



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

ANÁLISIS DEL MICROBIOTA EXISTENTE EN EL CULTIVO DE BANANO EN LA AGRÍCOLA XAVIER EUCLIDES

**ANALYSIS OF THE EXISTING MICROBIOTA IN THE
BANANA CULTIVATION AT XAVIER EUCLIDES
AGRICULTURAL FARM**

Angie Mishell Marín Martillo

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Félix Agustín Marín Cuenca

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

José Nicasio Quevedo Guerrero

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Edison Fabricio Vera Cruz

DITABA, Ecuador

Análisis del Microbiota Existente en el Cultivo de Banano en la Agrícola Xavier Euclides

Angie Mishell Marín Martillo¹

amarin3@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-0010-6772>

Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Félix Agustín Marín Cuenca

fmarin2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-2459-0194>

Universidad Técnica de Machala
Ecuador

José Nicasio Quevedo Guerrero

jquevedo@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Edison Fabricio Vera Cruz

verafabricio22@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7950-5049>

Departamento de Investigaciones
Técnicas Agronómicas y biológicas de
AgriSum DITABA
Ecuador

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el microbiota transportado por insectos presentes en cultivos de banano en la Agrícola Xavier Euclides, ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador. Mediante métodos microbiológicos clásicos, como siembra en medios selectivos, tinción de Gram, método de la cinta adhesiva y observación microscópica, se identificaron bacterias y hongos asociados a insectos como *Monomorium minimum*, *Syrphus ribesii*, *Forficula auricularia* y *Pyrophorus noctiluca*. Entre los microorganismos de mayor relevancia se encontraron bacterias como *Serratia marcescens*, *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.*, junto con hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Los resultados obtenidos evidencian el importante papel ecológico que desempeñan los insectos como vectores de microorganismos capaces de intervenir en procesos de descomposición, competencia microbiana y control biológico natural dentro del agroecosistema bananero. Además, se observó que estos microorganismos pueden influir directamente en la dinámica fitosanitaria del cultivo, ya sea como patógenos o potenciales bioinoculantes para el manejo integrado de plagas y enfermedades. Finalmente, se resalta la importancia de continuar con estudios moleculares complementarios que permitan una caracterización más precisa de estos agentes y evaluar su aplicabilidad dentro de programas sostenibles de manejo sanitario en el cultivo de banano.

Palabras clave: banano, microbiota, bacterias, hongos

¹ Autor principal

Correspondencia: amarin3@utmachala.edu.ec

Analysis of the Existing Microbiota in the Banana Cultivation at Xavier Euclides Agricultural Farm

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the microbiota transported by insects present in banana crops at Agrícola Xavier Euclides, located in the province of El Oro, Ecuador. Using classical microbiological methods, such as selective media culture, Gram staining, adhesive tape method, and microscopic observation, bacteria and fungi associated with insects like *Monomorium minimum*, *Syrphus ribesii*, *Forficula auricularia*, and *Pyrophorus noctiluca* were identified. Among the most relevant microorganisms detected were bacteria such as *Serratia marcescens*, *Pseudomonas spp.*, and *Bacillus spp.*, along with entomopathogenic fungi like *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. The results highlight the significant ecological role played by insects as efficient vectors of microorganisms capable of participating in decomposition processes, microbial competition, and natural biological control within the banana agroecosystem. Furthermore, it was observed that these microorganisms can directly influence the phytosanitary dynamics of the crop, either as opportunistic pathogens or potential bioinoculants for integrated pest and disease management. Finally, the study emphasizes the importance of continuing with complementary molecular analyses to achieve a more precise characterization of these agents and to assess their applicability within sustainable crop health management programs for banana cultivation.

Keywords: banana, microbiota, bacteria, fungi

Artículo recibido 05 julio 2025
Aceptado para publicación: 25 julio 2025



INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa x paradisiaca* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su alta demanda en el comercio internacional y su relevancia en la seguridad alimentaria de muchas regiones tropicales y subtropicales. No obstante, el cultivo de banano enfrenta múltiples desafíos fitosanitarios relacionados con enfermedades y plagas, muchas de las cuales están asociadas con el microbiota del suelo y rizosfera (Zhou et al., 2019). Sin embargo, la productividad y calidad de este cultivo están constantemente amenazado por diversos factores bióticos, incluyendo enfermedades fúngicas y bacterianas que afectan significativamente su rendimiento (Drenth & Guest, 2016).

En los últimos años, la investigación sobre el microbiota del suelo ha cobrado especial relevancia, dado que los microorganismos pueden desempeñar un papel crucial en la salud del cultivo, ya sea como agentes patógenos, simbioses o protectores naturales frente a enfermedades.

Las interacciones entre el microbiota del banano y la planta pueden ser tanto perjudiciales como beneficiosas. Algunos hongos y bacterias pueden inducir mecanismos de resistencia en la planta, como la resistencia sistémicamente adquirida (SAR) y la resistencia inducida por rizobacterias (ISR), los cuales activan genes de defensa y promueven acumulación de metabolitos antifúngicos y antibacterianos (Prasannath, 2017).

El microbiota del suelo en los cultivos de banano está compuesto por una diversidad de bacterias y hongos que pueden influir en el crecimiento y la resistencia de la planta (Ye et al., 2022). Entre los hongos predominantes en la rizosfera del banano se encuentran especies de los filos *Ascomycota*, *Basidiomycota* y *Mortierellomycota*, mientras que las bacterias más abundantes incluyen las *Proteobacteria*, *Chloroflexi* y *Acidobacteria* (Ciancio et al., 2022).

El estudio del microbiota del suelo es crucial para comprender los mecanismos que regulan la salud del cultivo y su productividad (Lin et al., 2020). También, algunas bacterias del suelo, como ciertas especies de *Bacillus* y *Pseudomonas*, han demostrado ser efectivas en el biocontrol de enfermedades del banano, compitiendo por espacios y nutrientes con patógenos como *Fusarium spp.* y *Ralstonia* (Drenth & Guest, 2016). Estas estrategias de biocontrol ofrecen alternativas sostenibles al uso de agroquímicos, que tienen impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana (Musabyemungu et al., 2025).



El microbiota juega un papel fundamental en la disponibilidad de nutrientes, la supresión de patógenos y la estimulación del crecimiento vegetal a través de diversas interacciones biológicas (Díaz-Urbano et al., 2023).

Uno de los principales desafíos en la producción bananera es el control de enfermedades devastadoras como la marchitez *Fusarium* y la pudrición de la raíz, ambas causadas por hongos del género *Fusarium* (Gómez Lama et al., 2021). Estudios recientes han demostrado que ciertos microorganismos pueden actuar como agente de biocontrol, reduciendo la incidencia de estas enfermedades y mejorando la resistencia de la planta (Chaudhary et al., 2024).

Las bacterias que colonizan la rizosfera del banano pueden clasificarse en tres grupos principales: bacterias benéficas, patógenas y comensales. Entre las bacterias benéficas destacan géneros como *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Lactobacillus*, los cuales han demostrado capacidad para promover el crecimiento vegetal y proteger la planta contra patógenos (Zhou et al., 2019).

Las bacterias endofíticas también desempeñan un papel clave en la salud del banano que pueden mejorar la absorción de nutrientes y producir metabolitos que favorecen el crecimiento del cultivo (Souza Junior et al., 2018). Sin embargo, no todas las bacterias presentes en la rizosfera son beneficiosas. *Ralstonia solanacearum*, por ejemplo, es un patógeno bacteriano de gran impacto en los cultivos de banano, causando la enfermedad conocida como marchitez bacteriana (Lin et al., 2020), al igual es causante del moko del banano, una enfermedad vascular que puede resultar en la pérdida total de las plantaciones afectadas (Cruz Saquicela et al., 2023). La caracterización morfológica y bioquímica de *R. solanacearum* ha demostrado su gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que complica su erradicación (Safni et al., 2018). La presencia de esta bacteria en el suelo puede afectar el microbiota nativo y reducir la biodiversidad microbiana favoreciendo la proliferación de enfermedades. Los hongos presentes en el cultivo de banano incluyen tanto especies beneficiosas como patógenas. Entre los hongos benéficos destacan los hongos *micorrízicos arbusculares* (HMA), los cuales establecen asociaciones simbióticas con las raíces del banano, mejorando la absorción de nutrientes y la tolerancia a factores de estrés (Díaz-Urbano et al., 2023).

Por otro lado, los hongos patógenos como *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* representan una de las principales amenazas para el cultivo, dado que causan pérdidas millonarias en la producción bananera



a nivel mundial (Zhou et al., 2019), esta es una de las cepas más devastadoras, con una alta capacidad de diseminación y persistencia en el suelo, lo que hace su control especialmente desafiante (Ploetz et al., 2015).

Para la identificación de bacterias y hongos en el cultivo de banano, se han utilizado metodologías incluyendo la tinción de Gram (Ye et al., 2022). Esta ha sido particularmente útil para diferenciar bacterias Gram POSITIVAS (+) y Gram NEGATIVAS (-) (Ciancio et al., 2022). Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo analizar el microbiota (hongos y bacterias) transportadas por insectos capturados en el cultivo de banano en la Agrícola Xavier Euclides.

METODOLOGÍA

El análisis microbiológico de los insectos recolectados se lo realizó en el laboratorio DITABA de la empresa AGRISUM del grupo PALMAR sitio El Vergel km 1/2 vía Guabo-Pasaje, El Oro, Ecuador. Los insectos fueron recolectados en la plantación de banano de la agrícola Xavier Euclides del grupo PALMAR ubicada en la parroquia Barbones en el lote 2 y 3, con las coordenadas geográficas 3°09'38''S y 79°49'42''W, con una temperatura media alrededor de 26°C y la precipitación anual varía entre 734-1800 mm, capturando los insectos a analizar en las inflorescencias, restos de plantas cosechadas, racimos de plantas volcadas encontrados dentro de la plantación.

Los insectos fueron recolectados con la ayuda de una red entomológica y luego depositados en los tubos Falcón para mantenerlos vivos hasta llegar al laboratorio y seguir con los protocolos. En el laboratorio siguiendo la metodología de (Montong & Salaki, 2020) los insectos se lavaron en 10 ml de agua destilada esterilizada, de esta solución se extrajo 1 ml con la ayuda de una jeringa para proceder a una dilución seriada repitiendo esto dos veces teniendo diluciones 10^{-2} con agua destilada esterilizada. La dilución se pipeteó con una jeringa 0,1 ml y se depositó en cajas de Petri que contenían medios de cultivos sólidos: Agar Nutritivo para bacterias y Agar McConkey para identificar bacterias Gram NEGATIVAS (-). Con un asa digralsky esterilizada se esparció la dilución depositada en los medios de cultivo y se dejó la siembra de 4 a 6 días para revisar la carga bacteriana de cada insecto.

Posteriormente se revisa cada caja sembrada y se identificaron las bacterias según su forma, tamaño y color para poder purificarla.

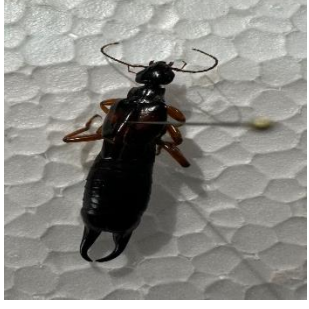


Usando un asa de siembra esterilizada y flameada en un mechero se raspó la bacteria seleccionada y se aplicó nuevamente el protocolo de dilución seriada, repitiéndolo esto hasta nueve veces, obteniendo diluciones 10^{-8} con agua destilada esterilizada y de igual manera se pipeteó 0,1 ml con una jeringa y se depositó en cajas Petri que contenían Agar Nutritivo y Agar MacConkey.

Las siembras se incubaron por 4 a 6 días para revisar las bacterias purificadas.

Descripción de los insectos capturados y analizados en laboratorio

Tabla 1

Nombre del insecto	Hormiga	
Nombre científico	<i>Monomorium minimum</i>	
Código	Hp	
Nombre del insecto	Mosca de flores	
Nombre científico	<i>Syrphus ribesii</i>	
Código	Mp	
Nombre del insecto	Tijereta europea	
Nombre científico	<i>Forficula auricularia</i>	
Código	NN	
Nombre del insecto	Escarabajo click (Estado larvario)	
Nombre científico	<i>Pyrophorus noctiluca</i>	
Código	GG	

Técnicas de Identificación

Identificación de bacterias aisladas de insectos recolectados en el cultivo de banano: las bacterias aisladas se identificaron siguiendo la metodología (Sharma & Singh, 2019) para realizar la tinción de Gram se utilizaron portaobjetos para las diferentes muestras, se cubrió las muestras con el cristal violeta por un minuto, luego enjuagar con agua, después cubrir con Lugol por un minuto, igualmente se enjuaga con agua, se cubren las muestras con alcohol acetona por 30 segundos, volvemos a enjuagar con agua, por ultimo cubrimos con safranina y dejamos reposar un minuto para enjuagar con agua y dejar secar para poder revisar las muestras en el microscopio, según (Cruz Saquicela et al., 2023) aun aumento de 100x. para determinar su forma y coloración.

Figura 1. Elaboración de tinción de Gram.



Identificación de hongos aislados de insectos recolectados en el cultivo de banano: para la identificación de hongos se recolecto insectos en la misma zona que presentaba daños en la Agrícola Xavier Euclides de la misma manera los insectos fueron depositados en los tubos Falcón hasta su traslado al laboratorio. Una vez en el laboratorio dentro de la cámara de flujo los insectos fueron desinfectados con agua destilada esterilizada, y con la ayuda de un bisturí se cortó por partes la cabeza, tórax y patas, para finalizar se colocaron las partes de los insectos ejerciendo una leve presión dentro de las placas de Petri que contenían medio de cultivo PDA estéril la cual es utilizado para aislamiento y crecimiento de hongos. Estas placas se incubaron a una temperatura controlada de 25°C durante 7 días, monitoreando cada 2 o 3 días para observar el crecimiento del hongo.

Luego de observar el crecimiento de las colonias de hongos, usando la técnica descrita por (Jurado Gámez et al., 2021) de la cinta adhesiva se ejerció una leve presión sobre la muestra y luego colocarla sobre un portaobjetos de vidrio que contenía una gota colorante azul y superponer un cubreobjetos, para su análisis en el microscopio.

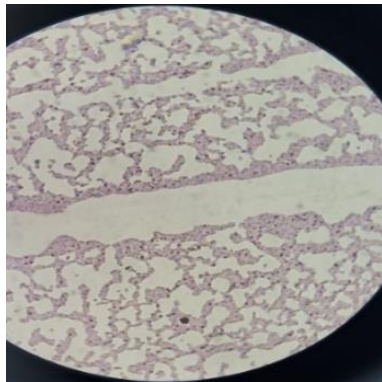
Figura 2. Método de la cinta.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las colonias observadas en las cajas Petri presentaron características compatibles con bacterias Gram positivas, como lo confirma la tinción de color morado observada al microscopio. Estas colonias, de aspecto cremoso y colores que variaban entre rosado, rojo y beige, podrían corresponder a géneros como *Staphylococcus* o *Micrococcus*. Este tipo de bacterias ha sido comúnmente asociado a ambientes agrícolas y materia orgánica en descomposición, como se ha documentado en estudios sobre el microbioma bacteriano de cultivos de banano (Hernández-Melchor et al., 2022).

Tabla 2

HORMIGA (HP)	
Figura 3. Siembra hormiga (<i>Monomorium mínimum</i>)	
Figura 4. Segunda revisión de bacteria	
Figura 5. Revisión en microscopio	

La mosca *Syrphus ribesii* transporta bacterias Gram negativas, evidenciado por las células teñidas de rosado y su tamaño reducido en la imagen microscópica, que coincide con la morfología característica de bacilos cocobacilares (Li et al., 2023). Este tipo de microorganismos es común en microbiomas entomológicos, donde predominan bacterias Gram negativas junto con algunas Gram positivas (Mohamed et al., 2023).

Tabla 3

MOSCA DE FLORES (MF)

Figura 6. Siembra de bacteria de mosca de flores

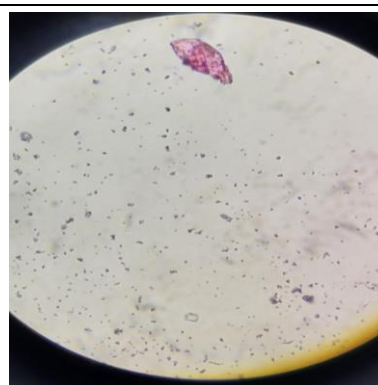
(*Syrphus ribesii*)



Figura 7. Segunda revisión de bacterias



Figura 8. Observación de bacteria en microscopio



El insecto *Forficula auricularia* recolectado en material vegetal en descomposición del cultivo de banano presentó una diversidad bacteriana asociada a su cuerpo. Las colonias observadas en medios de cultivo exhibieron pigmentación rosada y rojiza, con morfologías variadas, mientras que la tinción de Gram reveló bacterias moradas, lo que confirma la presencia predominante de bacterias Gram positivas. Este hallazgo coincide con lo reportado en estudios donde los insectos detritívoros actúan como vectores de bacterias ambientales en agroecosistemas, particularmente en cultivos tropicales como el banano (Singh et al., 2021)

Tabla 4

TIJERETA EUROPEA (NN)

Figura 9. Siembra de bacterias de tijereta europea



Figura 10. Segunda revisión de bacterias

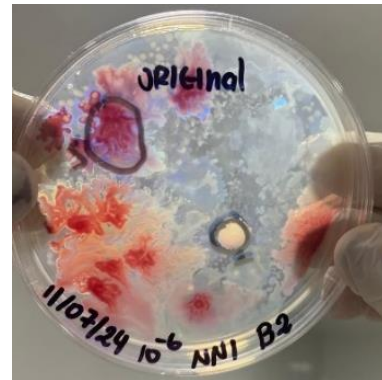
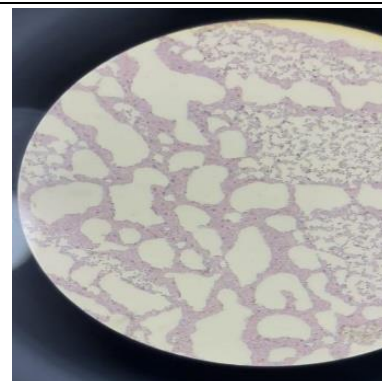


Figura 11. Observación de bacterias en microscopio



El insecto escarabajo click (*Pyrophorus noctiluca*), recolectado en un tallo en descomposición del cultivo de banano, evidenció una carga bacteriana compuesta principalmente por bacterias Gram positivas, según la tinción morada observada al microscopio. Las colonias presentan pigmentaciones rojas, cremosas y blanquecinas, lo que sugiere la presencia de microorganismos ambientales como *Staphylococcus* o *Micrococcus*. Estas bacterias han sido reportadas en otros insectos asociados a agroecosistemas tropicales, participando activamente en la descomposición y reciclaje de materia orgánica (Lopes et al., 2020)

Tabla 5
ESCARABAJO CLICK- ESTADO LARVARIO (GG)

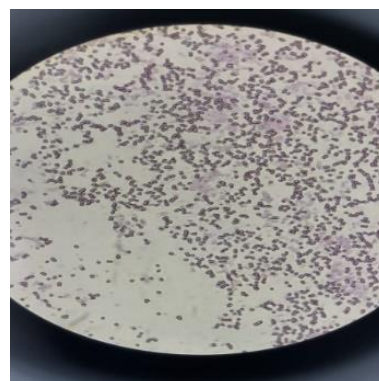
Figura 12. Siembra de bacterias de escarabajo click



Figura 13. Segunda revisión de bacterias



Figura 14. Observación de bacterias en microscopio



Se identificó un hongo entomopatógeno del género *Ophiocordyceps*, emergiendo del tórax–cabeza de una hormiga infectada. Las observaciones al microscopio mostraron peritecios agrupados en el tejido del estroma, asci alargados con ápice pronunciado y ascosporas filamentosas, consistentes con especies del complejo *O. unilateralis* s.l. (Evans et al., 2018). Este hongo manipula el comportamiento de su huésped, induciéndolo a una postura elevada antes de la muerte, lo que facilita la dispersión óptima de las esporas (van Roosmalen & de Bekker, 2024).

Tabla 6

HORMIGA (CABEZA)

Figura 15. Siembra de hongo de la hormiga (cabeza)

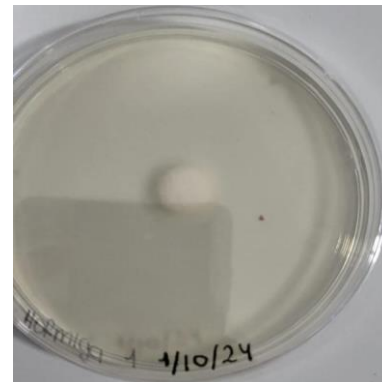


Figura 16. Identificación de hongos (cabeza) en microscopio



El hongo aislado de la región torácica de la hormiga formó colonias en PDA con textura algodonosa blanca y reversa beige-anaranjada tras varios días, un patrón típico en aislamientos de *Beauveria bassiana* asociados a plantas (Erkenci et al., 2022). La microscopía mostró hifas septadas, delgadas y transparentes, además de conidiofores ramificadas en zigzag con conidios globosos, como se observa en las características diagnósticas del género *Beauveria* (Jhonson et al., 2021). En estudios agrícolas recientes, aislamientos similares de *B. bassiana* provenientes de insectos o suelo rizosférico reproducen este patrón colonial y micelial, y se utilizan como agentes de control biológico (Gutiérrez et al., 2024).

Tabla 7

HORMIGA (TORAX)

Figura 17. Siembra de hongo (torax)

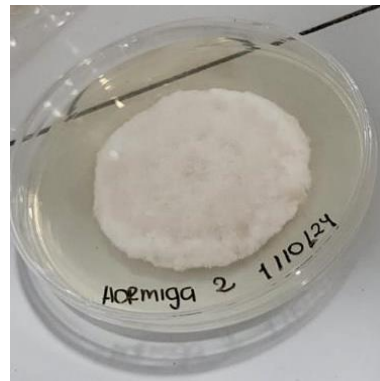


Figura 18. Identificación de hongos (torax) en microscopio



El aislamiento obtenido de la pata de la hormiga cultivado en medio PDA mostró una colonia de crecimiento algodonoso blanco con una tonalidad beige-anaranjada en la reversa, lo cual concuerda con las características morfológicas descritas para *Beauveria bassiana*) (Erkenci et al., 2022). Las observaciones microscópicas revelaron hifas septadas y estructuras conidiógenas ramificadas con raquis en forma de zigzag, sobre las cuales se disponen conidios globosos, tal como lo reportan (Jhonson et al., 2021). Estas características fenotípicas, junto con su aislamiento a partir de un insecto, permiten suponer que se trata de un hongo entomopatógeno del género *Beauveria*, cuya principal especie, *B. bassiana*, es conocida por inducir la enfermedad de la muscardina blanca en insectos al cubrir sus tejidos con micelio algodonoso posterior a la infección (Wang et al., 2024).

Tabla 8

HORMIGA (PATAS)

Figura 19. Siembra de hongo (patas)

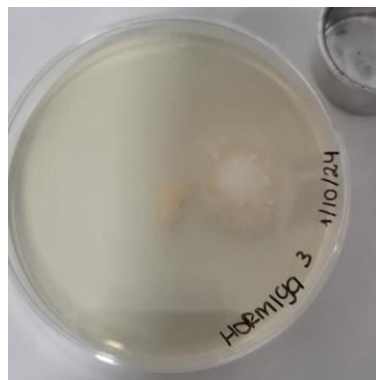


Figura 20. Identificación de hongos (patas) en microscopio



DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la diversidad del microbiota transportado por insectos presentes en cultivos de banano, evidenciando tanto su papel ecológico como su relevancia fitosanitaria. La identificación de bacterias como *Serratia marcescens*, *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* reafirma su conocida presencia en agroecosistemas tropicales, donde pueden actuar como descomponedores, competidores microbianos o incluso agentes de biocontrol (Ciancio et al., 2022).

La observación de bacterias Gram positivas en insectos como *Monomorium minimum* y *Forficula auricularia* coincide con lo reportado en estudios previos sobre microbiotas asociadas a insectos detritívoros (Singh et al., 2021), mientras que la identificación de bacilos Gram negativos en *Syrphus ribesii* sugiere una posible relación mutualista o comensal, común en insectos polinizadores (Li et al., 2023).

Los hallazgos de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Ophiocordyceps unilateralis* son particularmente significativos. *B. bassiana*, aislado tanto del tórax como de las patas de hormigas, mostró características morfológicas consistentes con lo descrito por (Erkenci et al., 2022), incluyendo colonias algodonosas con reversa beige-anaranjada y conidios globosos organizados en raquis zigzagueantes. Este patrón coincide con estudios que reportan su uso potencial como agente de biocontrol en diferentes cultivos tropicales (Gutiérrez et al., 2024).

Por otro lado, la identificación de *Ophiocordyceps unilateralis* s.l. a partir de estructuras emergentes del tórax-cabeza de la hormiga confirma la compleja interacción entre insectos y hongos entomopatógenos. La morfología observada, incluyendo la presencia de peritecios agrupados, asci alargados y ascosporas filamentosas, es coherente con lo descrito por (Evans et al., 2018) y evidencia la manipulación conductual del huésped antes de su muerte, un fenómeno que optimiza la dispersión de esporas (van Roosmalen & de Bekker, 2024).

Estos hallazgos resaltan la necesidad de incorporar el estudio del microbiota transportado por insectos en los programas de manejo fitosanitario del banano. La presencia de microorganismos con potencial biotecnológico, tanto para el control de plagas como para la promoción del crecimiento vegetal, representa una alternativa prometedora frente al uso intensivo de agroquímicos (Chaudhary et al., 2024). No obstante, se recomienda la aplicación de métodos moleculares para una identificación más precisa y para evaluar su funcionalidad dentro del agroecosistema.

CONCLUSIÓN

El estudio del microbiota asociado a insectos presentes en el cultivo de banano evidenció una diversidad significativa de bacterias y hongos con implicaciones en la dinámica fitosanitaria del agroecosistema. La hormiga *Monomorium minimum* presentó bacterias Gram positivas de los géneros *Staphylococcus* y *Micrococcus*, además de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Ophiocordyceps unilateralis*, este último capaz de manipular el comportamiento del huésped. La mosca de las flores *Syrphus ribesii* mostró bacterias Gram negativas compatibles con *Pseudomonas* spp., comunes en microbiotas entomológicas. En *Forficula auricularia* (tijereta europea) se identificaron bacterias Gram positivas y en *Pyrophorus noctiluca* (escarabajo click) predominó *Staphylococcus*, ambos insectos son vectores potenciales de microorganismos benéficos y fitopatógenos, demostrando que lo más



importante es no perder el equilibrio de sus poblaciones, para evitar así que predominen los patógenos. Estos resultados resaltan el papel de los insectos como reservorios y dispersores de microorganismos, algunos de los cuales poseen potencial biotecnológico para ser empleados en programas de manejo integrado de plagas y enfermedades en banano.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la empresa Agrisum, por el valioso apoyo brindado durante el desarrollo de nuestro trabajo. Su colaboración y la disposición para facilitarnos el uso de las instalaciones del laboratorio fueron fundamentales para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Jurado Gámez, H., Fajardo Argoti, C. I., & Parreño Salas, J. J. (2021). *Procedimientos de Laboratorio de Microbiología Zootécnica*. Primera edición.
<https://sired.udenar.edu.co/7324/1/LIBRO%20IMPRESO%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20LABORATORIO%20DE%20MICROBIOLOG%C3%8DA%20ZOOT%C3%89CNICA.pdf>
- Chaudhary, R., Nawaz, A., Khattak, Z., Arslan Butt, M., Fouillaud, M., Dufossé, L., Munir, M., Haq, I., & Mukhtar, H. (2024, September). Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest management in agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101421>
- Ciancio, A., Rosso, L. C., Lopez-Cepero, J., & Colagiero, M. (2022, June). Rhizosphere 16S-ITS Metabarcoding Profiles in Banana Crops Are Affected by Nematodes, Cultivation, and Local Climatic Variations. *Frontiers in Microbiology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.855110>
- Cruz Saquicela, P. S., Romanova, E. V., Guamán Guamán, R. N., Ulloa Cortázar, S. M., & Villavicencio Abril, Á. F. (Marzo de 2023). Caracterización morfológica y bioquímica de *Ralstonia solanacearum* raza 2, bacteria patógena en cultivos de banano y plátano en El Carmen, Manabí, Ecuador. *SIEMBRA*, 10. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4305>
- Díaz-Urbano, M., Nieves Goicoechea, Velasco, P., & Poveda, J. (2023, April). Development of agricultural bio-inoculants based on mycorrhizal fungi and endophytic filamentous fungi: Co-



- inoculants for improve plant-physiological responses in sustainable agriculture. *Biological Control*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105223>
- Drenth, A., & Guest, D. I. (2016). Fungal and Oomycete Diseases of Tropical Tree Fruit Crops. *ANNUAL REVIEWS Further*, 54(373-395). <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095944>
- Erkenci, E., Delen, D., & Tuncer, C. (2022). Cultural characterization of *Beauveria bassiana* isolates on different media. . *Biocontrol Science and Technology*, 32(4), 553-568. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2047596>
- Evans, H., Elliot, S. L., & Hughes, D. (2018). Epitypification and re-description of the zombie-ant fungus, *Ophiocordyceps unilateralis* (Ophiocordycipitaceae). *Fungal Systematics and Evolution*, 1, 1-20. <https://www.researchgate.net/publication/326819858>
- Gómez Lama, C., Fernández-Gonzalez, A. J., Cardoni, M., Valverde-Corredor, A., López-Cepero, J., Fernández-López, M., & Mercado-Blanco, J. (March de 2021). The Banana Root Endophytome: Differences between Mother Plants and Suckers and Evaluation of Selected Bacteria to Control *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense. *Journal of Fungi*, 7(194). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jof7030194>
- Gutiérrez, Y., Alarcón, K., Ortiz, C., Santos-Holguín, J. M., García-Riaño, J. L., Mejía, C., & Uribe-Gutiérrez, L. (2024). Isolation and characterization of a native strain of *Beauveria bassiana* targeting palm weevil (*Dynamis borassi*) in Colombia. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(5), e10444. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11274-024-03894-5>
- Hernández-Melchor, V., Salgado-Noguera, E. A., & Molina-Fernández, A. (2022). The core bacterial microbiome of banana (*Musa* spp.) across plant compartments and soil types. *Microbial Ecology*, 83(4), 1123-1138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00248-021-01852-0>
- Jhonson, A. R., Pérez, L. G., & Morales, V. T. (2021). Morphological and molecular identification of entomopathogenic fungi from insects in Argentina. *Journal of Mycology*, 19(3).
- Li , Y., Chang, L., Xu, K., Zhang, S., Gao, F., & Fan, Y. (2023). Research Progresses on the Function and Detection Methods of Insect Gut Microbes. *Microorganisms*, 11(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms11051208>



- Lin , W.-p., JIANG, N.-h., PENG, L., FAN, X.-y., GAO, Y., WANG, G.-p., & CAI, K.-z. (2020). Silicon impacts on soil microflora under *Ralstonia Solanacearum* inoculation. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(1)(251-264). [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62122-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62122-7)
- Lopes, T. D., Santos, L., & de Carvalho, M. (2020). Microbiota associada a insetos detritívoros em sistemas agrícolas tropicais. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(2), 230-239. <https://doi.org/https://doi.org/10.19084/rca.18034>
- Mohamed, A., Farooq, M., & Pathak, M. (2023). Identification and Characterization of Bacterial Community Associated with the Chewed Feeding Waste of Red Palm Weevil in Infested Date Palm Trees. . *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 11, 80-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.4236/abb.2020.113007>
- Montong, V., & Salaki, C. (2020). Los insectos como portadores de *Ralstonia solanacearum*. *Revista internacional de investigación en tecnología química*, 13(01), 199-205. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2019.130124>
- Murray, P., & Rosenthal, K. (2025). *Medical Microbiology* (10.^a ed.). <https://doi.org/ISBN-13:978-0443261336>
- Murray, P., Sandle, T., & Vega, R. (2025). *Medical Microbiology* (10.^a ed.). Elsevier.
- Murray, P., Vega , R., & Lopes. , T. (2020). Microbiota asociada a insectos y su rol en agroecosistemas. *Revista de entomologia agrícola*, 42(2), 55-64.
- Musabyemungu, A., Nath Tripathi, J., Muiruri, S. K., Gaidashova, S. V., Rukundo, P., & Tripathi, L. (2025). Genetic Improvement of Banana for Resistance to *Xanthomonas* Wilt in East Africa. *Food and Energy Security*, 14. <https://doi.org/10.1002/fes3.70048>
- Ploetz, R. C., J. Kema, G. H., & Jun Ma, L. (May de 2015). Impact of Diseases on Export and Smallholder Production of Banana. *ANNUAL REVIEWS Further*, 53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120305>
- Prasannath, K. (2017). Plant defense-related enzymes against pathogens: a review. *AGRIEAST Journal Of Agricultural Sciences*, 11(38). <https://doi.org/10.4038/agri east.v11i1.33>



- Safni, I., Subandiyah, S., & Fegan, M. (2018, March). Ecology, Epidemiology and Disease Management of *Ralstonia syzygii* in Indonesia. *Frontiers in Microbiology*, 9(419). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00419>
- Sharma, D., & Singh, Y. (2019). Caracterización de *Ralstonia solanacearum* aislados mediante métodos bioquímicos, culturales y moleculares. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4). <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartAU/8-4-392-512.pdf>
- Singh, V., Sharma, R., Jaiswal, D. K., & Kumar, A. (2021). Role of insect-borne microbiomes in plant health and disease management: A review. *Microbiological Research*, 248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126749>
- Souza Junior, C. A., Marcon, J., M. Andrade, P. A., Silva, J. A., F. Faraldo, M. I., Q. Verdi, M. C., Melo Filho, A. A., & Azevedo, J. L. (2018, September). Endophytic Bacterial and Fungi Associated to Banana Leaves (*Musa* spp.) Cultivated Under Organic Management. *Journal of Agricultural Science*, 10(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p460>
- van Roosmalen, J., & de Bekker, C. (2024). Mechanisms underlying *Ophiocordyceps* infection and behavioral manipulation of ants. *Annual Review of Entomology*, 69, 453-475. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-ento-042323-031236>
- Vega, R. (2020). Interacciones microbianas en cultivos de banano: Una revisión agroecológica. *Revista Ecuatoriana de Estudios Agroindustriales*, 8(1), 45-60.
- Wang, L., Huang, Y., Zhang, T., & Zhang, X. (2024). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and its effects on pest suppression in cereal crops. *Insects*, 16(3), 287. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects16030287>
- Ye, L., Wang, X., Wei, S., Qixia, Z., He, S., & Zhou, L. (November de 2022). Dynamic analysis of the microbial communities and metabolome of healthy banana rhizosphere soil during one growth cycle. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.14404>
- Zhou, D., Jing, T., Yufeng, C., Wang, F., Dengfeng, Q., Feng, R., Jianghui, X., & Li, H. (2019). Deciphering microbial diversity associated with *Fusarium* wilt-diseased and disease-free banana rhizosphere soil. *BMC Microbiology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12866-019-1531-6>

