancia del diseño de las trampas, con el sándwich optimizando la interacción con el atrayente, especialmente cuando se combina con insecticidas de acción rápida como Spinosad.

Estos resultados también están en dependencia de dos factores que sugieren la posible existencia de efectos en la oviposición de ambos especímenes en estudio (Gold et al., 2001; Sahayaraj & Kombiah, 2010). En primer lugar, la tasa de aumento de la población suele ser más lenta de lo esperado, dada la longevidad del adulto y a su limitada capacidad de dispersión. En segundo lugar, una baja densidad de población, lo que sugiere la posibilidad de una oviposición reducida en condiciones de campo por factores como poca biomasa en descomposición en el suelo que le permita depositar menor huevos.

Media de capturas de *Metamasius hemipterus* a las 96 Horas

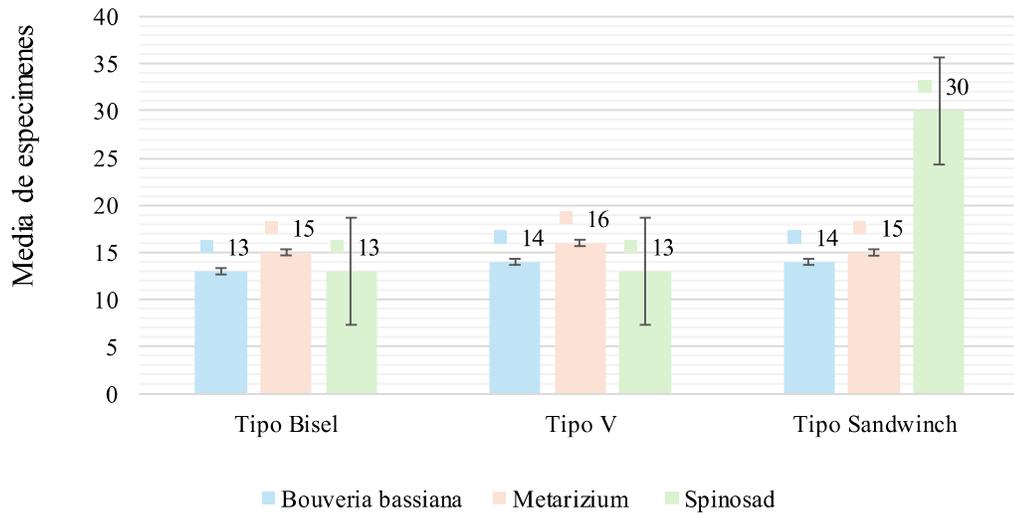


Figura 9.- Capturas *Metamasius hemipterus* por trampa a las 96 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

En la Figura 10, se muestra las capturas de *Metamasius hemipterus* a las 144 horas utilizando tres tipos de trampas: en bisel (A), tipo V (B) y sándwich (C), en combinación con los insecticidas *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Spinosad*. A las 144 horas, *Spinosad* fue el insecticida más eficaz para *Metamasius hemipterus*, logrando capturas hasta un 40% mayores en comparación con los hongos entomopatógenos. Su acción rápida y sostenida asegura un mayor movimiento hacia las trampas, incluso cuando el atrayente pierde efectividad. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostraron capturas moderadas, reflejando su modo de acción más lento, que limita la eficacia inicial, pero contribuye al control a largo plazo. Las trampas tipo sándwich optimizan el rendimiento de todos los insecticidas, mientras que las trampas en bisel y tipo V tienen menores capturas debido a su diseño menos eficiente en retención y exposición al atrayente (Fu et al., 2019).

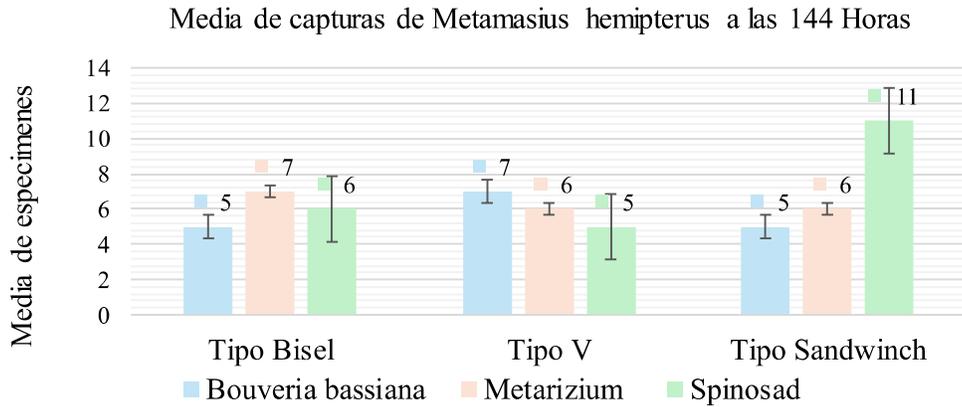


Figura 10.- Capturas *Metamasius hemipterus* por trampa a las 144 horas: A) tipo en bisel; B) tipo en V; C) tipo sándwich

El mapa de calor (Figura 11) muestra la comparación entre la acción de los productos aplicados y las capturas de *Metamasius hemipterus* en tres tipos de trampas (en bisel, tipo V y sándwich) a intervalos de 48, 96 y 144 horas. La trampa sándwich destaca como la más eficiente en todos los tiempos, logrando su rendimiento máximo a las 96 horas con 19.7 especímenes, superando a las trampas tipo V (14.4) y en bisel (14.6). Este resultado resalta el diseño cerrado de la trampa sándwich, que maximiza la interacción con el atrayente, prolongando su efectividad y reteniendo más insectos.

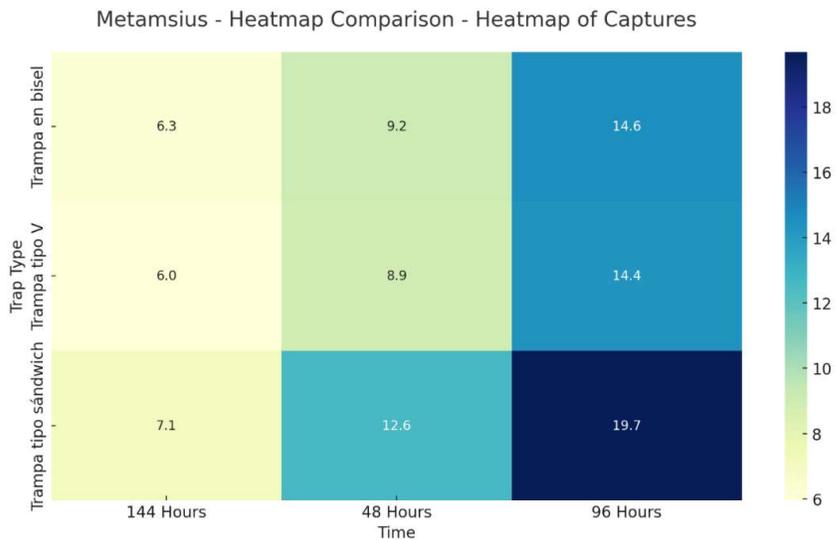


Figura 11.- Mapa de calor *Metamasius hemipterus*

IV. CONCLUSIONES

4.1 Análisis bibliométrico

Las publicaciones científicas de alto impacto en plagas de Latinoamérica para *C sordidus* y *M hemipterus*, es casi nula en el periodo de análisis. Países como Uganda y Francia como los principales centros de investigación y colaboración en estudios sobre *Cosmopolites sordidus*, con un enfoque particular en el control de esta plaga en regiones productoras de banano en África.

4.2 Control Etológico

Estos resultados confirman que el diseño de las trampas es determinante para la eficacia, especialmente cuando se combina con atrayentes adecuados. La trampa sándwich es ideal para monitoreos intensivos, mientras que las trampas tipo V y en bisel, aunque menos efectivas, pueden ser útiles en programas complementarios como la reducción de plagas como la del caracol africano.

Las frecuencias de recolección de 48 y 96 para *Cosmopolites sordidus* son similares en ambos ensayos con un registro más bajo, esto puede ser atribuido a la poca movilidad de los curculiónidos, que son atraído por los olores de cada tratamiento, tardando en llegar al sitio. *C sordidus* tiene hábitos de alimentación sacrofagos, se alimenta de material vegetal en avanzado estado de descomposición, mientras que *M hemipterus* prefiere tejido que inicia su descomposición. Optimizar la renovación de atrayentes podría prolongar la efectividad de todas las trampas, aspecto que no investigo pero que varios autores citados en el trabajo lo afirman.

Estos resultados destacan la importancia del diseño de la trampa en la efectividad del control de *M. hemipterus*. La trampa sándwich es ideal para estrategias intensivas, mientras que las trampas en bisel y tipo V podrían usarse en programas complementarios. Optimizar el uso del atrayente mejoraría el rendimiento a largo plazo.

Los resultados reflejan que las estrategias biológicas (*B. bassiana* y *M. anisopliae*) pueden complementar, pero no superar, la acción rápida de los atrayentes químicos como *S. spinosa* en el monitoreo inicial. Esto sugiere que el tipo de control debe seleccionarse considerando las necesidades inmediatas y a largo plazo del manejo integrado de plagas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda los siguientes aspectos para mejorar futuras investigaciones

- a. Registrar variables ambientales (temperatura, humedad, dirección del viento) durante los experimentos para evaluar su influencia en la efectividad de las trampas.
- b. Realizar pruebas en distintas estaciones del año y ubicaciones para mejorar la representatividad de los resultados.
- c. Incorporar tecnologías de monitoreo, como cámaras o sensores, para registrar capturas en tiempo real y analizar comportamientos de los insectos.
- d. Es necesario intensificar las investigaciones sobre enemigos naturales de *C sordidus* y *M hemipterus* con el objetivo de identificar y aislar posibles parásitos, depredadores y patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abagale, S. A., Woodcock, C. M., Chamberlain, K., Osafo-Acquaah, S., van Emden, H., Birkett, M. A., Pickett, J. A., & Braimah, H. (2019). Attractiveness of host banana leaf materials to the banana weevil, in Ghana for development of field management strategies. *Pest Management Science*, 75(2), 549–555. <https://doi.org/10.1002/ps.5182>
- AGROCALIDAD. (2023). *Medidas fitosanitarias de prevención para plagas emergentes en Ecuador: Fusarium oxysporum f.sp. cubense raza 4 Tropical (Foc R4T)*.
- Almeida, A. M. B. de, Batista Filho, A., Tavares, F. M., & Leite, L. G. (2009). Seleção de isolados de beauveria bassiana para o controle de cosmopolites sordidus (germar, 1824) (coleoptera: curculionidae). *Arquivos Do Instituto Biológico*, 76(3), 489–493. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v76p4892009>
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., & Ceballos, G. (2013). *Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en America Latina y El Caribe*. CIAT; FAO.
- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J. M., & Ulloa, S. M. (2016). Efectos del control del picudo negro (Cosmopolites sordidus) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 319. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.20552>
- Barfield, C. (1989). El muestreo en el Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura : estado actual y futuro. In K. Andrews & J. Quezada (Eds.), *Manejo integrado de plagas ...* (pp. 46–67). Dpto. Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras.
- Bautista-Montealegre, L. G., Bolaños-Benavides, M. M., Abaunza-González, C. A., Arguelles-Cárdenas, J. H., & Forero-Camacho, C. A. (2016). Moko de plátano y su relación con propiedades físicas y químicas en suelos del departamento de Quindío Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 273–283. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5066>
- Bortoluzzi, L., Alves, L. F. A., Alves, V. S., & Holz, N. (2013). Entomopathogenic nematodes and their interaction with chemical insecticide aiming at the control of banana weevil borer, *Cosmopolites Sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos Do Instituto Biológico*, 80(2), 183–192.
- Carval, D., Resmond, R., Achard, R., & Tixier, P. (2016). Cover cropping reduces the abundance of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* but does not reduce its damage

- to the banana plants. *Biological Control*, 99, 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.04.004>
- Carval, D., Resmond, R., Dassou, A. G., Cotté, V., Achard, R., & Tixier, P. (2022). Influence of a cover crop on ants and dermapterans in banana plantations: consequences for the regulation of the banana weevil. *International Journal of Pest Management*. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2029972>
- Castillo-Arévalo, T. (2022). In Vitro and Field Evaluation of Three Bio Controllers of the Black Banana Weevil (*Cosmopolites Sordidus*). *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 9(11), 153–159. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2022.v09i11.002>
- Cedeño-García, G., Suarez-Capello, C., Vera-Coello, D., Fadda, C., & de Santis, P. (2017). Early detection of resistance to *Mycosphaerella fijiensis* in local genotypes of *Musa* in Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.03>
- CFN. (2023). *Ficha sectorial: banano*.
- Chávez-Velazco, C., & Araya-Vargas, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 361–369.
- Chirinos, J., & Olivares, B. (2013). Efectividad biológica de extractos vegetales en el control in vitro de la bacteria fitopatogena *Xanthomona*. *Milticiencias*, 13(2), 115–121.
- Dassou, A. G., Tovignan, S., Vodouhè, F., & Vodouhè, S. D. (2023). Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. In *Environment, Development and Sustainability*. Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03570-w>
- Espinosa Velepucha¹, Y., Nicasio, J., Guerrero, Q., Miguel, R., Batista, G., & Velepucha, E. (2019). *DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT TRAPS FOR THE CONTROL OF BLACK PICUDO (COSMOPOLITES SORDIDUS G.) IN ORGANIC BANANA*. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- FAO. (2023). *Hacia el logro de los objetivos de desarrollo sostenible en la región: ¿cómo medimos los avances?* <https://unstats.un.org/sdgs/>
- Farah Asang, S., Bajaña Sánchez, G., Amador Sacoto, C., Hasang Morán, E., & Alvarado Barzallo, A. (2022). Eficacia de trampas etológicas para el control de *Cosmopolites sordidus* en banano (*Musa spp*) en la Hacienda Mechita del Cantón Pueblo Viejo en

- Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 69–79.
<https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.976>
- Fu, B., Li, Q., Qiu, H., Tang, L., Zhang, X., & Liu, K. (2019). Evaluation of different trapping systems for the banana weevils *Cosmopolites sordidus* and *Odoiporus longicollis*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 39(1), 35–43.
<https://doi.org/10.1007/s42690-019-00009-6>
- Gold, C. S., Pena, J. E., & Karamura, E. B. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). In *Integrated Pest Management Reviews* (Vol. 6).
- Gómez-Correa, J. C., Torres-Aponte, W. S., Cayón-Salinas, D. G., Hoyos-Carvajal, L. M., & Castañeda-Sánchez, D. A. (2017). Modelación espacial de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet) en banano cv. Gran Enano. *Revista Ceres*, 64(1), 47–54. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764010007>
- Hernández-Rosas, F., García-Pacheco, L. A., Figueroa-Rodríguez, K. A., Figueroa-Sandoval, B., Salinas Ruiz, J., Sangerman-Jarquín, D. M., & Díaz-Sánchez, E. L. (2019). Análisis de las investigaciones sobre *Metarhizium anisopliae* en los últimos 40 años. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22, 155–166.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1866>
- Jallow, M., Akotsen-Mensah, C., Achiri, D. T., & Afreh-Nuamah, K. (2016). *Performance of three trap types for monitoring plantain weevil (Cosmopolitis sordidus, Germar) in plantain cropping systems in Ghana*. 9(2), 17–23.
<https://doi.org/10.9790/2380-09211723>
- Koppenhöfer, A. M., Reddy, S. K. V., & Sikora, R. A. (1994). Reduction of banana weevil populations with pseudostem traps. *International Journal of Pest Management*, 40(4), 300–304. <https://doi.org/10.1080/09670879409371903>
- Lozano Sacoto, A. Y., Mendoza Haro, Í. E., & Lazo Vento, C. (2023). Traditional agricultural knowledge of banana, cocoa and sugar cane crops as a basis for the

- sustainable development of the rural parish Mariscal Sucre. *Bionatura*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.01.3>
- Melo, C. J. (2005). Empirical Assessment of Eco-Certification: The Case of Ecuadorian Bananas. *Organization & Environment*, 18(3), 287–317. <https://doi.org/10.1177/1086026605279461>
- Mohamed, Y. (2017). *INFESTATION ASSESSMENT OF BANANA WEEVIL (cosmopolites sordidus germar) IN DIFFERENT BANANA-BASED FARMING SYSTEMS IN ARUSHA AND KILIMANJARO REGIONS, TANZANIA.*
- Oliveira, F. T. de, Neves, P. M. O. J., Bortolotto, O. C., & Ventura, M. U. (2018). Respostas olfativas do moleque-da-bananeira (Coleoptera: Curculionidae) para diferentes genótipos de bananeira. *Revista Ceres*, 65(4), 329–337. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201865040005>
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Fariás-Larios, J., & Moraes, W. D. S. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33, 189–196. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000300003>
- Osorio-Osorio, R., López-Naranjo, J. I., Cruz-Lázaro, E. de la, Márquez-Quiroz, C., Salinas-Hernández, R. Ma., & Cibrián-Tovar, J. (2017b). Reducing *Cosmopolites sordidus* populations and damage using traps baited with pheromone and plantain corm. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11), 243–253. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1172>
- Palmieri, L., Chamorro, M. L., Prashant, & Sharma, P. (2022). *Phylogenetic assessment of the Metamasius hemipterus species complex (Coleoptera, Curculionidae, Dryophthorinae).*
- Pauli, G., Lopes, R. B., Alves, S. B., Damatto Junior, E. R., & Mascarin, G. M. (2011). Falsa broca aumenta disseminação de *Beauveria bassiana* em populações de campo da broca-do-rizoma da bananeira. *Ciência Rural*, 41(11), 1867–1870.
- Rannestad, O. T., Sæthre, M. G., & Maerere, A. P. (2011). Migration potential of the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *Agricultural and Forest Entomology*, 13(4), 405–412. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00535.x>
- Rauda-Cárdenas, G., Hernández-Ortega, H. A., Sánchez-Rangel, J. C., & Castrejón-Antonio, J. E. (2024). Pseudotallos y feromonas en capturas de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) en huertos de plátano del municipio de Tecomán, Colima,

- México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 28(1).
<https://doi.org/10.53897/revaia.24.28.05>
- Robinson, J., & Galán Saúco, V. (2010). Bananas and plantains. In *Crop production science in horticulture* (Second, pp. 1–46). CABI Publishing.
- Rojas Rojas, J. A., Maldonado Vargas, C. E., Meza Zambrano, O. S., Lazo Roger, Y., & Palacios Peñafiel, J. C. (2019). Uso de trampas con atrayentes para el monitoreo de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius* spp. en plátano barraganete. *Centro Agrícola*, 46(2), 58–63.
- Sahayaraj, K., & Kombiah, P. (n.d.). *Insecticidal activities of neem gold on banana rhizome weevil*. Sepúlveda-cano, P. A., & Rubio-gómez, J. D. (2009). Especies de dryophthorinae (coleóptera: curculionidae) asociadas a plátano y banano (musa spp.) en Colombia Dryophthorinae Species (Coleoptera: Curculionidae). In *Acta biol. Colomb* (Vol. 14, Issue 2).
- Silva Dionisio, L. F., Silva Lima, A. C., Fidelis de Moraes, E. G., Correia, R. G., Ferreira dos Santos, A. V., & Dos Santos Ximenes, C. K. (2015). Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) em Roraima. *REVISTA AGROAMBIENTE ON-LINE*, 9(3), 327.
<https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2517>
- Srinivas Reddy, D., Madhumati, C., & Nagaraju, R. (2020). Evaluation of insecticides and non-edible oils against banana stem weevil. *Indian Journal of Entomology*, 82(2), 393–396. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2020.00086.3>
- Tresson, P., Tixier, P., Puech, W., & Carval, D. (2021). The challenge of biological control of *Cosmopolites sordidus* Germar (Col. Curculionidae): A review. In *Journal of Applied Entomology* (Vol. 145, Issue 3, pp. 171–181). Blackwell Publishing Ltd.
<https://doi.org/10.1111/jen.12868>
- Vidaurre, D., Rodríguez, A., & Uribe, L. (2020a). Factores edáficos y nemátodos entomopatógenos en un agroecosistema neotropical de banano. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 276–288. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37680>
- Wustenberghs, H., Delcour, I., D’Haene, K., Lauwers, L., Marchand, F., Steurbaut, W., & Spanoghe, P. (2012). A dual indicator set to help farms achieve more sustainable crop protection. *Pest Management Science*, 68(8), 1130–1140.
<https://doi.org/10.1002/ps.3332>