

## Determinación

de la carga microbiana en insectos del orden Coleóptera presentes en el cultivo de banano

*Determination of the microbial load in insects of the order Coleoptera present in banana crops*

Recibido: 14/12/24

Aceptado: 17/01/25

Publicado: 28/02/25

Mayerly Estefanía Ramos Sisalima<sup>1</sup>\*

E-mail: [mramos7@utmachala.edu.ec](mailto:mramos7@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2391-4557>

Alexander Dario Morocho Carbay<sup>1</sup>

E-mail: [amorochio10@utmachala.edu.ec](mailto:amorochio10@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7655-0813>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

E-mail: [jnquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jnquevedo@utmachala.edu.ec)

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

Edison Fabricio Vera Cruz<sup>1</sup>

E-mail: [desarrollista.tec@agrisum.com.ec](mailto:desarrollista.tec@agrisum.com.ec)

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

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ramos Sisalima, M. E., Morocho Carbay, A. D., Quevedo Guerrero, J. N., Vera Cruz, E. F. (2025). Determinación de la carga microbiana en insectos del orden coleóptera presentes en el cultivo de banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e751. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/751>

### RESUMEN

El cultivo de banano constituye una actividad económica esencial en diversas regiones del mundo, incluyendo Ecuador. Sin embargo, su sostenibilidad está amenazada por problemas fitosanitarios, entre ellos, la posible acción de insectos del orden Coleóptera como vectores de microorganismos fitopatógenos. Este estudio tuvo como objetivo determinar la carga microbiana asociada a coleópteros presentes en plantaciones de banano, evaluando su papel potencial como transmisores de hongos patógenos. Se realizó el aislamiento de microorganismos en medios de cultivo, la caracterización de hongos y el análisis de interacciones entre cepas microbianas y *Fusarium* spp. Los resultados evidenciaron la presencia de hongos como *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp., siendo *Fusarium* spp., de especial relevancia por su relación directa con enfermedades del banano. Las cepas de *Fusarium* spp. Mostraron variabilidad en su capacidad para afectar parámetros de crecimiento en el cultivo de banano, indicando su rol diferencial en la interacción planta-patógeno. Este estudio contribuye al entendimiento de la dinámica microbiológica en el cultivo de banano y proporciona información relevante para el diseño de estrategias de manejo integrado de plagas y control de enfermedades.

### Palabras clave:

Coleópteros, Microbiana, Banano, Vectores, Fitopatógenos.

### ABSTRACT

Banana cultivation is an essential economic activity in various regions of the world, including Ecuador. However, its sustainability is threatened by phytosanitary problems, including the possible action of insects of the order Coleoptera as vectors of phytopathogenic microorganisms. This study aimed to determine the microbial load associated with beetles present in banana plantations, evaluating their potential role as transmitters of pathogenic fungi. Microorganisms were isolated from culture media, fungi were characterized, and interactions between microbial strains and *Fusarium* spp. were analyzed. The results showed the presence of fungi such as *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Aspergillus* spp., and *Penicillium* spp., with *Fusarium* spp. being of special relevance due to its direct relationship with banana diseases. *Fusarium* spp. strains showed variability in their ability to affect growth parameters in banana crops, indicating their differential role in plant-pathogen interaction. This study contributes to the understanding of microbiological dynamics in banana cultivation and provides relevant information for the design of integrated pest management and disease control strategies.

### Keywords:

Coleoptera, Microbial, Banana, Vectors, Phytopathogens.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de la agricultura existen diversas especies de interés agronómico tanto por su uso como controladores biológicos como por su importancia en la proliferación de enfermedades, en el cultivo de banano el picudo es uno de los principales insectos de interés por su comportamiento como vector de enfermedades, este insecto pertenece al orden Coleóptera, que comprende alrededor de 350,000 especies actualmente descritas, es uno de los grupos de insectos más diversos y ampliamente distribuidos en el mundo. Este orden de insectos cumple funciones ecológicas esenciales, como la descomposición de materia orgánica, la polinización y el control biológico de plagas (Bukomeko et al., 2023; Puranik et al., 2024) y algunos casos como el picudo puede ser un vector de enfermedades.

Sin embargo, algunas especies de coleópteros pueden representar una amenaza para la producción agrícola, actuando como vectores de microorganismos patógenos que afectan la salud de los cultivos, en sistemas agrícolas intensivos, como el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca*.), la interacción entre los insectos y los microorganismos puede influir en la sanidad vegetal, la calidad de la producción y las pérdidas económicas asociadas (Puranik et al., 2024; Tinzaara et al., 2002).

A nivel global, se ha incrementado el interés en la determinación de la carga microbiana asociada a insectos plaga, dado su potencial impacto en la propagación de fitopatógenos y enfermedades postcosecha (Mascarin et al., 2019). Investigaciones en diversos cultivos han demostrado que insectos del orden Coleóptera, como los gorgojos y escarabajos, pueden actuar como reservorios y vectores de bacterias, hongos y virus, afectando la productividad agrícola y generando la necesidad de estrategias de manejo integrado (Caparros Megido et al., 2017; Gold, 2001; Kannan et al., 2022). Estudios recientes en regiones productoras de banano, como América Latina y el sudeste asiático, han evidenciado la presencia de microorganismos fitopatógenos asociados a estos insectos, subrayando la importancia de comprender su rol en la diseminación de enfermedades (Kannan et al., 2022; Puranik et al., 2024; Tinzaara et al., 2002).

Ecuador es uno de los principales productores y exportadores de banano a nivel mundial, con una superficie cultivada que supera las 160,000 hectáreas., la presencia de insectos plaga, como ciertos coleópteros, representa una preocupación constante debido a su capacidad para dañar el fruto y transmitir microorganismos que afectan su calidad y comercialización (Caparros Megido et al., 2017; Sikorowski & Lawrence, 1994). A pesar de la importancia económica del banano para el país, los estudios sobre la carga microbiana presente en estos insectos son limitados, lo que genera incertidumbre respecto a su papel en la propagación de enfermedades y la efectividad de las estrategias de control implementadas en los sistemas de producción (Sikorowski & Lawrence, 1994).

La presencia de coleópteros en el cultivo de banano representa una problemática significativa debido a su potencial para actuar como vectores de microorganismos patógenos que pueden afectar la calidad del fruto, incrementar las pérdidas postcosecha y comprometer la comercialización internacional (Gold, 2001). La falta de control efectivo sobre estos insectos puede generar un aumento en el uso de agroquímicos, lo que no solo eleva los costos de producción, sino que también impacta negativamente en el medio ambiente y la salud humana (Bukomeko et al., 2023; Olivares et al., 2022).

Sin embargo, algunos coleópteros también pueden tener implicaciones positivas en el cultivo de banano, desempeñando roles beneficiosos como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la depredación de plagas (Were et al., 2015). La identificación y diferenciación de especies perjudiciales y benéficas permitirá un enfoque más equilibrado y sostenible en la gestión agrícola, optimizando el control biológico y reduciendo la dependencia de productos químicos.

La determinación de la carga microbiana en coleópteros presentes en el cultivo de banano es fundamental para comprender su impacto en la sanidad del cultivo y la inocuidad del producto, con esta información, se podrán diseñar estrategias de control más efectivas, reducir pérdidas económicas y garantizar el cumplimiento de los estándares fitosanitarios exigidos por los mercados internacionales (Kannan et al., 2022; Okolle et al., 2020). Además, el estudio contribuirá al desarrollo de políticas agrícolas sostenibles que minimicen el uso de agroquímicos y promuevan alternativas de manejo integrado de plagas.

El generar conocimiento científico sobre la relación entre los coleópteros y la carga microbiana en el cultivo de banano, con el fin de proporcionar información útil para los productores y autoridades sanitarias (Puranik et al., 2024). La identificación de microorganismos asociados permitirá evaluar los riesgos fitosanitarios, optimizar las prácticas de manejo y fortalecer la competitividad del banano ecuatoriano en el mercado global (Tinzaara et al., 2002).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio: DITABA (Departamento de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Agrícolas y Biológicas) perteneciente a AGRISUM ubicado en el sitio El Vergel, Km. 1,5 Vía El Guabo – Pasaje, tiene el objetivo de evaluar la interacción entre las especies fúngicas aisladas de insectos del orden Coleóptera y el marchitamiento causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense en cultivos de banano para la cual se tomó en cuenta la metodología propuesta por Blanco, (2013). A continuación, se describen de manera detallada los procedimientos metodológicos empleados, que incluyen la preparación de medios de cultivo, la aplicación de la suspensión de esporas mediante drenaje (drench), la recolección de muestras, la inoculación de las plantas y la identificación de los microorganismos presentes en las muestras. (Fig. 1)

**Fig. 1.** Mapa de ubicación del Laboratorio DITABA.



**Fuente:** Elaboración propia.

## METODOLOGÍA

### Recolección de muestras

Para la recolección de muestras de insectos, se utilizaron trampas tipo sándwich elaboradas con pseudotallos de banano. Este tipo de trampa ha demostrado ser eficaz para atraer insectos del orden Coleóptera, especialmente aquellos asociados con plantaciones de banano, como los escarabajos que pueden actuar como vectores de hongos endófitos. Las trampas fueron impregnadas con esencias de piña y coco para aumentar la atracción de los insectos, los cuales fueron capturados en los puntos estratégicos del cultivo. Los insectos capturados fueron trasladados al laboratorio en recipientes estériles para su posterior análisis microbiológico. (Fig. 2)

**Fig. 2.** A) Recolección de picudos, B) Picudos encontrados en trampas tipo sándwich.



A

B

**Fuente:** Elaboración propia.

### Preparación de los medios de cultivo

El medio de cultivo utilizado para el aislamiento y el crecimiento de los hongos fue el PDA (Papa Dextrosa Agar), se siguió el protocolo propuesto por Leslie y Summerell (2006), para la cual se preparó disolviendo 39 g de este medio en 1 litro de agua destilada. La elección de PDA se basó en su capacidad para favorecer el crecimiento de

hongos patógenos y endófitos, lo que facilita su aislamiento en condiciones de laboratorio. Posteriormente, el medio fue esterilizado en autoclave a 144°C durante 15 minutos para eliminar cualquier posible contaminación bacteriana. Se suplementó con 0,05 g de cloranfenicol por litro de agua, con el fin de inhibir el crecimiento bacteriano y garantizar un ambiente favorable para los hongos, tal como se describe en la literatura para cultivos fúngicos en medios como Waters Agar (WA).

El agar preparado se vertió en cajas de Petri de 90x13 mm, utilizando 15 mL por cada caja, y se dejó solidificar bajo condiciones asépticas en una campana de flujo laminar para evitar la contaminación cruzada, estas placas servirían tanto para el aislamiento de los microorganismos como para las pruebas de inoculación. (Fig. 3)

**Fig. 3.** Preparación del medio de cultivo PDA marca TM MEDIA Titan Biotech.



**Fuente:** Elaboración propia.

### Inoculación de muestras en placas de Petri

Una vez en el laboratorio, los insectos capturados fueron desinfectados superficialmente con agua destilada para eliminar contaminantes superficiales. Posteriormente, se colocaron las partes visibles del hongo presente en el cuerpo de los insectos sobre las placas de Petri con PDA estéril. También se colocaron algunos insectos enteros sobre las placas, en las que se presionaron ligeramente para facilitar la transferencia de microorganismos. Las placas se incubaron en condiciones controladas de temperatura (25°C), y humedad relativa (80%) durante 7 días, con monitoreos cada 4 días para observar el desarrollo de las colonias microbianas. (Fig. 4)

**Fig. 4.** Siembra de picudos en la campana de flujo marca Biobase y placas Petri marca Sinorue para dispensar el medio de cultivo PDA.



**Fuente:** Elaboración propia



### Identificación microbiana

La identificación de las especies de hongos se realizó mediante el análisis de las características macroscópicas de las colonias fúngicas en las placas de Petri, como el color, la forma y la textura de las colonias, las cuales fueron comparadas con las descripciones bibliográficas de hongos relevantes. La identificación de *Fusarium* se realizó utilizando la metodología propuesta por Leslie y Summerell (2006), mientras que la identificación de otros géneros como *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* se realizó con el respaldo de información obtenida de manuales específicos y estudios previos (Rozaliyani et al., 2021; Yadav et al., 2017).

### Postulados de Koch

Para evaluar la relación causal entre las especies fúngicas aisladas de los insectos del orden Coleóptera y el marchitamiento causado por *Fusarium* de las diferentes cepas aisladas en las plantas de banano, se aplicaron los postulados de Koch (Figura 6). Primero, se aseguró que las cepas fúngicas aisladas de los insectos estuvieran presentes en todas las plantas afectadas por los síntomas de marchitamiento. A través del análisis, se verificó que las muestras de plantas con marchitamiento contenían los mismos microorganismos presentes en los insectos recolectados en el campo. (Fig. 5)

**Fig. 5.** Plantas del cultivar Williams inoculadas con las diferentes cepas de hongos a evaluar.



Fuente: Elaboración propia.

### Aplicación de la suspensión de esporas mediante drench

La aplicación de la suspensión de esporas de los hongos se llevó a cabo utilizando la técnica de drenaje (drench) tomando en cuenta la propuesta de (Catambacan & Cumagun, 2021). Esta técnica consiste en aplicar una solución líquida directamente al suelo o alrededor de la base de las plantas, lo que permite que el hongo entre en contacto directo con las raíces y se establezca en el sistema radicular. Para este estudio, se aplicaron 50 mL de la suspensión de esporas por cada 10<sup>6</sup>-6 esporas, con el objetivo de asegurar una dosis adecuada para el establecimiento de los hongos en las plantas de banano. La elección de esta concentración se basó en estudios previos que han demostrado que concentraciones similares de esporas favorecen el establecimiento y la interacción con las raíces de las plantas sin causar efectos tóxicos.

La aplicación se realizó en dos intervenciones, separadas por un intervalo de 15 días, siguiendo el protocolo utilizado en investigaciones similares sobre biocontrol fúngico. Esta frecuencia de aplicación fue elegida con base en estudios que muestran que aplicaciones en intervalos de 15 días favorecen la colonización estable de los microorganismos sin comprometer la salud de las plantas. Además, el monitoreo de los síntomas se llevó a cabo semanalmente para observar el desarrollo de posibles signos de marchitamiento o interacción con *Fusarium oxysporum*. (Fig.6)

**Fig. 6.** Inoculación de hongos mediante drench.



Fuente: Elaboración propia.

### Monitoreo

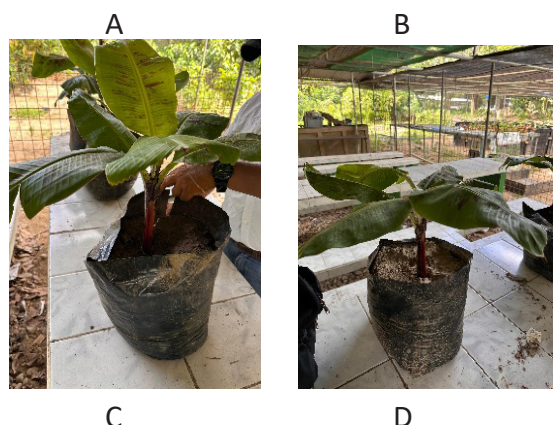
El monitoreo de las plantas tratadas y de los hongos aislados se realizó durante el período de 6 semanas, con intervalos de 7 días entre evaluación luego en etapa de desarrollo vegetativo de las plantas de banano, la aplicación al Drench se realizó cada 15 días en la que se evalúa todas las variables mencionadas previamente.

### Evaluación del marchitamiento por *Fusarium spp.*, aislado de *Picudo negro*

Con el fin de evaluar la patogenicidad de las cepas fúngicas aisladas, se realizó una prueba de inoculación en plantas de banano saludables, siguiendo los postulados de Koch. Para ello, se inocularon las plantas con las cepas purificadas obtenidas de los insectos y se monitorearon los síntomas de marchitamiento, típicos de la infección por *Fusarium oxysporum* f. sp. Cubense.

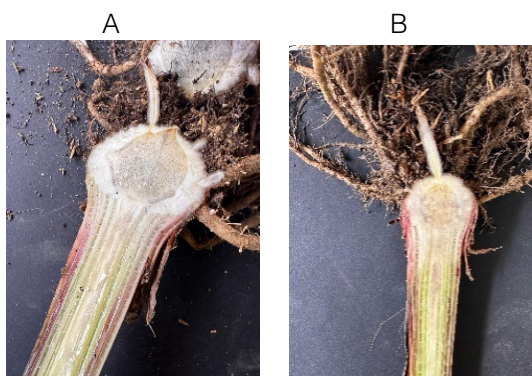
Los síntomas fueron registrados en una escala de evaluación adaptada de la literatura especializada en enfermedades de banano obtenida de Blanco, (2013). Cuando se desarrollaron síntomas de marchitamiento las plantas fueron desinfectadas y se aislaron los hongos de las plantas afectadas para compararlos con las cepas originales, asegurando que los microorganismos aislados fueran responsables del marchitamiento observado. (Fig. 7, 8)

**Fig. 7.** Plantas inoculadas con: A) *Fusarium oxysporum* I, B) *Fusarium oxysporum* II, C) *Fusarium oxysporum* III y D) *Fusarium verticillioides*.



Fuente: Elaboración propia.

**Fig. 8.** Tejido vascular de plantas inoculadas con: A) *Fusarium oxysporum* I, B) *Fusarium oxysporum* II, C) *Fusarium oxysporum* III y D) *Fusarium verticillioides*.



Fuente: Elaboración propia.

### Variables evaluadas

### Variables de desarrollo

**Emisión foliar:** Registro del crecimiento de la hoja cigarro, con datos tomados semanalmente desde la primera semana una vez iniciada la investigación hasta 6 semanas posteriores.

**Altura de la planta:** Altura total de la planta en su etapa vegetativa, medida con flexómetro desde la base del pseudotallo hasta la intersección de las vainas de la primera y segunda hoja.

**Diámetro del pseudotallo:** Diámetro del pseudotallo medido con cinta métrica en su etapa vegetativa, tomando los datos semanalmente desde la primera semana de iniciada la investigación hasta seis semanas posteriores, considerando la parte más ancha del pseudotallo a 2 cm sobre el nivel del suelo.

**Clorosis foliar:** Área foliar afectada por clorosis en su etapa vegetativa, evaluado según la tabla de escalas para medir la severidad de síntomas de *Fusarium oxysporum*, con datos registrados semanalmente desde la primera semana de iniciada la investigación hasta seis semanas posteriores, considerando el color y la intensidad de la decoloración en las hojas más representativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada una de las variables se realizaron pruebas estadísticas en el software Minitab versión 19 a los datos que fueron colectados durante todas las fechas de colecta de datos se describieron y tomar diversas variables asociadas a la morfología de la planta para las cuales se evidenciaron variaciones significativas en las mediciones de las cepas de *Fusarium oxysporum*, tanto en términos de diámetro como de altura, el análisis estadístico permitió identificar diferencias significativas en el diámetro de crecimiento entre las cepas evaluadas. La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) mostró la formación de dos grupos homogéneos. (Tabla 1.)

**Tabla 1.** Resumen de resultados de ANOVA de un factor para las variables Altura de la planta, Emisión foliar, Diámetro del tallo y Clorosis foliar.

| Cepa                             | Altura de la planta | Emisión foliar | Diámetro del tallo | Clorosis foliar |
|----------------------------------|---------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Control Fusarium oxysporum I     | 21.9 a              | 0.7 a          | 9.3 a              | 1 c             |
| Control Fusarium oxysporum II    | 20.5 c              | 0.8 a          | 8.5 b              | 1 c             |
| Control Fusarium oxysporum III   | 21.4 b              | 0.6 ab         | 8.3 b              | 1 c             |
| Control Fusarium verticillioides | 20.1 d              | 0.8 a          | 8 c                | 1 c             |
| Fusarium verticillioides         | 19.9 e              | 0.2 bc         | 7 f                | 2 b             |
| Fusarium oxysporum I             | 17.8 h              | 0.2 c          | 7.1 ef             | 2 b             |
| Fusarium oxysporum II            | 18.7 f              | 0.2 c          | 7.3 e              | 3 a             |
| Fusarium oxysporum III           | 18.1 g              | 0.4 b          | 7.7 d              | 3 a             |

Fuente: Elaboración propia.

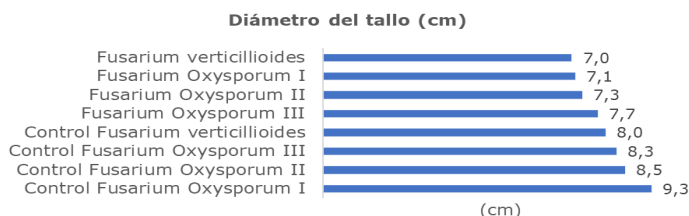


Los resultados obtenidos sugieren que las cepas de *Fusarium*, especialmente las cepas de *Fusarium oxysporum*, tienen un impacto negativo significativo en las plantas en términos de crecimiento y salud. En particular, las plantas infectadas con *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticillioides* presentan menores alturas, reducción en la emisión foliar, y menor diámetro de tallo en comparación con las cepas de control. Estos efectos son más pronunciados en las cepas *Fusarium oxysporum*, que evidencian las peores respuestas en todas las variables estudiadas de forma numérica y estadística como se evidencia en la tabla.

En cuanto a los subconjuntos homogéneos, donde Control *Fusarium oxysporum* I, Control *Fusarium oxysporum* III, y Control *Fusarium verticillioides* se agrupan en un subconjunto homogéneo para la variable altura de la planta (con valores cercanos entre sí) y muestran las mejores respuestas en términos de crecimiento y salud. Por otro lado, las cepas infectadas por *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticillioides* se agrupan en subconjuntos homogéneos con valores más bajos en todas las variables, reflejando la seriedad de la infección y su efecto perjudicial en el desarrollo de la planta. Estos resultados sugieren que las infecciones fúngicas impactan de manera significativa el crecimiento de las plantas, lo que puede tener implicaciones importantes en términos de producción agrícola y estrategias de manejo de enfermedades.

En lo que respecta al Diámetro del tallo, se observa que las cepas de control presentan los mayores diámetros, especialmente Control *Fusarium oxysporum* I con 9.3 cm, y Control *Fusarium oxysporum* II con 8.5 cm. A medida que la infección por *Fusarium* se intensifica, el diámetro del tallo disminuye progresivamente. Las cepas infectadas como *Fusarium verticillioides*, *Fusarium oxysporum* I, *Fusarium oxysporum* II y *Fusarium oxysporum* III muestran diámetros de tallo considerablemente más pequeños, entre 7 y 7.7 cm, lo que sugiere que las infecciones afectan negativamente la capacidad de las plantas para aumentar el diámetro de su tallo, resultados similares fueron reportados por Blanco (2013). (Fig. 9)

**Fig. 9.** Diagrama de barras de la variable diámetro.



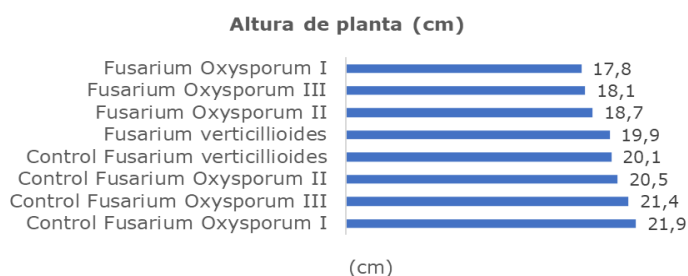
**Fuente:** Elaboración propia.

La variable altura de la planta muestra un comportamiento diferencial según las cepas utilizadas. La cepa Control *Fusarium oxysporum* I es la que más crece, alcanzando una altura media de 21.9 cm, seguida de cerca por Control *Fusarium oxysporum* III con 21.4 cm, que se encuentra en el segundo lugar en términos de altura. Sin embargo, a medida que se avanza hacia las cepas infectadas, la altura disminuye considerablemente. Las cepas *Fusarium oxysporum* I, *Fusarium oxysporum* II y *Fusarium oxysporum*

III muestran una caída pronunciada en su desarrollo, con 17.8 cm, 18.7 cm y 18.1 cm respectivamente. Las cepas *Fusarium verticillioides* y Control *Fusarium verticillioides* también evidencian una reducción en la altura, con 19.9 cm y 20.1 cm, respectivamente. En general, la altura de la planta disminuye conforme la infección por *Fusarium* aumenta, sugiriendo que las infecciones afectan negativamente el crecimiento de la planta. (Fig. 10)

Esto sugiere que la infección por estas especies de *Fusarium* afecta negativamente el crecimiento de las plantas, siendo las cepas *Fusarium oxysporum* las que provocan la mayor disminución en la altura de las plantas, lo que coincide con los resultados obtenidos por autores como Blanco, (2013). La diferencia en las alturas también podría reflejar las distintas virulencias de las cepas de *Fusarium* en estudio.

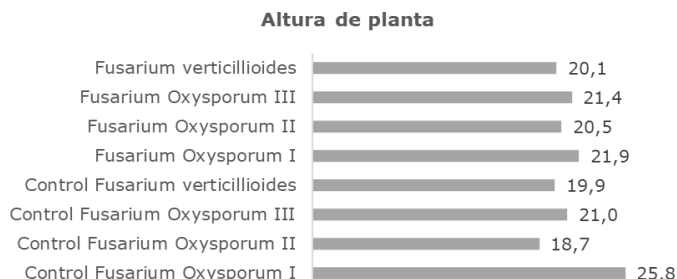
**Fig. 10.** Diagrama de barras de la variable altura.



**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a la emisión foliar, los resultados indican la capacidad de la planta para producir hojas en respuesta a las diferentes cepas. Las cepas de control, especialmente Control *Fusarium oxysporum* II y Control *Fusarium verticillioides*, muestran una alta emisión foliar, con valores de 0.8 y 0.7 hojas respectivamente. Por otro lado, las cepas infectadas presentan una disminución significativa en la emisión de nuevas hojas, con *Fusarium verticillioides* produciendo solo 0.2 hojas y las cepas *Fusarium oxysporum* también mostrando un bajo valor de 0.2 o 0.4 hojas. Los valores más bajos de emisión foliar se observan en las cepas infectadas, indicando que las infecciones reducen la capacidad de la planta para generar nuevas hojas. Esta caída en la emisión foliar refleja el impacto negativo de las infecciones en el desarrollo de las plantas, con una reducción especialmente notoria en aquellas infectadas por las cepas más virulentas de *Fusarium*. (Fig. 11)

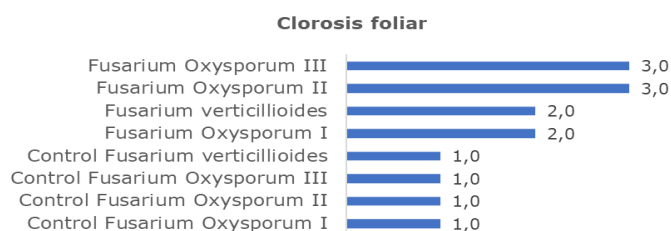
**Fig. 11.** Diagrama de barras de la variable emisión foliar.



**Fuente:** Elaboración propia.

En lo referente a la clorosis foliar, se observa que las cepas de control presentan los mayores diámetros, especialmente Control *Fusarium oxysporum* I con 9.3 cm, y Control *Fusarium oxysporum* II con 8.5 cm. A medida que la infección por *Fusarium* se intensifica, el diámetro del tallo disminuye progresivamente. Las cepas infectadas como *Fusarium verticillioides*, *Fusarium oxysporum* I, *Fusarium oxysporum* II y *Fusarium oxysporum* III muestran diámetros de tallo considerablemente más pequeños, entre 7 y 7.7 cm, lo que sugiere que las infecciones afectan negativamente la capacidad de las plantas para aumentar el diámetro de su tallo. Estos resultados indican que la infección por *Fusarium* provoca una mayor clorosis foliar, siendo las cepas *Fusarium oxysporum* II y *Fusarium oxysporum* III las que causan el mayor daño a las hojas. (Fig. 12)

**Fig. 12.** Medias de barras de la variable clorosis foliar.



**Fuente:** Elaboración propia.

De todas las especies de hongos descritas en esta tabla demuestran la importancia del control y monitoreo de picudo en plantaciones de banano pues en el cuerpo del picudo, se encontraron géneros de hongos como *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizoctonia* y *Rhizomucor*, la presencia de estos hongos se debe tener en cuenta con mucho énfasis, ya que algunos de ellos son conocidos patógenos del banano y pueden representar un riesgo significativo para la salud del cultivo provocando daños a la productividad y la economía de los agricultores (Lin et al., 2012; Singh et al., 2014).

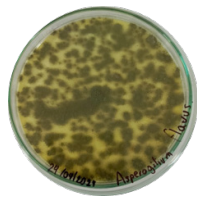
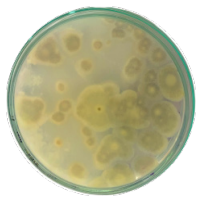
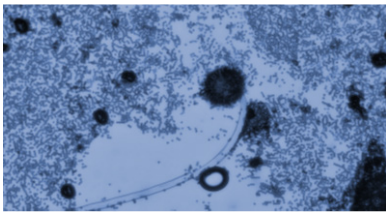
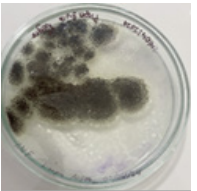
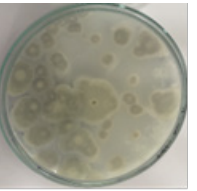
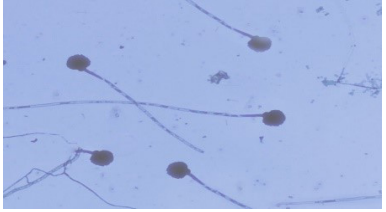
Por ejemplo, se identificaron diferentes variantes de *Fusarium oxysporum*, un hongo de gran importancia porque está asociado con el mal de Panamá, una enfermedad que afecta gravemente a las plantaciones de banano, causando marchitez y, en muchos casos, la muerte de la planta. La presencia de *Fusarium solani* y *Fusarium verticillioides* también es preocupante, ya que pueden provocar pudriciones en las raíces y el tallo, debilitando la planta y afectando su rendimiento, generando la caída y la pérdida de unidades de producción.

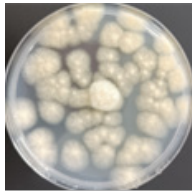
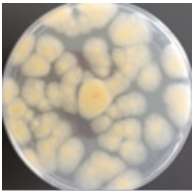
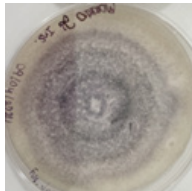
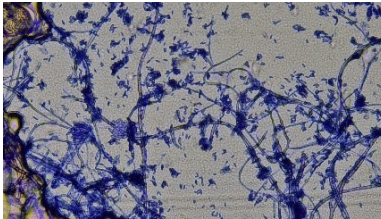
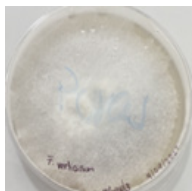
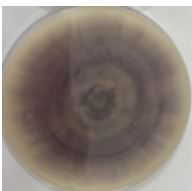
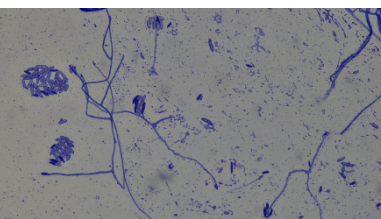
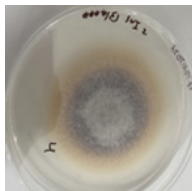
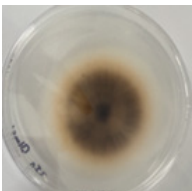
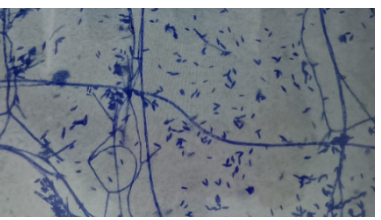
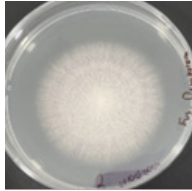
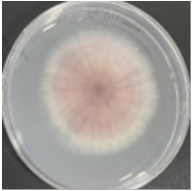
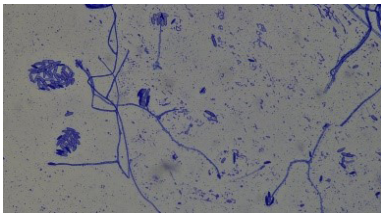
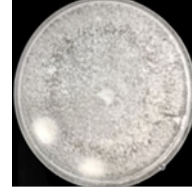
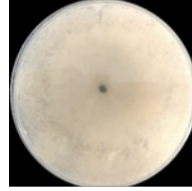
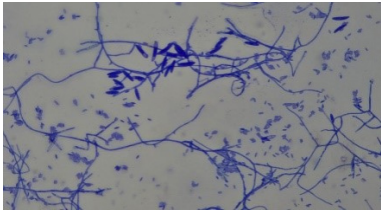
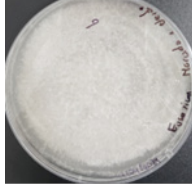
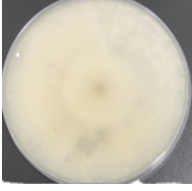
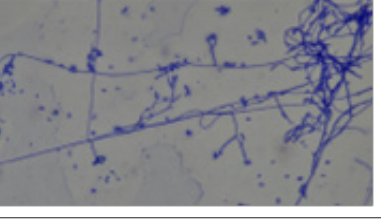
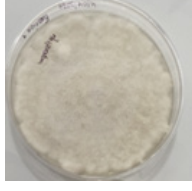
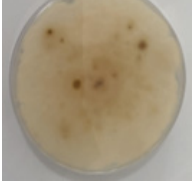
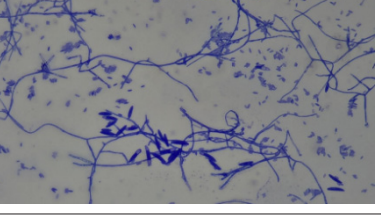
Otro hallazgo importante fue la presencia de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus niger*, hongos que, además de afectar la calidad del banano, pueden producir micotoxinas que comprometen su seguridad para el consumo humano (Rozaliyani et al., 2021; Visagie et al., 2014). Esto representa un doble problema: por un lado, la posibilidad de pérdida de frutos y, por otro, un riesgo para la comercialización debido a las estrictas regulaciones sobre la presencia de toxinas en productos de exportación.

Sin embargo, no todos los hongos encontrados son perjudiciales, pues también se detectó la presencia de *Trichoderma* spp., un hongo conocido por su capacidad para controlar otros patógenos de manera natural, su aparición podría indicar la existencia de un equilibrio en el ecosistema del cultivo, lo que podría ser aprovechado para estrategias de biocontrol más sostenibles y amigables con el ambiente, en todo caso se identifica de acuerdo a los resultados una predominancia en las afectaciones por hongos patógenos (Japanis et al., 2022; Kubicek & Harman, 1998).

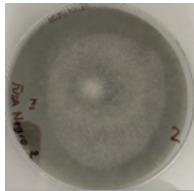
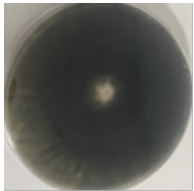
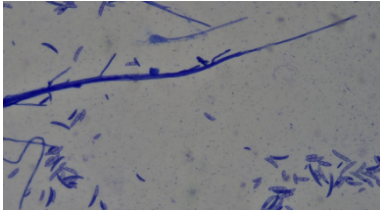
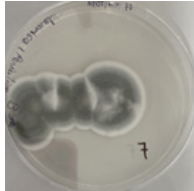
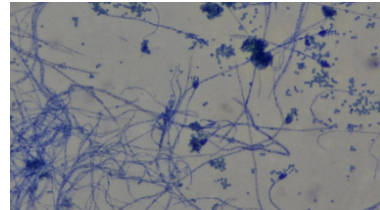
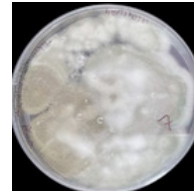
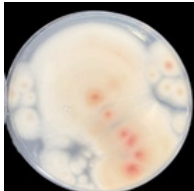
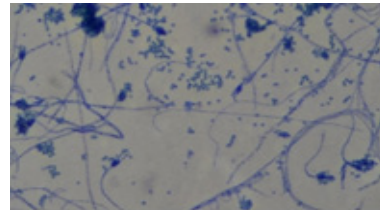
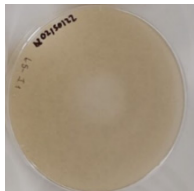
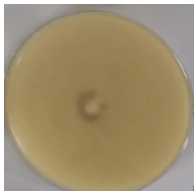
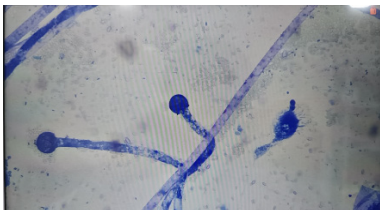
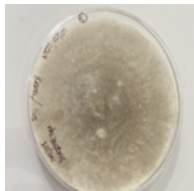
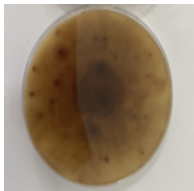
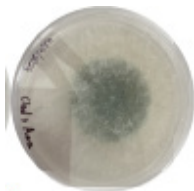
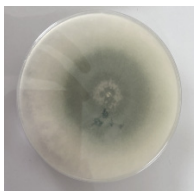
Todos los hongos identificados, respaldan que este insecto no solo es una plaga por el daño mecánico que causa a la planta, sino que también puede actuar como vector de enfermedades fúngicas, facilitando su propagación en la plantación. Esto hace que el manejo del picudo deba abordarse de manera integral, no solo enfocándose en su control, sino también en la prevención de las enfermedades que puede transmitir. (Tabla 2.)

**Tabla 2.** Géneros de hongos identificados, (A) Hongos, (B) caja Petri Lado anverso, (C) caja Petri Lado reverso, (D) Microscopio.

| HONGO (A)                 | CAJA PETRI                                                                          |                                                                                     | MICROSCOPIO (D)                                                                      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | LADO ANVERSO (B)                                                                    | LADO REVERSO (C)                                                                    |                                                                                      |
| <i>Aspergillus flavus</i> |  |  |  |
| <i>Aspergillus niger</i>  |  |  |  |

|                        |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspergillus ochraceus  |    |    |    |
| Fusarium circinatum    |    |    |    |
| Fusarium oxysporum I   |    |    |    |
| Fusarium oxysporum II  |   |   |   |
| Fusarium oxysporum III |  |  |  |
| Fusarium solani I      |  |  |  |
| Fusarium solani II     |  |  |  |
| Fusarium solani III    |  |  |  |



|                          |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Fusarium verticillioides |    |    |    |
| Penicillium chrysogenum  |    |    |    |
| Penicillium purpurogenum |    |    |    |
| Rhizomucor pusillus      |   |   |   |
| Rhizoctonia solani       |  |  |  |
| Trichoderma              |  |  |  |

**Fuente:** Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos podemos determinar que la carga microbiana en insectos del orden Coleóptera en el cultivo de banano se identificó que su cuerpo puede llevar en su cuerpo diversas especies de hongos asociados a los coleópteros, destacándose *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, y *Trichoderma*, entre otros. La presencia de estos hongos, especialmente los patógenos como *Fusarium oxysporum*, representa un riesgo significativo para la salud del cultivo, al estar relacionados con enfermedades como el mal

de Panamá y otros problemas que afectan la calidad del banano.

El picudo, al actuar como vector de estos microorganismos, no solo provoca daño mecánico a la planta, sino que facilita la propagación de enfermedades fúngicas que pueden generar pérdidas económicas importantes en la producción de banano. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la presencia de *Trichoderma*, un hongo biocontrolador, sugiere que, en ciertos casos, puede existir un equilibrio ecológico que permita el desarrollo de estrategias de control más sostenibles.

Los resultados indican que el manejo del picudo en las plantaciones de banano debe ser integral, considerando no solo el control del insecto como plaga, sino también la prevención de las enfermedades fúngicas que este puede transmitir. Este estudio resalta la necesidad de diseñar estrategias de manejo fitosanitario que minimicen la propagación de patógenos y promuevan prácticas agrícolas más sostenibles, contribuyendo a la protección de la producción bananera y a la seguridad de los consumidores.

## RECOMENDACIONES

Implementar monitoreo integrado mediante sistemas de vigilancia que permitan detectar de manera temprana la relación entre coleópteros e infecciones de *Fusarium* en plantaciones de banano.

Fomentar el control biológico promoviendo el uso de agentes como *Trichoderma* spp. para reducir la incidencia de *Fusarium* y minimizar el uso de productos químicos.

Capacitar a los productores a través de programas técnicos que les permitan identificar riesgos y adoptar prácticas sostenibles en el manejo de enfermedades del banano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, W. J. (2013). Uso de aislamientos de *Trichoderma* spp., para el control biológico de la enfermedad Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) raza 1 en vitroplántulas de banano del cultivar Gros Michael (AAA) y FHIA 17 (AAAA) en condiciones de invernadero.
- Bukomeko, H., Taulya, G., Schut, A. G. T., van de Ven, G. W. J., Kubiriba, J., & Giller, K. (2023). Evaluating combined effects of pesticide and crop nutrition (with N, P, K and Si) on weevil damage in East African Highland Bananas. *PLOS ONE*, 18(3), e0282493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282493>
- Caparros Megido, R., Desmedt, S., Blecker, C., Béra, F., Haubruge, É., Alabi, T., & Francis, F. (2017). Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. *Insects*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/insects8010012>
- Catambacan, D. G., & Cumagun, C. J. R. (2021). Weed-Associated Fungal Endophytes as Biocontrol Agents of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense TR4 in Cavendish Banana. *Journal of Fungi*, 7(3), 224. <https://doi.org/10.3390/jof7030224>
- Gold, C. S. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Integrated Pest Management Reviews*, 6(2), 79–155. <https://doi.org/10.1023/A:1023330900707>
- Japanis, F. G., Vetaryan, S., Raja, N. K. K., Mokhtar, M. A. A., & Fishal, E. M. M. (2022). The Impact of *Trichoderma* spp. on Agriculture and Their Identification. *Malaysian Applied Biology*, 51(6), 1–15. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v51i6.2198>
- Kannan, M., Padmanaban, B., Anbalagan, S., & Krishnan, M. (2022). A review on monitoring and Integrated management of Banana Pseudostem Weevil, *Odoiporus longicollis* Oliver (Coleoptera: Curculionidae) in India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 21–29. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00594-5>
- Kubicek, C., & Harman, G. (1998). *Trichoderma and Gliocladium*, Volume 1: Basic biology, taxonomy and genetics (CRC Press, Ed.; 1a ed.).
- Mascarin, G. M., Lopes, R. B., Delalibera, Í., Fernandes, É. K. K., Luz, C., & Faria, M. (2019). Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 165, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.001>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual* (1<sup>a</sup> ed.). Wiley-Blackwell. [https://www.researchgate.net/profile/Akhmad-Faisal-Malik/post/Does\\_the\\_color\\_of\\_Fusarium\\_oxysporum\\_grown\\_on\\_PDA\\_differ\\_in\\_pathogenicity/attachment/59d6358979197b8077993194/AS%3A384846854672384%401468766048129/download/THE+FUSARIUM+LABORATORY+MANUAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Akhmad-Faisal-Malik/post/Does_the_color_of_Fusarium_oxysporum_grown_on_PDA_differ_in_pathogenicity/attachment/59d6358979197b8077993194/AS%3A384846854672384%401468766048129/download/THE+FUSARIUM+LABORATORY+MANUAL.pdf)
- Lin, X., Zhou, X., Wang, F., Liu, K., Yang, B., Yang, X., Peng, Y., Liu, J., Ren, Z., & Liu, Y. (2012). A new cytotoxic sesquiterpene quinone produced by *Penicillium* sp. F00120 isolated from a deep sea sediment sample. *Marine Drugs*, 10(1), 106–115. <https://doi.org/10.3390/md10010106>
- Okolle, N. J., Ngosong, C., Nanganoa, L. T., & Dopgima, L. L. (2020). Alternatives to synthetic pesticides for the management of the banana borer weevil (*Cosmopolites sordidus*) (Coleoptera: Curculionidae). *CABI Reviews*. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202015026>
- Olivares, B. O., Rey, J. C., Perichi, G., & Lobo, D. (2022). Relationship of Microbial Activity with Soil Properties in Banana Plantations in Venezuela. *Sustainability*, 14(20), 13531. <https://doi.org/10.3390/su142013531>
- Puranik, S., Vyas, M., Byregowda, V. Y., Govindaraju, G. K., Gandham, K., & Damodaram, K. J. P. (2024). Bioprospecting the gut microbiome of major weevil pests of banana. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44(3), 1449–1458. <https://doi.org/10.1007/s42690-024-01201-z>
- Rozaliyani, A., Sedono, R., Sjam, R., Tugiran, M., Adawiyah, R., Setianingrum, F., Jusuf, A., Sungkar, S., Hagen, F., Meis, J. F., & Wahyuningsih, R. (2021). Molecular typing and antifungal susceptibility study of *Aspergillus* spp. In intensive care unit (ICU) patients in Indonesia. *Journal of Infection in Developing Countries*, 15(7), 1014–1020. <https://doi.org/10.3855/jidc.13135>



- Sikorowski, P. P., & Lawrence, A. M. (1994). Microbial Contamination and Insect Rearing. *American Entomologist*, 40(4), 240–253. <https://doi.org/10.1093/ae/40.4.240>
- Singh, V., Kumar, S., Lal, M., & Hooda, K. S. (2014). Cultural and morphological variability among *Rhizoctonia solani* isolates from trans-gangetic plains of India. *Research on Crops*, 15(3), 644–650. <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2014.01390.4>
- Tinzaara, W., Dicke, M., van Huis, A., & Gold, C. S. (2002). Use of infochemicals in Pest Management with Special Reference to the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 22(04), 241–261. <https://doi.org/10.1017/S1742758400020877>
- Visagie, C. M., Varga, J., Houbraken, J., Meijer, M., Kocsu-bé, S., Yilmaz, N., Fotedar, R., Seifert, K. A., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2014). Ochratoxin production and taxonomy of the yellow aspergilli (*Aspergillus* section *Circumdati*). *Studies in Mycology*, 78(1), 1–61. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.07.001>
- Were, E., Nakato, G. V., Ocimati, W., Ramathani, I., Olal, S., & Beed, F. (2015). The banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), is a potential vector of *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* in bananas. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 37(4), 427–434. <https://doi.org/10.1080/07060661.2015.1113444>
- Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjiar, N., Gupta, V. K., & Saxena, A. K. (2017). Biodiversity of the genus *penicillium* in different habitats. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Penicillium System Properties and Applications* (pp. 3–18). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63501-3.00001-6>