



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Determinación de vectores de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano (*Musas spp.*).

**LAZO DARQUEA FABIOLA KATHERINE
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SANCHEZ CARLOS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Determinación de vectores de enfermedades bacterianas y virosis
en el cultivo de banano (*Musas spp*).**

**LAZO DARQUEA FABIOLA KATHERINE
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SANCHEZ CARLOS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Determinación de vectores de enfermedades bacterianas y virosis
en el cultivo de banano (*Musas spp.*).**

**LAZO DARQUEA FABIOLA KATHERINE
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SANCHEZ CARLOS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

**MACHALA
2024**




5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet		
		www.scielo.org.mx	2%
2	Internet		
		dspace.utb.edu.ec	1%
3	Internet		
		cgspace.cgiar.org	1%
4	Internet		
		www.biocen.cu	1%
5	Internet		
		repositorio.unp.edu.pe	0%
6	Internet		
		repositorio.ug.edu.ec	0%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
8	Trabajos del estudiante	Universidad de Caldas	0%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, LAZO DARQUEA FABIOLA KATHERINE y ZAMBRANO SANCHEZ CARLOS ALBERTO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de vectores de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano (*Musas spp.*), otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



LAZO DARQUEA FABIOLA KATHERINE

0850799859



ZAMBRANO SANCHEZ CARLOS ALBERTO

0706364742

DEDICATORIA

A mis queridos padres y estimados profesores, en este momento de culminación de mis estudios universitarios, quiero dedicarles este logro con profundo agradecimiento y admiración. Vuestra incansable dedicación, apoyo inquebrantable y sabias enseñanzas han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso en este camino académico. A ustedes, mis padres, les debo mi gratitud eterna por su amor incondicional, sacrificio y constante aliento que me han permitido alcanzar esta meta. A mis profesores, les agradezco de corazón por su guía experta, inspiración y por desafiarme a superar mis límites. Cada lección aprendida y cada desafío superado han sido posibles gracias a su invaluable orientación. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes han sido mis pilares inquebrantables. ¡Gracias por creer en mí y por ser mi inspiración constante en este viaje académico!

AGRADECIMIENTO

Queridos padres y estimados profesores, en este momento de culminación de mis estudios universitarios, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional y dedicación a lo largo de este increíble viaje académico. Vuestra guía, paciencia y aliento han sido fundamentales para mi éxito y crecimiento personal. A mis padres, gracias por vuestro amor incondicional, sacrificio y constante motivación para alcanzar mis metas. A mis profesores, gracias por compartir vuestro conocimiento, inspiración y por desafiarme a alcanzar mi máximo potencial. Este logro no habría sido posible sin su influencia positiva en mi vida. Les estaré eternamente agradecido por creer en mí y por ser parte integral de mi camino hacia el éxito académico. ¡Gracias por todo!

DETERMINACIÓN DE VECTORES DE ENFERMEDADES BACTERIANAS Y VIROSIS EN EL CULTIVO DE BANANO MUSAS SPP.

Autores:

Lazo Darquea Fabiola Katherine

Zambrano Sánchez Carlos Alberto

Tutor:

Ing. Agr. José Nicasio Quevedo Guerrero

RESUMEN:

El estudio se llevó a cabo en un predio bananero del cantón El Guabo, con el objetivo de identificar los vectores responsables de la transmisión de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano. Se realizó un muestreo en el área de estudio, utilizando técnicas de recolección de insectos plaga, incluyendo métodos manuales y el uso de redes entomológicas. Los resultados obtenidos revelaron la presencia de varios insectos vectores, que se identificaron como portadores de patógenos que afectan la producción de banano. Se documentaron especies específicas de insectos del orden Coleóptera, Díptera y Hemíptera, que mostraron una correlación significativa con la incidencia de enfermedades en las plantas de banano. Se realizaron análisis de laboratorio para confirmar la presencia de bacterias y virus en las muestras recolectadas. Se documentaron un total de 31 aislamientos de insectos, de los cuales 16 fueron clasificados como Gram negativos y 10 como Gram positivos, indicando una diversidad de patógenos presentes. Se identificaron varias bacterias a partir de los aislamientos obtenidos de insectos vectores en el cultivo de banano. Entre ellas, *Acinetobacter sp.* fue aislada en los cultivos PR1 (-1) y PNG (-2) 9, presentando características morfológicas de cocobacilos gram-negativos que no fermentan lactosa; se detectó *Providencia sp.* y *Enterococcus sp.*, cada una observada en tres distintos aislamientos PR7 (-2) 1, PNP (-2) 1 y PNG (-2) 3; también se identificaron *Staphylococcus sp.* y *Burkholderia sp.* en dos aislamientos, mientras que *Dickeya chrysanthemi cf.*, *Klebsiella oxytoca cf.*, *Pseudomonas sp.*, *Proteus sp.*, *Streptococcus sp.* y *Achromobacter sp.* fueron identificadas en un solo tipo de aislamiento cada una. Además, se observó que la inoculación mecánica y la inoculación a través de insectos vectores resultaron en síntomas como el rayado clorótico y necrosamiento de nervaduras.

Palabras clave: Bacterias, Virus, Insectos vectores

DETERMINATION OF BACTERIAL DISEASE VECTORS AND VIRUSES IN THE BANANA CROP MUSAS SPP.

Authors:

Lazo Darquea Fabiola Katherine
Zambrano Sánchez Carlos Alberto

Tutor:

Ing. Agr. José Nicasio Quevedo Guerrero

ABSTRACT:

The study was carried out in a banana farm in El Guabo canton, with the objective of identifying the vectors responsible for the transmission of bacterial diseases and viruses in the banana crop. Sampling was carried out in the study area, using pest insect collection techniques, including manual methods and the use of entomological nets. The results obtained revealed the presence of several insect vectors, which were identified as carriers of pathogens affecting banana production. Specific insect species of the order Coleoptera, Diptera and Hemiptera were documented and showed a significant correlation with the incidence of diseases in banana plants. Laboratory analyses were performed to confirm the presence of bacteria and viruses in the collected samples. A total of 31 insect isolates were documented, of which 16 were classified as Gram negative and 10 as Gram positive, indicating a diversity of pathogens present. Several bacteria were identified from isolates obtained from insect vectors in the banana crop. Among them, *Acinetobacter sp.* was isolated in cultures PR1 (-1) and PNG (-2) 9, presenting morphological characteristics of gram-negative coccobacilli that do not ferment lactose; *Providencia sp.* and *Enterococcus sp.* were detected, each observed in three different isolates PR7 (-2) 1, PNG (-2) 1 and PNG (-2) 1, each observed in three different isolates PR7 (-2) 1, PNP (-2) 1 and PNG (-2) 3; *Staphylococcus sp.* and *Burkholderia sp.* were also identified in two isolates, while *Dickeya chrysanthemi cf.*, *Klebsiella oxytoca cf.*, *Pseudomonas sp.*, *Proteus sp.*, *Streptococcus sp.* and *Achromobacter sp.* were identified in only one isolate type each. In addition, it was observed that mechanical inoculation and inoculation through insect vectors resulted in symptoms such as chlorotic streaking and vein necrosis.

Key words: Bacteria, Viruses, Insect vectors

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Objetivos de estudio	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Origen del banano	11
2.2. Historia del Banano en el Ecuador	11
2.3. Producción de Banano	12
2.4. Clasificación Taxonómica del cultivo de banano	12
2.5. Enfermedades bacterianas en el cultivo de banano	12
2.5.1. Pudrición acuosa o pudrición blanda del pseudotallo y rizoma.....	13
2.5.2. Pudrición o Marchitez bacteriana (Moko/Bugtok disease).....	16
2.5.3. Enfermedad de la sangre del banano/ banana (blood disease).....	18
2.5.4. Mancha bacteriana del banano o Banana Xanthomonas Wilt (BXW).....	20
2.6. Enfermedades virales en el cultivo de banano	22
2.6.1. Virus del Bunchy Top (BBTV).....	23
2.6.2. Virus del mosaico de la bráctea (BBrMV).....	25
2.6.3. Virus del Mosaico del Plátano (CMV O BMV).....	27
2.6.4. Virus del Estriado del Banano (BSV).....	29
2.7. Vectores de transmisión de enfermedades	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1 Ubicación del área de estudio	32
3.2 Materiales	32
3.3 Métodos	33
3.3.1 Fase de campo.....	33
3.3.2 Fase de laboratorio.....	36
3.3.3. Pruebas diferenciales.....	38
3.3.4. Caracterización e identificación del agente causal.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
4.1 Descripción taxonómica de insectos capturados	41
4.2 Estadístico descriptivo de insectos capturados	42
4.3. Aislamiento y codificación	43
4.4. Prueba diferencial	45
4.4.1. Tinción de Gram.....	45

4.4.2. Crecimiento en medio McConkey	47
4.5. Caracterización e identificación del agente causal	48
4.5.1. Características culturales y morfológicas	48
4.5.2. Estadístico descriptivo de bacterias identificadas	50
4.5.3. Identificación de bacterias aisladas	51
4.6. Identificación de virus	56
5. CONCLUSIONES	59
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
7. ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del banano	12
Tabla 2: Descripción de enfermedades bacterianas en banano.	13
Tabla 3: Descripción de enfermedades virales en banano.....	23
Tabla 4: Vectores de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano	31
Tabla 5: Reactivos y equipos de laboratorio empleados en el estudio.	32
Tabla 6: materiales de campo usados en el estudio.	33
Tabla 7. Taxonomía de insectos del orden Coleóptera.....	41
Tabla 8. Taxonomía de insectos del orden Dermaptera, Hymenoptera, Diptera.....	42
Tabla 9. Tabla de estadístico descriptivo del Número de insectos capturados por cada Orden en los 3 Lotes.....	42
Tabla 10: Codificación de los aislamientos obtenidos de la captura de insectos en las plantas de banano.....	44
Tabla 11: Tinción Gram realizados a los aislamientos bacterianos obtenidos de la plantación de banano.....	46
Tabla 12: Características morfológicas de los aislamientos bacterianos aisladas en Banano. ...	48
Tabla 13. Tabla de estadístico descriptivo del Número de Bacterias identificadas por cada Orden en los 3 Lotes.....	50
Tabla 14: Identificación de síntomas y enfermedades ocasionadas por virus en plantas inoculadas.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sintomatología de pudrición blanda por <i>Pectobacterium chrysanthemi</i> en el cultivo de banano:	15
--	----

Figura 2. Sintomatología de moko en planta joven.....	18
Figura 3. Síntomas de enfermedades de la sangre causadas por <i>Ralstonia syzygii</i> subsp. Celebesensis:	20
Figura 4. A) Marchitez ocasionado por <i>X. campestris</i> pv. musacearum, B) y C) Exudados amarillentos en pseudotallo y raquis de plátano	22
Figura 5. A) Síntomas típicos de Banana bunchy top virus:	25
Figura 6. Síntomas causados por BBrMV:.....	27
Figura 7. Síntomas causados por CMV:.....	28
Figura 8. Síntomas causados por BSV:.....	30
Figura 9. Ubicación georreferenciada del área de estudio	32
Figura 10. Captura in situ de insectos plaga:.....	34
Figura 11. Colocación de Plantas para inoculación	34
Figura 12. A) Planta infectada con virosis; B) Inoculación Mecánica; C) Inoculación por insectos Vectores.....	35
Figura 13. Identificación morfológica de insectos.	36
Figura 14. Aislamiento y purificación de bacterias.....	38
Figura 15. Observación bajo microscopio, muestra: Picudo rayado.....	39
Figura 16. Promedio de insectos capturados en cada Orden por Lote.	43
Figura 17. Crecimiento y desarrollo de los aislamientos bacterianos	45
Figura 18. Prueba de tinción de Gram para determinar bacterias Gram positivas o negativas.	45
Figura 19. Gráfico de tinción de Gram.	47
Figura 20. Colonias de bacterias en agar MacConkey:	48
Figura 21. Promedio de identificación de Bacterias en cada Orden por Lotes.	50
Figura 22. Gráfico de Bacterias identificadas en cada aislamiento.....	56
Figura 23. Gráfico de identificación de virus en plantas inoculadas.....	58

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es una actividad agrícola crucial en muchas regiones tropicales, especialmente en Ecuador, donde juega un papel significativo en la economía y en la creación de empleo rural. Sin embargo, la productividad de estos cultivos se ve constantemente amenazada por diversas enfermedades bacterianas y virales. Estas enfermedades no solo reducen el rendimiento y la calidad del banano, sino que también tienen un fuerte impacto en la estabilidad económica y laboral de las áreas productoras (Heslop-Harrison & Schwarzacher, 2022).

En Ecuador, enfermedades bacterianas como la marchitez por *Ralstonia solanacearum* (moko del banano) han sido reportadas como una amenaza significativa para los productores. Este patógeno puede ser transmitido por insectos, herramientas agrícolas contaminadas y agua de riego, lo que facilita su dispersión en las plantaciones. Investigaciones recientes han subrayado la importancia de una vigilancia constante y la implementación de medidas de control integradas para mitigar la propagación de esta enfermedad (Jiménez et al., 2019; Castro & Ortiz, 2020).

Además de las enfermedades bacterianas, las virosis, tales como el Banana bunchy top virus (BBTV) y el Banana streak virus (BSV), también afectan gravemente a las plantaciones de banano en Ecuador. Estos virus son transmitidos por áfidos y cochinillas, que actúan como vectores principales. Estudios recientes han avanzado en la comprensión de la biología y ecología de estos vectores, proporcionando bases para el desarrollo de estrategias de manejo más efectivas (Ramírez et al., 2021; Morales & Paredes, 2022).

Los principales insectos considerados plaga o vectores que transmiten enfermedades son: Afidos (*Aphis gossypii*, *Rhopalosiphum maydis*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum pisi*, *Rhopalosiphum prunifoliae*); cochinillas (*Planococcus citri* *Pseudococcus* sp); y nematodos (*Helicotylenchus* sp. *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp). Transmisores en mayor parte de virus como el Virus del Mosaico del Pepino (CMV), el Virus del Estriado del Banano (BSV), Virus del mosaico de la bráctea (BBrMV) y Virus del bunchy top (BBTV). Y en menor parte de

bacterias del genero *Pseudomonas* o *Ralstonia* (Fernández et al, 2021; Rivas y Rosales, 2003 Aguilar et al, 2021; Blomme et al, 2017; Rivas y Rosales, 2003; Mitchell y Gordon, 1966).

Los vectores de estas enfermedades, que son organismos que transmiten patógenos de una planta a otra, son esenciales en la propagación de infecciones bacterianas y virales en los cultivos de banano (FAO, 2023). Controlar estos vectores de manera efectiva es fundamental para mantener la salud de los cultivos de banano y garantizar la sostenibilidad de la producción.

La identificación temprana de los vectores y la implementación de medidas preventivas pueden prevenir brotes significativos de enfermedades y reducir las pérdidas económicas asociadas. El monitoreo regular de los cultivos permite detectar la presencia de vectores antes de que alcancen niveles perjudiciales, facilitando una respuesta rápida y efectiva (Heslop-Harrison & Schwarzacher, 2022).

Se han implementado diversas estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que combinan métodos biológicos, culturales, mecánicos y químicos para controlar los vectores. Estas estrategias incluyen el uso de variedades de banano resistentes a enfermedades, la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles y el monitoreo constante de las poblaciones de vectores (Meier-Stephenson et al., 2024). Por ejemplo, el uso de insecticidas biológicos y la introducción de enemigos naturales de los vectores han demostrado ser métodos efectivos para reducir la incidencia de enfermedades en los cultivos de banano (Ortiz & Torres, 2020).

1.1. Objetivos de estudio

Objetivo General:

Determinar los insectos vectores de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano.

Objetivos Específicos:

- Capturar y clasificar los insectos vectores de transmisiones de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano.
- Identificar las enfermedades bacterianas que transmiten cada uno de los insectos vectores.
- Determinar los insectos vectores de virosis en el cultivo de banano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del banano

El origen del banano no está completamente definido. Según el antropólogo Dr. Herbert Spiden, es probable que el banano comestible se originara en las regiones tropicales del sur de Asia, incluyendo el noreste de India, Birmania, Camboya, partes del sur de China, y grandes islas como Sumatra, Java, Borneo, Filipinas y Formosa. En estos lugares existen variedades silvestres sin semillas del verdadero banano de consumo doméstico. La actividad bananera ha seguido una cronología histórica desde 1516, cuando se introdujo en varios lugares del continente, incluyendo Centroamérica y las costas de Colombia (James, 2009).

Evidencias sugieren que el banano fue una de las primeras plantas domesticadas por el ser humano, hace unos 10,000 años A.C. Desde la era neolítica, existe una variedad silvestre en la jungla africana conocida como *Musa acuminata*. Los bananos sin semillas actuales, con alrededor de 2000 años, surgieron de una mutación en alguna planta. Desde su domesticación, el banano se reproduce mediante brotes del rizoma, llamados hijuelos, lo que resulta en plantas clonadas de sus antecesores y presenta poca variabilidad genética (Silva, 2019).

2.2. Historia del Banano en el Ecuador

Desde finales de los años 1940, la producción de banano se convirtió en una forma de escapar de la recesión económica de los años treinta, bajo el gobierno de Galo Plaza y con la asesoría de la United Fruit Company. Aprovechando una coyuntura internacional favorable y las ventajas comparativas del país, como la productividad del suelo, el boom bananero benefició a grupos económicos de nivel medio, a diferencia del auge cacaotero que favoreció a las élites. Este crecimiento se basó en la mediana propiedad, aumentando la masa asalariada y potenciando la urbanización desde 1950 (Sudaka, 2006).

Entre 1948 y 1950, Clemente Yerovi fue Ministro de Economía en el gobierno de Galo Plaza Lasso, impulsando la exportación de banano y convirtiendo a Ecuador en el primer exportador de banano en el mundo. Tras un periodo de inestabilidad política, Plaza buscaba aumentar la producción del país y lograr un crecimiento económico. Cuando Plaza asumió el poder en 1948, Ecuador exportaba 3.8 millones de racimos de banano. Para 1952, la exportación aumentó a 16.7 millones de racimos, lo que representó un crecimiento del 421% (Mendoza, 2016).

2.3. Producción de Banano

Las provincias con el mayor rendimiento de banano para la exportación por hectárea en Ecuador son Los Ríos, Guayas y El Oro. Según datos de 2010, a nivel nacional se produjeron 3.41 toneladas de rechazo y residuo de banano por hectárea de cultivo. En términos provinciales, Los Ríos lidera con 7.71 toneladas, seguido por Cañar con 5.16 toneladas, Guayas con 4.50 toneladas y El Oro con 4.48 toneladas. Además, el 39% de la producción de banano se origina en la provincia de Los Ríos, seguida por Guayas con el 27% y El Oro con el 25%. En cuanto a la venta de banano para la exportación, el 38% proviene de Los Ríos, el 28% de Guayas y el 25% de El Oro (Gonzabay, 2017).

2.4. Clasificación Taxonómica del cultivo de banano

Tabla 1. Clasificación taxonómica del banano

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Zingiberales</i>
Familia:	<i>Musaceae</i>
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	<i>Paradisiaca</i>
Nombre Científico:	<i>Musa × paradisiaca.</i>

Fuente: (Gómez, 2017)

2.5. Enfermedades bacterianas en el cultivo de banano

Las bacterias son responsables de diversos tipos de enfermedades, siendo los marchitamientos vasculares los más destacados (Thwaites et al., 2000). A excepción de Filipinas, la enfermedad del Moko, causada por la raza 2 de *Ralstonia solanacearum*, está confinada al hemisferio occidental. Esta enfermedad ha erradicado a la variedad 'Bluggoe' (ABB), altamente susceptible, en varias áreas productoras de esta región.

En contraste, la enfermedad sanguínea, causada por una especie de *Ralstonia* (posiblemente *solanacearum*), se encuentra en el hemisferio oriental, limitada a unas pocas islas del archipiélago indonesio. Ambas enfermedades, Moko y sanguínea, presentan síntomas similares en los bananos y son transmitidas por insectos voladores. Recientemente, *Xanthomonas campestris* pv. *musarum*, patógeno responsable del marchitamiento bacteriano en

ensete, ha sido vinculado a una devastadora epidemia de bananos en Uganda (Thwaites et al., 2000; Tushemereirwe et al., 2003; Eden-Green, 2004).

Además, una podredumbre de la fruta llamada Bugtok, causada por *R. solanacearum*, está restringida a Filipinas. Aunque menos importantes, las podredumbres del rizoma y del pseudotallo, causadas por *Erwinia spp.*, están más ampliamente distribuidas (Thwaites et al., 2000).

Las principales enfermedades bacterianas presente en el cultivo de banano son las siguientes:

Tabla 2: Descripción de enfermedades bacterianas en banano.

Bacteria	Enfermedad	Descripción
<i>Erwinia spp.</i> = <i>Pectobacterium spp.</i> <i>Pectobacterium chrysanthemi</i> <i>P. carotovorum subsp. Carotovorum</i> <i>Dickeya paradisiaca formerly</i>	Pudrición acuosa o pudrición blanda del pseudotallo y rizoma	Reducción de crecimiento del pseudotallo, pudrición necrótica y blanda en las brácteas externas y rizoma.
<i>Ralstonia solanacearum</i> Raza 2	Pudrición o Marchitez bacteriana (Moko/Bugtok disease)	Maduración prematura de la fruta y decoloración, decoloración del pseudotallo, decoloración de la pulpa de la fruta y del tallo/raquis del racimo.
<i>Ralstonia syzygii subsp. celebensis</i>	Enfermedad de la sangre del banano/ banana blood disease	Amarillamiento y marchitez de las hojas y la pulpa del fruto, y decoloración del tallo y raquis.
<i>Xanthomonas campestris pv. musacearum</i> , recientemente descubierta como: <i>Xanthomonas vasicola pv. musacearum</i> .	Mancha bacteriana del banano o Banana Xanthomonas Wilt (BXW)	Rápida clorosis y marchitamiento de hojas jóvenes, además de la decoloración vascular. Característico exudado amarillo. No confundir con <i>R. solanacearum</i>

Fuente: Fernández et al, (2021); Aguilar et al, (2021); Blomme et al, (2017); Rivas y Rosales, (2003); Mitchell y Gordon, (1966).

2.5.1. Pudrición acuosa o pudrición blanda del pseudotallo y rizoma

▪ Antecedentes

Históricamente, *Erwinia spp.* ha sido identificado como un grupo de bacterias fitopatógenas de gran relevancia en la agricultura. Sin embargo, investigaciones recientes han resultado en la reclasificación de algunas especies de *Erwinia* bajo el género *Pectobacterium*, mientras que otras se han clasificado dentro de *Dickeya*. Esta nueva clasificación se basa en

análisis genómicos y fenotípicos más detallados (Toth et al., 2021). Entre estas especies reclasificadas, destacan *Pectobacterium chrysanthemi* y *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*.

- **Agente causal**

Pectobacterium chrysanthemi y *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* son bacterias gramnegativas responsables de enfermedades en una gran variedad de plantas. Estas bacterias pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y son conocidas por su capacidad para producir enzimas pectinolíticas que descomponen las paredes celulares de las plantas, causando enfermedades como la pudrición blanda (Charkowski, 2018).

- **Transmisión**

La diseminación de estas bacterias puede ocurrir por varios medios, tales como el agua, el suelo, herramientas contaminadas y material vegetal infectado. Las condiciones de alta humedad, temperaturas cálidas y vectores como insectos y nematodos favorecen la propagación de la enfermedad (Toth et al., 2021).

- **Sintomatología**

Pectobacterium spp. se manifiestan a través de lesiones húmedas y blandas en los tejidos vegetales, que eventualmente se convierten en áreas necróticas. La enfermedad puede presentarse como pudrición blanda en tubérculos, tallos y hojas, acompañada de un olor fétido característico debido a la descomposición de los tejidos vegetales (Czajkowski et al., 2019).

- **Histopatología**

La infección comienza cuando las bacterias se adhieren a la superficie de la planta, penetrando a través de heridas o aberturas naturales. Una vez dentro, las bacterias secretan enzimas que descomponen la pectina de las paredes celulares, provocando la maceración de los tejidos vegetales. Esta degradación libera nutrientes que facilitan el crecimiento y la propagación de las bacterias (Mansfield et al., 2012).

- **Ciclo de la Enfermedad**

El ciclo de la enfermedad comienza cuando las bacterias encuentran un huésped susceptible. Las condiciones ambientales favorables promueven la multiplicación y dispersión

de las bacterias. Después de la colonización y la aparición de síntomas, las bacterias pueden sobrevivir en restos vegetales, en el suelo y en hospedadores alternativos, esperando condiciones propicias para reiniciar el ciclo (Ma et al., 2007).

- **Control**

El manejo incluye métodos culturales, químicos y biológicos. La rotación de cultivos y la eliminación de restos vegetales infectados son fundamentales para reducir la inoculación inicial. El uso de variedades resistentes y la aplicación de bactericidas pueden ser efectivas. Además, el uso de agentes de control biológico, como bacteriófagos y antagonistas microbianos, ha mostrado potencial en el control de estas enfermedades (Czajkowski et al., 2019).

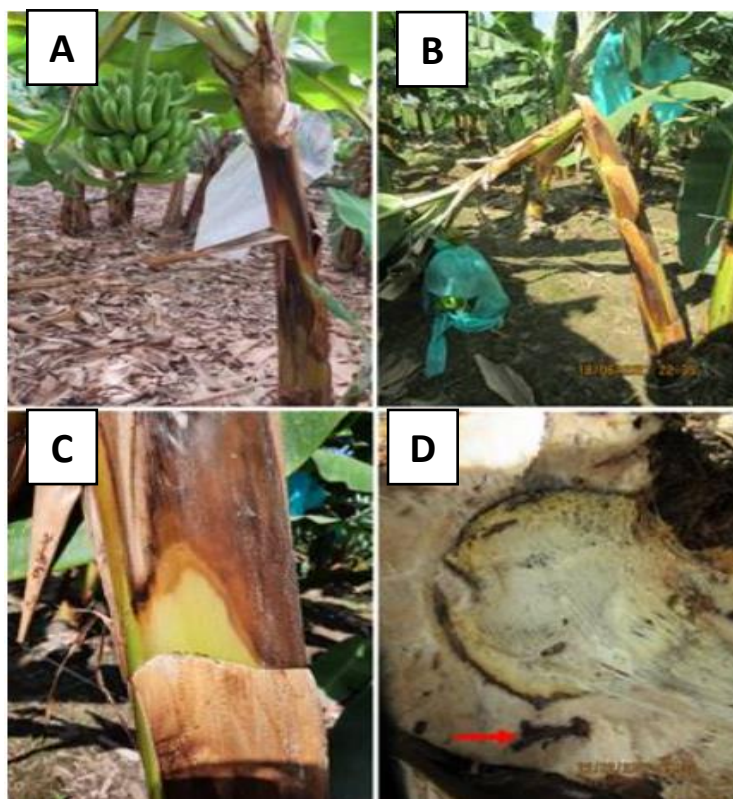


Figura 1. Sintomatología de pudrición blanda por *Pectobacterium chrysanthemi* en el cultivo de banano:

A) diámetro del fuste muy reducido y racima pequeña; B) ruptura del pseudotallo; C) pudrición necrótica y blanda en las capas externas del pseudotallo; D) pudrición acuosa en el del rizoma, daño del picudo (flecha roja)

Fuente: (Aguilar et al., 2021).

2.5.2. Pudrición o Marchitez bacteriana (Moko/Bugtok disease)

- **Antecedentes**

El moko del plátano es una enfermedad que provoca el marchitamiento de las plantas. En 1840, esta enfermedad causó grandes pérdidas en Guyana y, a finales del siglo XIX, devastó casi por completo el cultivar Moko en Trinidad. La propagación de la enfermedad en América Central estuvo inicialmente vinculada al desarrollo de plantaciones comerciales en Honduras, Panamá y Costa Rica. En América Latina, el moko del plátano se ha detectado en países como Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Granada, Nicaragua, Panamá, Surinam, Venezuela, Brasil, Perú, Guatemala, Honduras, Jamaica y el sureste de México (Álvarez et al., 2013).

- **Agente causal**

El moko del plátano es provocado por la raza 2 de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, que ha demostrado una considerable diversidad genética, lo que ha llevado a su clasificación como el complejo de especies de *R. solanacearum* (RSSC, por sus siglas en inglés) (Fegan y Prior, 2005). Este patógeno pertenece al filotipo II, equivalente a la división 2, y abarca aislamientos clasificados en las biovars 1, 2 y 2T, siendo principalmente encontrados en América.

- **Transmisión**

La transmisión de *R. solanacearum* puede ocurrir de diversas maneras. El agua es uno de los principales medios de dispersión, facilitando la propagación de la bacteria a través del riego o inundaciones. Además, la bacteria puede ser transmitida mediante herramientas contaminadas, suelo infectado y material vegetal. Los insectos también juegan un papel crucial en la diseminación de la enfermedad, actuando como vectores que facilitan la transmisión de planta a planta (Hayward, 2020).

- **Sintomatología**

Los síntomas del moko son similares a los del mal de Panamá, ya que ambas enfermedades provocan marchitamiento vascular y decoloración de los vasos vasculares. En las plantas jóvenes, tras la infección en las raíces, los síntomas del moko son característicos: las

hojas más jóvenes, de la primera a la tercera, se tornan verde amarillentas y eventualmente colapsan en o justo por encima de la unión del pecíolo y la lámina (Álvarez et al., 2013).

Las hojas más viejas también se marchitan y colapsan rápidamente. Cuando la infección se produce a través de heridas hechas por herramientas contaminadas usadas para la poda, los hijuelos se ennegrecen y se achaparran en un período de 2 a 4 semanas, pudiendo desarrollar una hoja que se expande y luego se marchita (Álvarez et al., 2013).

El síntoma más distintivo del moko, tras la invasión de razas transmitidas por insectos a través del pedúnculo, es el ennegrecimiento de la flor masculina (perilla), que detiene su desarrollo y puede exudar gotas de bacteria. La fruta puede volverse amarilla y su cáscara puede agrietarse. Al cortar la fruta, la pulpa presenta una pudrición firme de color café, que eventualmente se torna gris (Álvarez et al., 2013).

▪ **Histopatología**

La infección por *R. solanacearum* comienza cuando la bacteria entra a través de las raíces, ya sea por heridas o por aperturas naturales. Una vez dentro del sistema vascular, la bacteria coloniza los vasos xilemáticos, donde se multiplica y se mueve hacia arriba en la planta. Esto provoca una obstrucción del flujo de agua y nutrientes, resultando en los síntomas característicos de marchitez y colapso de la planta (Álvarez et al., 2019).

▪ **Ciclo de la enfermedad**

El ciclo de la enfermedad de *R. solanacearum* inicia con la introducción de la bacteria en el suelo o en el agua. La bacteria puede sobrevivir en el suelo durante largos períodos y se introduce en las plantas a través de las raíces. Después de colonizar los vasos xilemáticos, la bacteria se multiplica y se disemina, causando síntomas de marchitez y colapso. La bacteria puede liberarse al ambiente a través de exudados bacterianos, reiniciando el ciclo de infección (Hayward, 2020).

▪ **Control**

En plantaciones afectadas por el moko, es fundamental implementar programas continuos de inspección de plantas y erradicación, así como la desinfección regular de herramientas de poda o deshije. La detección temprana de la enfermedad es crucial, junto con la desinfección rigurosa de las herramientas y la destrucción con herbicidas de las plantas

enfermas y las que las rodean. Las plantas tratadas deben permanecer en el campo (Álvarez et al., 2013).

Además, se debe retirar la flor masculina o perilla después de que haya emergido la última "mano" femenina. En plantaciones donde los productores son reacios a adoptar estas prácticas, el moko puede aparecer de manera epidémica (Álvarez et al., 2013).



Figura 2. Sintomatología de moko en planta joven

Fuente: (Sotomayor, 2014).

2.5.3. Enfermedad de la sangre del banano/ banana (blood disease)

La enfermedad de la sangre del banano, conocida como "Banana Blood Disease" (BBD), es una amenaza importante para la producción de banano en diversas regiones del mundo. Esta enfermedad es especialmente preocupante debido a su capacidad para destruir plantaciones enteras, afectando tanto a pequeños agricultores como a grandes productores.

- **Antecedentes**

La BBD se reportó por primera vez en Indonesia en la década de 1960 y ha sido un problema recurrente en varias regiones del sudeste asiático desde entonces (Sundararaj et al., 2020). En las últimas décadas, la enfermedad ha ganado atención debido a su rápida propagación y al impacto devastador en la producción de banano a nivel mundial.

- **Agente causal**

La bacteria *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* es la responsable de la BBD. Esta bacteria pertenece al grupo de las Proteobacteria y es altamente patogénica para diversas variedades de banano, incluidas las de gran importancia económica (Aritonang et al., 2019).

- **Transmisión**

La BBD se transmite principalmente a través de heridas en las plantas, las cuales pueden ser causadas por prácticas agrícolas, herramientas contaminadas o insectos vectores. Además, el riego y el movimiento de plantas infectadas contribuyen a la diseminación de la enfermedad (Firman et al., 2021).

- **Sintomatología**

Los síntomas de la BBD incluyen el marchitamiento de las hojas, decoloración vascular de color rojo oscuro (de ahí el nombre "sangre del banano") y la muerte eventual de la planta. Las plantas infectadas también presentan un exudado bacteriano rojo cuando se cortan, lo que es un indicio distintivo de la infección (Putra et al., 2020).

- **Histopatología**

Histológicamente, la infección por *R. syzygii* subsp. *celebesensis* se caracteriza por la obstrucción del tejido vascular, especialmente en el xilema, debido a la acumulación de la bacteria y la respuesta defensiva de la planta. Esta obstrucción impide el transporte de agua y nutrientes, lo que resulta en los síntomas observados (Chao et al., 2020).

- **Ciclo de la enfermedad**

El ciclo de la BBD comienza con la entrada de la bacteria a través de heridas. Una vez dentro del sistema vascular, la bacteria se multiplica rápidamente y se disemina a otras partes de la planta. La propagación a plantas cercanas ocurre a través de la dispersión de bacterias por el suelo, agua o insectos vectores. Las plantas infectadas eventualmente mueren, lo que facilita la liberación de más bacterias al entorno (Supriadi et al., 2019).

- **Control**

El control de la BBD requiere una combinación de estrategias culturales, químicas y biológicas. Entre las prácticas culturales se incluyen la eliminación y destrucción de plantas infectadas, el uso de herramientas esterilizadas y la implementación de barreras físicas para evitar la propagación. Los tratamientos químicos han sido limitados debido a la naturaleza sistémica de la bacteria y la dificultad para alcanzar todas las áreas infectadas de la planta. Los enfoques biológicos, como el uso de bacteriófagos y microorganismos antagonistas, están siendo investigados con resultados prometedores (Herawati et al., 2020).

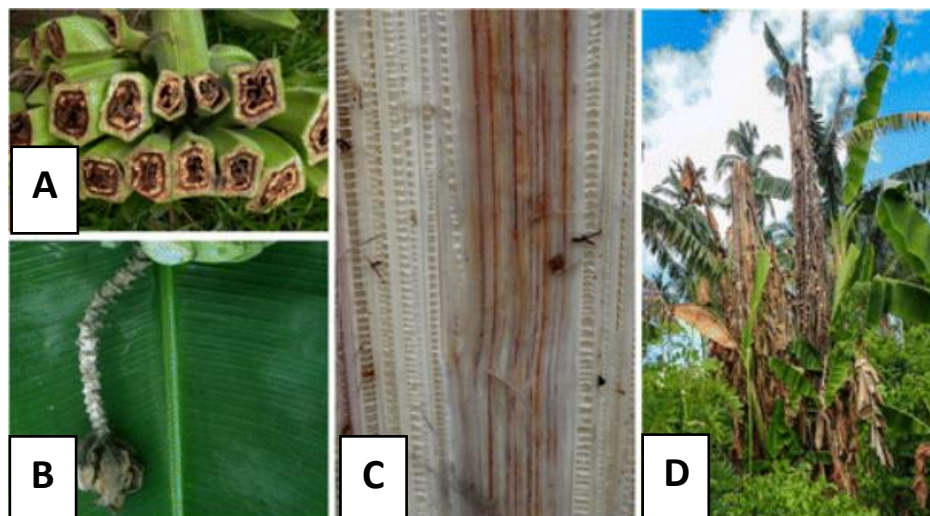


Figura 3. Síntomas de enfermedades de la sangre causadas por *Ralstonia syzygii* subsp. *Celebesensis*:

A) Racimo de plátano cortado por la mitad con una coloración marrón rojiza característica de la pulpa; B) El raquis y la flor masculina están arrugados y descoloridos; C) Sección longitudinal del pseudotallo con decoloración marrón rojiza de las hebras vasculares en el núcleo; D) Síntomas de marchitamiento observados en las etapas avanzadas de la enfermedad.

Fuente: (Rincón et al., 2022).

2.5.4. Mancha bacteriana del banano o Banana Xanthomonas Wilt (BXW)

- **Antecedentes**

La BXW se detectó por primera vez en Etiopía durante la década de 1960 y, desde entonces, se ha extendido a otros países africanos como Uganda, Tanzania, Ruanda y Burundi (Nakato et al., 2019). La rápida propagación de esta enfermedad y su efecto devastador en la producción de banano han aumentado la atención y los esfuerzos de investigación en las últimas décadas.

- **Agente causal**

La bacteria *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum* es la causante de la BXW. Esta bacteria pertenece al grupo de las Proteobacteria y es altamente patogénica para varias variedades de banano, incluidas las de gran importancia económica (Aritonang et al., 2021).

- **Transmisión**

La BXW se transmite principalmente a través de heridas en las plantas, causadas por prácticas agrícolas, insectos vectores y herramientas contaminadas. Además, el riego y el movimiento de plantas infectadas también facilitan la diseminación de la enfermedad (Ocimati

et al., 2019). Las abejas y otros insectos polinizadores también juegan un papel crucial en la transmisión de esta bacteria (Mwebaze et al., 2021).

- **Sintomatología**

Los síntomas de la BXW incluyen el marchitamiento de las hojas, la aparición de estrías amarillas en el follaje y la muerte eventual de la planta. Las plantas infectadas también muestran una decoloración amarilla de los tejidos internos y un exudado bacteriano de color amarillento cuando se cortan los pseudotallos (Tripathi et al., 2022).

- **Histopatología**

La infección por *X. vasicola* pv. *musacearum* se caracteriza histológicamente por la invasión del tejido vascular, especialmente el xilema, lo que causa la obstrucción del flujo de agua y nutrientes. Esta obstrucción resulta de la proliferación de la bacteria y la respuesta defensiva de la planta, produciendo los síntomas observados (Wasukira et al., 2020).

- **Ciclo de la enfermedad**

El ciclo de la BXW comienza con la entrada de la bacteria a través de heridas en la planta. Una vez dentro del sistema vascular, la bacteria se multiplica rápidamente y se disemina a otras partes de la planta. La propagación a plantas cercanas ocurre a través de la dispersión de bacterias por el suelo, el agua, los insectos vectores y herramientas contaminadas. Las plantas infectadas eventualmente mueren, liberando más bacterias al entorno y perpetuando el ciclo de infección (Mbaka et al., 2021).

- **Control**

El control de la BXW implica una combinación de estrategias culturales, químicas y biológicas. Las prácticas culturales incluyen la eliminación y destrucción de plantas infectadas, el uso de herramientas esterilizadas y la implementación de barreras físicas para evitar la propagación de la enfermedad. Los tratamientos químicos han sido limitados debido a la naturaleza sistémica de la bacteria y la dificultad para alcanzar todas las áreas infectadas de la planta. Los enfoques biológicos, como el uso de bacteriófagos y microorganismos antagonistas, están siendo investigados con resultados prometedores (Kubiriba et al., 2020).

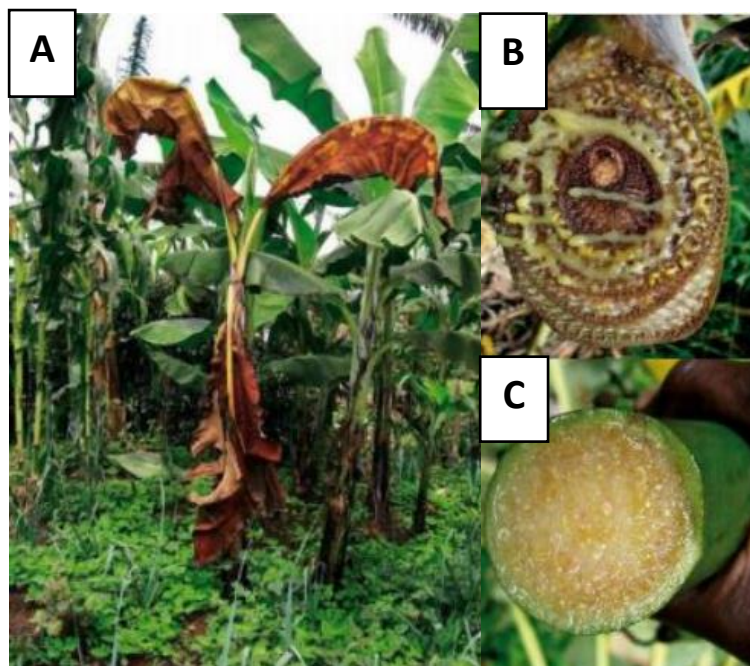


Figura 4. A) Marchitez ocasionado por *X. campestris* pv. *musacearum*, B) y C) Exudados amarillentos en pseudotallo y raquis de plátano

Fuente: (Senasica, 2016).

2.6. Enfermedades virales en el cultivo de banano

Existen cuatro enfermedades importantes del banano causadas por virus (Jones, 2000; Ploetz et al., 2003a). La enfermedad más dañina es el bunchy top, que puede resultar en pérdidas totales si no se diagnostica temprano y no se mantiene un estricto saneamiento. El mosaico de las brácteas, causado por el virus del mosaico de las brácteas del banano (BBMV), tiene una distribución más limitada en el este y es menos destructivo que el bunchy top.

En contraste, el rayado del banano, causado por el virus del rayado del banano (BSV), y el mosaico del banano, causado por el virus del mosaico del pepino (CMV), se encuentran en la mayoría de las áreas de cultivo de banano. Por lo general, estos virus causan daños menores, aunque existen cepas severas de cada uno de ellos. Antes de la descripción del BSV y el rayado (Lockhart, 1986), los síntomas de rayado a menudo se confundían con los del mosaico (Stover, 1972; Wardlaw, 1961).

Las principales enfermedades virales presentes en el cultivo de banano son las siguientes:

Tabla 3: Descripción de enfermedades virales en banano.

Virus	Enfermedad	Descripción
<i>Cucumovirus</i>	Virus del mosaico del plátano (BMV) Virus del Mosaico del Pepino (CMV)	Clorosis intervenal y en casos graves pudrición de la parte interna de la hoja y el cilindro central. Las plantas quedan achaparradas y se afecta la calidad de la fruta.
Género <i>Bandavirus</i> , familia <i>Caulimoviridae</i>	Virus del Estriado del Banano (BSV)	Clorosis intervenal tipo mosaico, líneas separadas y patrones en forma de diamante a lo largo de las venas. Con la edad, el tejido foliar afectado se torna progresivamente de color oscuro, y eventualmente llega a ser negro o café oscuro.
Familia Nanoviridae Genero Babuvirus sp.	Virus del bunchy top (BBTV)	Clorosis marginal en hojas, se achaparran y dan la apariencia de un amacollamiento en la parte superior de la planta. De este último síntoma proviene el nombre de "bunchy top". Cuando las plantas son infectadas desde pequeñas, el racimo no emerge y si lo hace, la fruta no es de buena calidad
Grupo Potivirus	Virus del mosaico de la bráctea (BBrMV)	Los síntomas en los pecíolos se dan como puntos o estrías amarillentas. El síntoma típico es un mosaico característico en las brácteas florales y que también en algunos casos se puede observar en los frutos

Fuente: Manzo et al. (2014); Garrido et al, (2005); Rivas y Rosales, (2003).

2.6.1. Virus del Bunchy Top (BBTV)

▪ Antecedentes

El virus del bunchy top es la enfermedad viral más importante que afecta al cultivo del plátano, causando graves daños en las plantaciones. Fue documentada por primera vez en la isla de Fiyi en 1879 y tuvo un impacto devastador en la industria platanera de Australia en la década de 1920, prácticamente eliminándola (Staiton et al., 2015). El BBTV se ha extendido por el Pacífico Sur, Asia y África, pero hasta la fecha no se ha detectado en México ni en otras regiones productoras de plátano en América Latina y el Caribe.

▪ Agente causal

El virus responsable del bunchy top pertenece a la familia Nanoviridae y al género Babuvirus. Este virus tiene un genoma compuesto por seis componentes, cada uno con aproximadamente 1000 nucleótidos de longitud, denominados DNA-R, DNA-U3, DNA-S,

DNA-M, DNA-C y DNA-N (anteriormente conocidos como DNA-1 a DNA-6, respectivamente, según King et al., 2012). El BBTV se transmite de manera persistente a través del pulgón negro del banano, *Pentalonia nigronervosa* Coq. (Thomas & Iskra-Caruana, 2000). Aunque el BBTV no se propaga por savia, puede transmitirse mediante cormos, hijuelos y plantas producidas por cultivo de tejidos (Thomas et al., 1995). Todas las especies de musáceas son susceptibles al BBTV.

- **Transmisión**

El BBTV es transmitido principalmente por el pulgón del banano (*Pentalonia nigronervosa*). Este insecto se alimenta de la savia de plantas infectadas y transmite el virus a plantas sanas durante su alimentación. Además, el virus puede propagarse a través del uso de material vegetal infectado para la siembra (Anitha et al., 2019).

- **Sintomatología**

Los primeros signos de infección por el BBTV aparecen como estrías y puntos de color verde oscuro en las hojas y pecíolos. Luego, las hojas desarrollan clorosis marginal, su crecimiento se restringe, se vuelven achaparradas y erectas, y la parte superior de la planta adquiere un aspecto de "bunchy top". En plantas infectadas tempranamente, el racimo no emerge correctamente, y si lo hace, la fruta es de mala calidad. Esta desorganización del crecimiento se debe a que el virus afecta las células del floema, que se reproducen de manera excesiva y desorganizada (Staiton et al., 2015).

- **Histopatología**

Histopatológicamente, el BBTV causa alteraciones en las células del floema de la planta, como la acumulación de proteínas virales en los plasmalemas y la destrucción de los elementos conductores. Esto resulta en un transporte ineficiente de nutrientes y agua, contribuyendo a los síntomas característicos de la enfermedad (Rajamäki et al., 2018).

- **Ciclo de la Enfermedad**

El ciclo de la enfermedad del BBTV comienza cuando los pulgones vectores adquieren el virus al alimentarse de plantas infectadas. El virus se replica dentro del insecto y es transmitido a plantas sanas durante su alimentación. Dentro de la planta, el virus se mueve sistemáticamente a través del floema, infectando nuevas áreas y perpetuando el ciclo de la enfermedad (Thwaites et al., 2022).

- **Control**

Las cuarentenas son la estrategia principal para evitar la introducción del BBTV en áreas libres de esta enfermedad. En regiones afectadas, se recomienda usar material vegetativo libre de virus para nuevas plantaciones. La eliminación de plantas infectadas, que sirven como fuentes de inóculo, es crucial. También se deben restringir el movimiento y uso de material de plantación, realizar inspecciones regulares en las plantaciones afectadas y promover programas educativos y de extensión para los productores. Estas medidas son esenciales para manejar la enfermedad en las áreas donde está presente (Thomas & Iskra-Caruana, 2000).

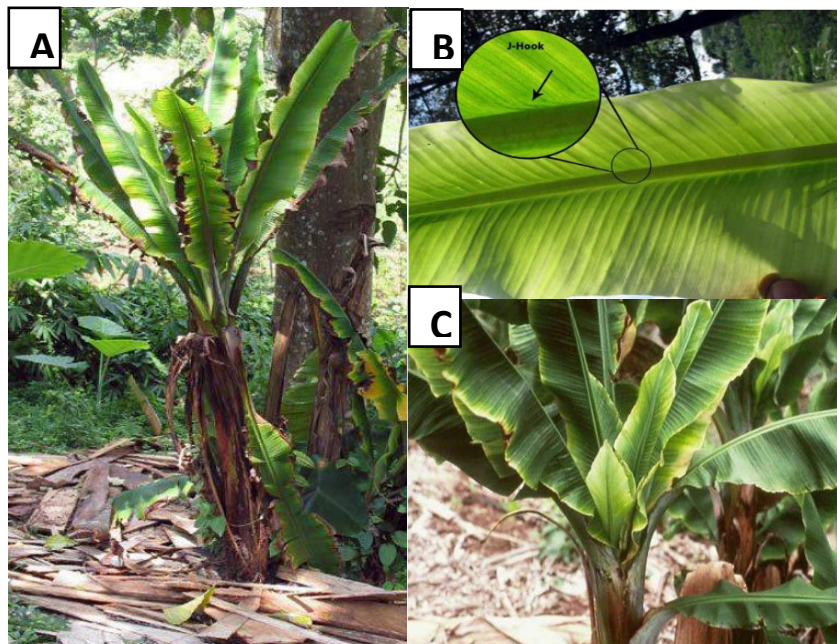


Figura 5. A) Síntomas típicos de Banana bunchy top virus: B) Síntomas de "gancho J"; C) Amarillamiento y rizado de los márgenes foliares en plátano infectado con Banana bunchy top virus

Fuente: (Halbert & Baker, 2015; Heu, 2009).

2.6.2. Virus del mosaico de la bráctea (BBrMV)

- **Antecedentes**

El Virus del Mosaico de la Bráctea del Banano (BBrMV) fue detectado por primera vez en Filipinas en la década de 1980. Posteriormente, se ha identificado en diversas regiones productoras de banano, incluyendo India, Sri Lanka y varias partes del sudeste asiático. Su posible introducción en América Latina y el Caribe es preocupante debido a las implicaciones económicas para estas áreas productoras (Dale et al., 2021).

- **Agente Causal**

El BBrMV es un virus de ARN monocatenario de sentido positivo. Como miembro del género Potyvirus, su genoma codifica varias proteínas clave necesarias para la infección y la replicación dentro de la planta huésped (Sharma et al., 2019).

- **Transmisión**

El BBrMV se propaga principalmente a través de áfidos, especialmente *Pentalonia nigronervosa*, mediante transmisión no persistente. También se disemina mediante material de plantación infectado, como cormos e hijuelos (Singh et al., 2020).

- **Sintomatología**

Las plantas infectadas con BBrMV presentan síntomas característicos en las brácteas y flores del banano, incluyendo manchas cloróticas, rayas y un patrón de mosaico. Otros síntomas pueden ser la deformación de las flores y el crecimiento anormal de las plantas jóvenes (Thangavelu et al., 2019).

- **Histopatología**

Histopatológicamente, el BBrMV altera las células del tejido vascular, especialmente el floema, causando acumulación de inclusiones virales y cambios estructurales, lo que interfiere con el transporte de nutrientes y agua, contribuyendo a los síntomas observados (Gupta et al., 2018).

- **Ciclo de la Enfermedad**

El ciclo de la enfermedad del BBrMV comienza cuando los áfidos vectores adquieren el virus al alimentarse de plantas infectadas. Luego, transmiten el virus a plantas sanas durante la alimentación. Dentro de la planta, el virus se replica y se mueve sistémicamente, infectando nuevas áreas y perpetuando la infección (Kumar et al., 2020).

- **Control**

El manejo del BBrMV requiere controlar vectores con insecticidas y prácticas culturales adecuadas, usar material de siembra libre de virus y eliminar plantas infectadas. Además, es esencial implementar programas de monitoreo y educar a los agricultores sobre prácticas de manejo integrado (Tripathi et al., 2022).

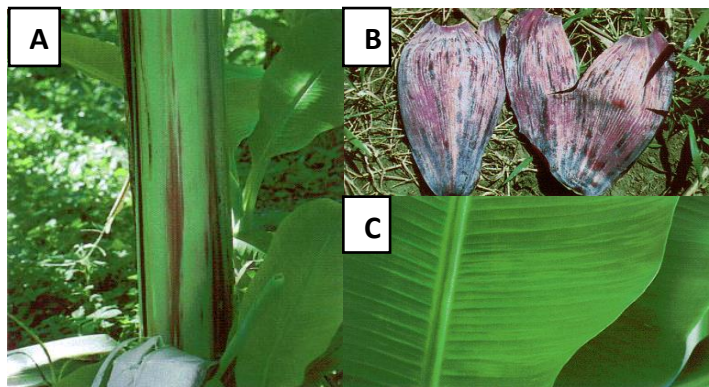


Figura 6. Síntomas causados por BBrMV:

A) Mosaico y lesiones fusiformes en el pseudotallo; B) Patrón del mosaico café- rojizo en las brácteas de la inflorescencia; C) Lesiones cloróticas fusiformes en la lámina foliar.

Fuente: (Thomas & Magnaye, 1996)

2.6.3. Virus del Mosaico del Plátano (CMV O BMV)

▪ Antecedentes

El virus fue identificado por primera vez en Australia en 1930 y desde entonces se ha encontrado en la mayoría de las regiones donde se cultiva plátano (Lockhart y Jones, 2000). El Virus del Mosaico del Pepino (CMV) ha sido detectado en varias plantas huésped, incluyendo el pepino, desde la década de 1910 (Sasaya et al., 2020). Ambos virus pertenecen a diferentes familias: Bromoviridae y Geminiviridae, respectivamente.

▪ Agente causal

El agente causal del BMV es un virus de ARN de cadena positiva, clasificado dentro del género Potyvirus (Pérez-Egusquiza, 2019). Por otro lado, el CMV es un virus de ARN de cadena simple perteneciente al género Cucumovirus (Sasaya et al., 2020).

▪ Transmisión

Estos virus son transmitidos por diferentes vectores. Mientras que el BMV es principalmente propagado por áfidos, el CMV puede ser transmitido por áfidos, moscas blancas e incluso semillas infectadas (Pérez-Egusquiza, 2019; Sasaya et al., 2020).

▪ Sintomatología

Las hojas de plantas afectadas muestran un patrón de clorosis entre las venas, y en casos graves, descomposición interna de la hoja y el cilindro central, afectando el crecimiento y la calidad de la fruta (figura 7). Generalmente, las plantas con síntomas leves pueden recuperarse,

lo que puede hacer que la enfermedad se vuelva endémica sin un impacto económico significativo (Lockhart y Jones, 2000; Frison y Putter, 1989).

- **Ciclo de la enfermedad**

Tanto el BMV como el CMV tienen ciclos de enfermedad complejos que involucran la replicación viral dentro de las células vegetales, seguida de su propagación a través de los tejidos vasculares de la planta (Pérez-Egusquiza, 2019; Sasaya et al., 2020).

- **Control**

Es necesario implementar un programa de manejo preventivo. Las medidas recomendadas incluyen el uso de plantas libres de virus, evitar la siembra de cultivos de la familia Cucurbitaceae u otros hospederos del virus cerca de las plantaciones de plátano, erradicar las arvenses susceptibles al CMV, eliminar plantas infectadas y desinfectar las herramientas agrícolas con hipoclorito de sodio o calor (Frison y Putter, 1989). Además, es crucial un control efectivo de los áfidos, los principales vectores del CMV.

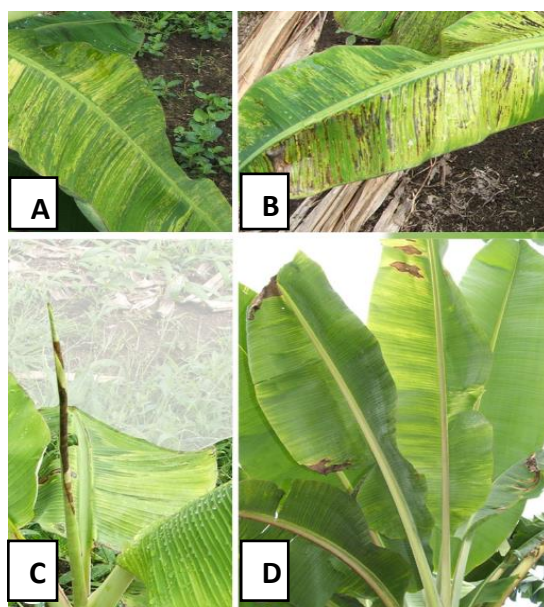


Figura 7. Síntomas causados por CMV:

A) Mosaico típico; B) Necrosamiento de nervaduras secundarias con clorosis internerval definida; C) Necrosamiento de la hoja cigarro; D) Pérdida de la lámina foliar y necrosamiento de tejido

Fuente: (Villegas & Cañas, 2009)

2.6.4. Virus del Estriado del Banano (BSV)

- **Antecedentes**

El Virus del Estriado del Banano (BSV) fue identificado por primera vez en Costa de Marfil en 1958. Desde entonces, se ha detectado en Asia y Australia, y también en países de América Latina y el Caribe, incluyendo Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Puerto Rico, Venezuela, y en Florida, Estados Unidos (Frison y Sharrock, 1998). El impacto del BSV varía; en algunas áreas es menor, mientras que, en otras como Costa de Marfil, puede causar pérdidas de hasta el 90%. Este virus se distingue por su capacidad de integrar su ADN en el genoma de las plantas de Musa y Ensete.

- **Agente causal**

El Virus del Estriado del Banano (BSV) pertenece al género *Bandavirus* dentro de la familia *Caulimoviridae* (Comstock y Lockhart, 1990). Este virus tiene un genoma de ADN de doble cadena de aproximadamente 7.5 kilobases, encapsulado en partículas bacilares de 30 por 130 nanómetros (Lockhart y Olszewski, 1996). Existe una notable diversidad genómica entre las cepas del BSV, lo que dificulta la indexación de material vegetal libre de virus. Toda la progenie de plantas afectadas desarrolla síntomas, y los huéspedes del BSV se limitan al género *Musa* (Frison y Sharrock, 1998).

- **Transmisión**

El Virus del Estriado del Banano (BSV) se propaga principalmente a través de la cochinilla de los cítricos, como *Planococcus citri* y *Pseudococcus sp*, que se establecen en la parte inferior de las hojas, racimos y flores. Sin embargo, la difusión principal ocurre mediante material de siembra infectado, ya que el BSV no se transmite mecánicamente. Hay pruebas sólidas de su transmisión por semillas y material vegetativo infectado, pero no por el suelo ni herramientas agrícolas (Nabor-Romero, 2014).

- **Sintomatología**

Los primeros signos del Virus del Estriado del Banano (BSV) incluyen clorosis intervenial con un patrón de mosaico, líneas separadas y patrones en forma de diamante a lo largo de las venas. A medida que avanza, el tejido foliar afectado oscurece hasta volverse negro o café oscuro. La infección por BSV está relacionada con la muerte de las puntas y la necrosis interna del pseudotallo, disminuyendo el vigor y crecimiento de las plantas, reduciendo el peso

de los racimos y deformando los frutos. Los síntomas pueden ser intermitentes y no todas las hojas muestran signos de estriado (Frison y Sharrock, 1998).

- **Ciclo de la enfermedad**

El ciclo de vida del BSV implica la replicación del virus dentro de las células vegetales infectadas, seguida de su difusión a través del sistema vascular de la planta (Chabannes et al., 2017).

- **Control**

El control del virus del estriado del plátano implica la eliminación de las plantas infectadas, las cuales pueden ser tratadas con insecticidas para eliminar la cochinilla que actúa como vector del virus. Además, es importante garantizar que las plantas utilizadas en cultivo de tejidos estén certificadas para prevenir la transmisión del virus (Frison y Sharrock, 1998). La heterogeneidad del BSV representa un desafío significativo para la detección serológica confiable.

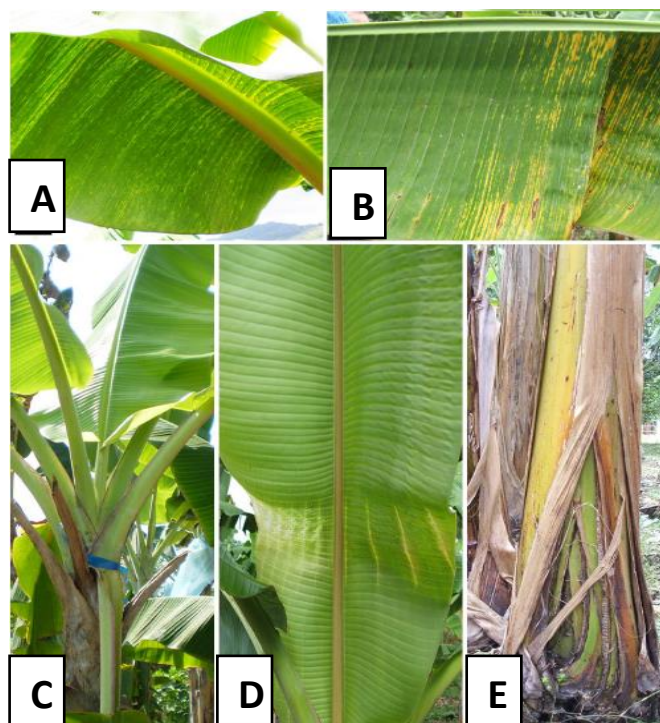


Figura 8. Síntomas causados por BSV:

- A) Rayado típico con clorosis intermitente; B) rayado alternado entre clorótico y necrótico; C) Distorsión en la filotaxia, hojas en forma de abanico; D) Líneas paralelas a la nervadura central y manchones cloróticos; E) Descalzetamiento de la base del pseudotallo

Fuente: (Villegas & Cañas, 2009)

2.7. Vectores de transmisión de enfermedades

Tabla 4: Vectores de enfermedades bacterianas y virosis en el cultivo de banano

Vector	Enfermedad	Bacteriana	Virosis
<i>Dendroctonus ponderosae</i>	<i>Erwinia</i> spp. = <i>Pectobacterium</i> spp. <i>Pectobacterium chrysanthemi</i> <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>Carotovorum</i> <i>Dickeya paradisiaca</i> formerly	x	
<i>Helicotylenchus</i> sp. <i>Pratylenchus</i> sp. y <i>Meloidogyne</i> sp	<i>Ralstonia solanacearum</i> Raza 2 <i>Ralstonia syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	x	
<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>musacearum</i> , recientemente descubierta como: <i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>musacearum</i> .	x	
<i>Pentalonia nigronervosa</i>	Virus del bunchy top/Banana Bunchy Top Virus (BBTV)		x
<i>Aphis gossypii</i> , <i>Rhopalosiphum maydis</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Rhopalosiphum</i> <i>prunifoliae</i>	Virus del mosaico del plátano (BMV) o Virus del Mosaico del Pepino (CMV)		x
<i>Pentalonia nigronevosa</i> <i>Aphis gossypii</i> <i>Rhopalosiphum maydis</i>	Virus del mosaico de la bráctea (BBrMV)		x
<i>Planococcus citri</i> <i>Pseudococcus</i> sp	Virus del estriado o rayado del banano/Banana Streak virus (BSV)		x

Fuente: Martínez et al, (2023); Fernández et al, (2021) Manzo et al. (2014); Garrido et al, (2005); Rivas y Rosales, (2003); Mitchell y Gordon (1966).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio destinada fue la hacienda Sarahí la cual se encuentra ubicada en el Cantón El Guabo vía a Pasaje, Provincia de El Oro en las coordenadas geográficas $3^{\circ}15'01''S$ - $79^{\circ}49'18''W$, (Figura 9).

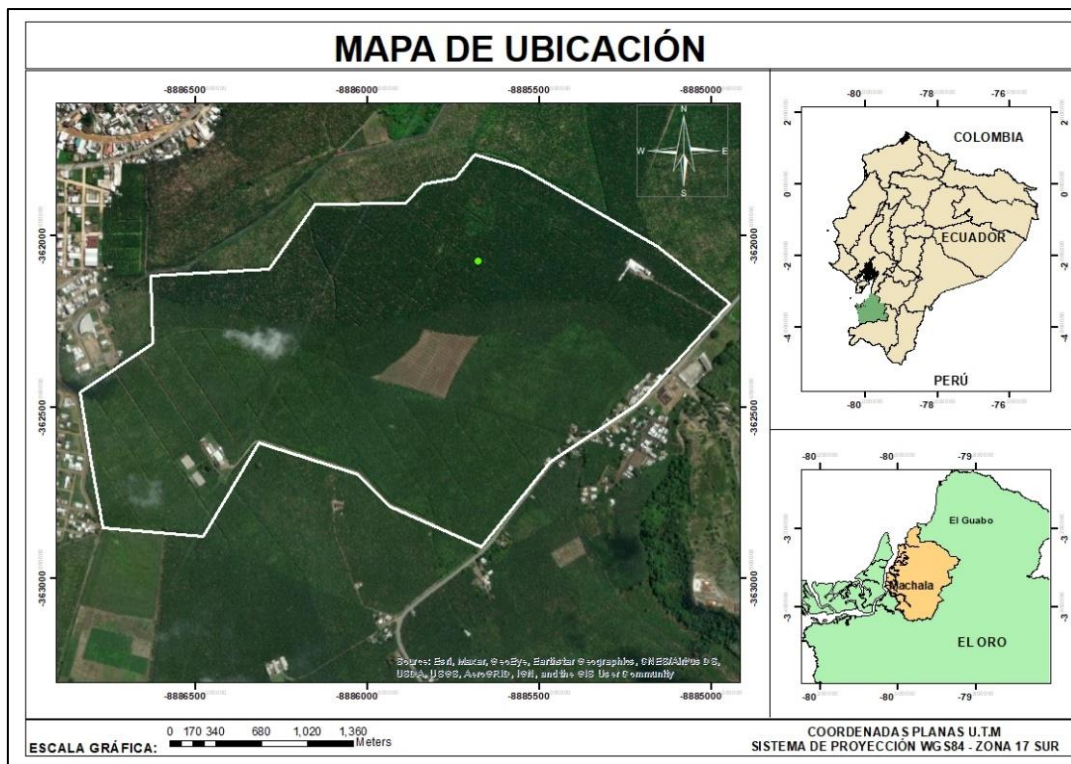


Figura 9. Ubicación georreferenciada del área de estudio

3.2 Materiales

- Bacteria

Tabla 5: Reactivos y equipos de laboratorio empleados en el estudio.

Reactivos	Equipo de laboratorio
<ul style="list-style-type: none">• Agar MacConkey o deoxicolato• Alcohol industrial 90%• Alcohol potable 70%• Agua destilada• Cristal violeta• Lugol• Acetona• Safranina	<ul style="list-style-type: none">• Cajas de Petri• Aza de siembra• Autoclave• Mechero• Tubos de ensayo• Gradillas de metal• Vasos precipitados de 50 a 500 ml• Probeta de 100 ml• Cámara de flujo laminar

-
- Cinta de papel
 - Rollo stretch
 - Microscopio
 - Estetoscopio
 - Porta y cubre objeto
 - Aceite de inmersión
 - Pissetas
 - Pipeta
 - Balanza analítica
 - Microondas
 - Agitador magnético
 - Red entomológica
-

- **Virus**

Tabla 6: materiales de campo usados en el estudio.

Materiales

-
- Baldes de 20 L
 - Fundas negras
 - Sustrato
 - Palas
 - Cinta adhesiva
 - Plantas de banano
-

3.3 Métodos

3.3.1 Fase de campo

- **Muestreo y recolección de insectos plaga**

La captura de insectos plaga se realizó *in situ* en la hacienda Sarahí, la captura fue de forma manual mediante el deschante y la limpieza de la base de la planta para el caso de los insectos del orden Coleóptera. Se empleó una red entomológica para insectos del orden Díptera y hemíptera.

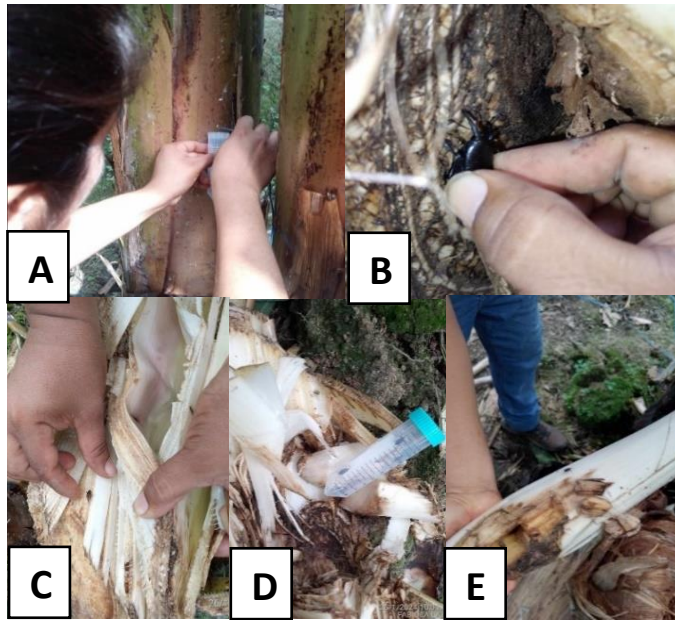


Figura 10. Captura in situ de insectos plaga:

A) Chinche harinosa; B) Picudo negro; C) D) E) Picudo rayado.

- **Adecuación del material vegetal e inoculación de virus**

Se colocaron diez baldes de 20 litros, previamente perforados, que se cubrieron con una funda negra y se llenaron con sustrato. Luego, se procedió a sembrar los plantines de meristemos Cavendish.



Figura 11. Colocación de Plantas para inoculación

Se realizó dos métodos de inoculación, el método mecánico (propagación vegetativa) que consistió en realizar un injerto con material vegetal infectado en el pseudotallo en 4 plantas, y el método de inoculación mediante vector, el cual se colocó insectos del orden Coleóptera (Picudo negro y Picudo rayado) en 6 plantas.

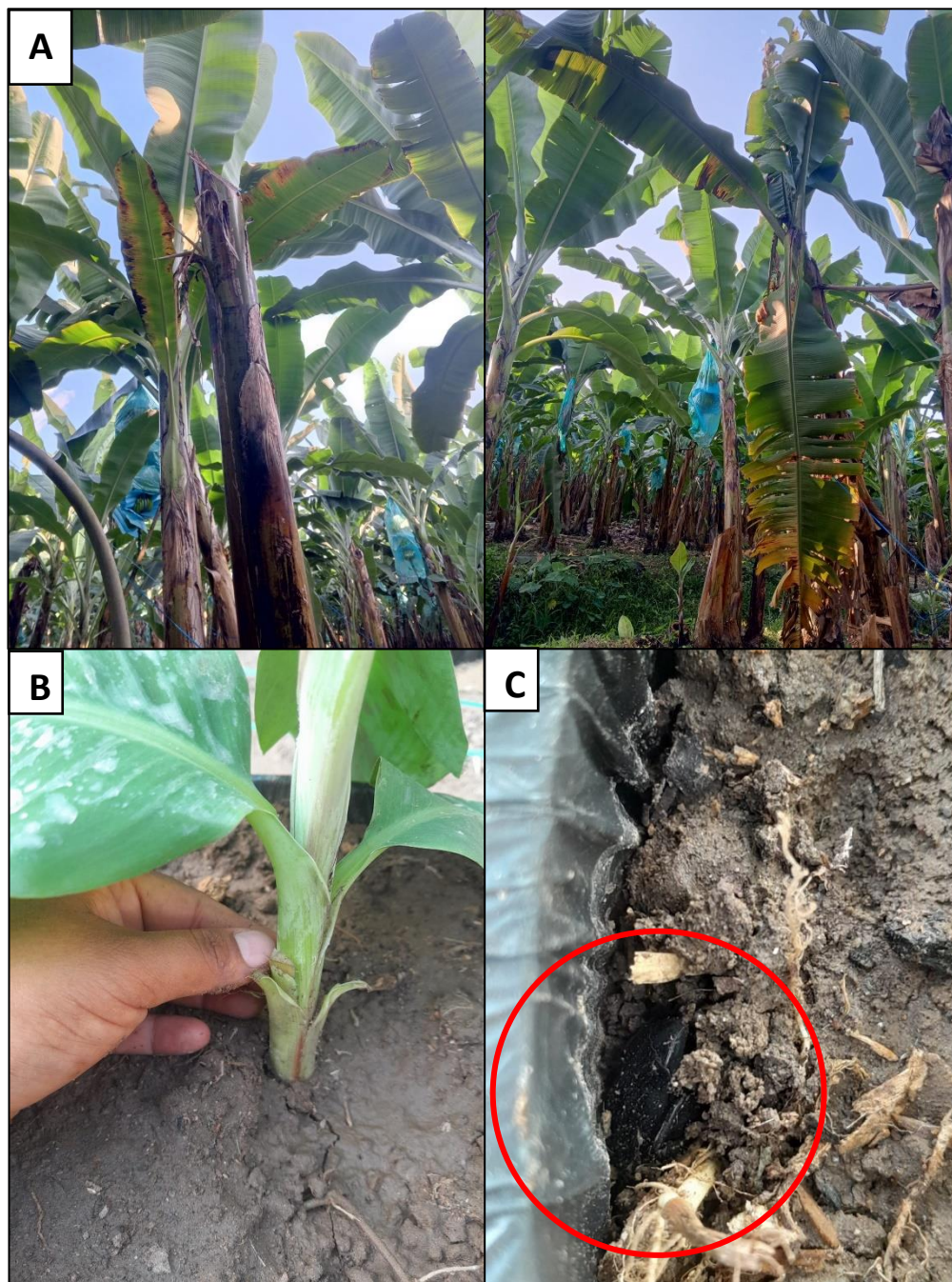


Figura 12. A) Planta infectada con virosis; B) Inoculación Mecánica; C) Inoculación por insectos Vectores

3.3.2 Fase de laboratorio

- **Identificación de insectos**

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de fitopatología de la empresa Agrisum. La correspondiente identificación de insectos se llevó a cabo mediante identificación morfológica, basándonos en la observación visual, utilizando herramientas como lupas, microscopio, claves dicotómicas y guías bibliográficas, para examinar características físicas, incluyendo la estructura del cuerpo, las alas, las antenas y las patas. Adicionalmente, empleamos la fotografía para capturar imágenes que pudieran facilitar la identificación.

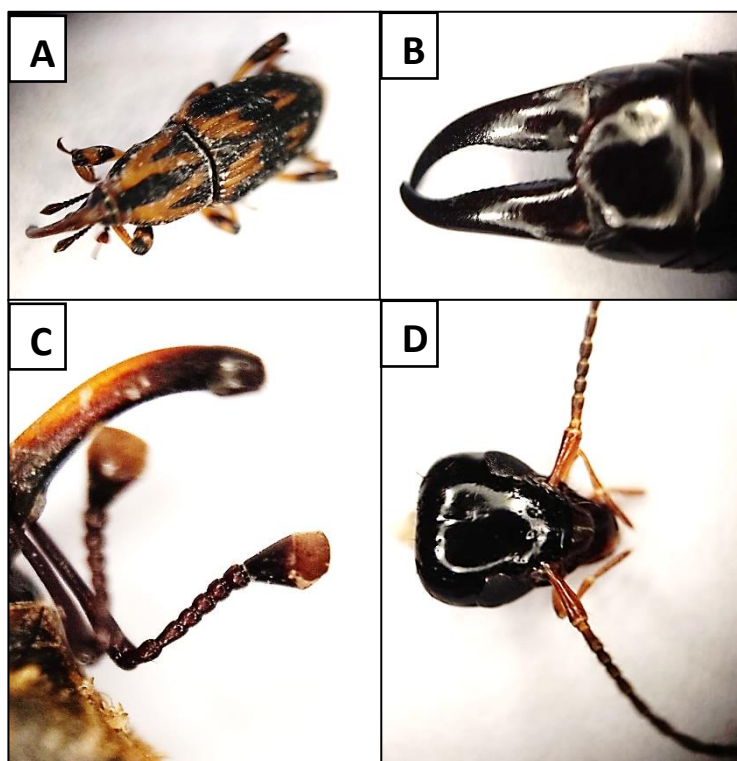


Figura 13. Identificación morfológica de insectos.

A) Picudo rayado; B) Fórceps de insecto tijereta; C) Cabeza de picudo rallado, vista lateral; D) Cabeza de tijereta.

- **Elaboración del medio de cultivo para bacterias**

Para la preparación de medio de cultivo se utilizó el agar MacConkey o deoxicolato a 50 g/L este medio es altamente selectivo y diferencial adecuado para la detección y conteo de organismos coliformes, así como para la detección y aislamiento de especies de Salmonella y Shigella en muestras patológicas y alimenticias. Las sales biliares y el cristal violeta inhiben considerablemente la flora Gram-positiva. Se utiliza el indicador de pH rojo neutro para

verificar la degradación de lactosa por microorganismos fermentadores, lo que, junto con la absorción del indicador, da un color rojo a las colonias.

También puede observarse una zona de precipitado biliar debido a la disminución localizada del pH. Los organismos que no fermentan la lactosa producen colonias incoloras y traslúcidas. Las placas con el medio inoculado deben incubarse de 18 a 24 horas a 35 ± 2 °C.

Para determinar el peso necesario para las cajas de Petri se realizó una regla de tres en base al volumen requerido.

$$\begin{array}{l} 50 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ L} \\ \mathbf{X} \rightarrow 0.250 \text{ L} \\ \mathbf{X= 12.5 \text{ g para 250 ml.}} \end{array}$$

Para la homogenización de esta solución es necesario agitador magnético a aproximadamente 200 a 600 rpm. Luego se coloca el medio de cultivo en el microondas durante 3 minutos. El resultante se vertió en un matraz de 500 ml para colocarlo en el autoclave a 121 °C o 15 psi por 15 minutos. Se enciende previamente la cámara de flujo laminar por 20 min con luz UV, luego de esto y a la par del medio de cultivo se procede a dosificar 13 ml en cada caja de Petri y dejamos reposar hasta el momento de la inoculación.

- **Aislamiento y purificación de bacterias**

Para la siembra de bacterias utilizamos la técnica de punción la cual consiste en tomar una parte del micelio con un asa micológica (o asa recta) e inocular el microorganismo a estudiar mediante una punción suave en el centro de la placa. Realizamos el lavado de insectos, procedimiento previo esencial para poder realizar una siembra bacteriana de manera efectiva.

Este proceso asegura que las bacterias aisladas y cultivadas provengan del interior del insecto y no de contaminantes externos. Cada insecto es colocado en un tubo de ensayo con 10 ml de agua destilada como sustancia madre. Cada nivel de disolución se pipeteo 1 ml, en medio MacConkey. En el aislamiento o inoculación se empleó 0,1 ml de la disolución 10-2.

Para terminar, se sella la caja con el rollo stretch y se etiqueta. Se encubaron a 28°C por 24 h a 48 h. Se procedió con la purificación, para lo cual con ayuda del asa de siembra se aislaron

bacterias de cajas poco contaminadas a una disolución de 10^{-4} para obtener la cepa pura con un tiempo de inoculación de 48 h (Figura 14).



Figura 14. Aislamiento y purificación de bacterias

3.3.3. Pruebas diferenciales

- **Tinción Gram**

Esta tinción se realizó para observar la forma de la célula bacteriana y su agrupación. Primero se preparó un frotis, luego se agregó cristal violeta y se dejó actuar por 1 minuto, seguidamente se retiró el exceso y enjuagó con agua destilada, luego se colocó lugol y se dejó actuar por 1 minuto, seguidamente se retiró el exceso y enjuagó con agua destilada, luego se colocó acetona y se dejó actuar por 30 segundos, seguidamente se retiró el exceso y enjuagó con agua destilada y por último se colocó safranina se dejó actuar por 45 segundos, seguidamente se retiró el exceso y enjuagó con agua destilada, se secó al mechero. Se agregó una gota de aceite de inmersión y se observó al microscopio a 100x (Figura 15).

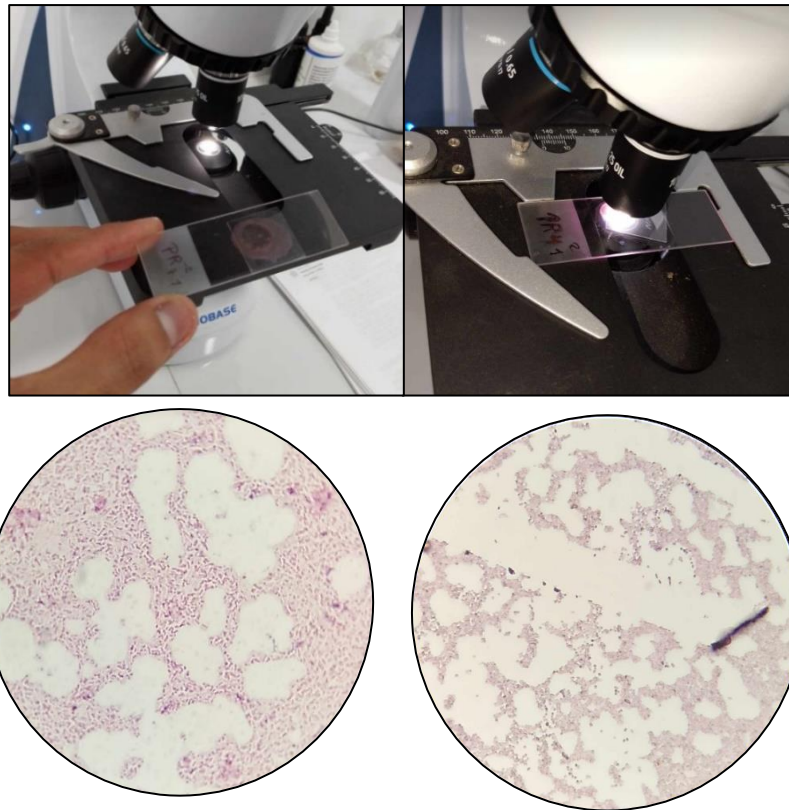


Figura 15. Observación bajo microscopio, muestra: Picudo rayado

- **Desarrollo en agar McConkey**

El medio McConkey es un medio selectivo y diferencial diseñado para aislar y diferenciar bacterias de la familia Enterobacteriaceae y ciertos organismos no fermentadores. Este medio, desarrollado por (McConkey ,1905). Se utiliza para sembrar las muestras mediante estrías en placas, las cuales se incuban a 28°C durante 24 horas. La prueba se considera positiva si se observan colonias de color rosado o rojo, lo que indica la presencia de bacterias capaces de fermentar la lactosa.

3.3.4. Caracterización e identificación del agente causal

- **Características culturales y morfológicas**

Características de colonia en medio MacConkey: Una colonia es una población de células microbianas que se origina a partir de una sola célula, la cual ha producido varias generaciones en un medio de cultivo sólido. Diferentes especies microbianas forman colonias que varían en tamaño, forma y color, dependiendo de las condiciones del medio de cultivo (BRADSHAW, 1973). Estas características, que se pueden observar a simple vista, son importantes para su clasificación:

- Tamaño
- Forma
- Borde
- Elevación
- Superficie
- Consistencia
- Aspecto
- Pigmento





La caracterización morfológica se llevó a cabo mediante Tinción de Gram simple para observar la forma y el patrón de agrupación de las células bacterianas. Primero, se preparó un frotis y luego se aplicó azul de metileno, dejándolo actuar durante 1 minuto. Luego, se enjuagó con agua corriente y se secó al calor del mechero. Finalmente, se añadió una gota de aceite de inmersión y se examinó bajo el microscopio a 100x.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Descripción taxonómica de insectos capturados





A continuación, se presenta la descripción taxonómica de los insectos capturados durante el estudio, los cuales pertenecen a los órdenes Coleóptera, Dermaptera, Hymenoptera y Diptera. La identificación precisa de estos insectos es crucial para comprender el riesgo de estos como vectores de virus y bacterias que afectan al cultivo de banano.

Tabla 7. Taxonomía de insectos del orden Coleóptera.

				
Reino:	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia
División:	Arthropoda	Arthropoda	Arthropoda	Arthropoda
Clase:	Insecta	Insecta	Insecta	Insecta
Orden:	Coleóptera	Coleóptera	Coleóptera	Coleóptera
Familia:	Curculionidae	Curculionidae	Histeridae	Curculionidae
Genero:	<i>Metamasius</i>	<i>Cosmopolites</i>	<i>Saprinus</i>	<i>Rhynchophorus</i>
Especie:	<i>M. hemipterus</i>	<i>C. sordidus</i>	<i>S. cyaneus</i>	<i>R. palmarum</i>
Nombre Científico:	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	<i>Saprinus cyaneus</i> Erichson	<i>Rhynchophorus palmarum</i>

Estas cuatro especies del orden coleóptero son los principales insectos cuya población es mayor dentro del área de estudio; por lo cual, conocer las especies exactas permite poder implementar programas de monitoreo y control específico, reduciendo el impacto económico de las plagas.

Tabla 8. Taxonomía de insectos del orden Dermaptera, Hymenoptera, Diptera.

				
Reino:	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia
División:	Arthropoda	Arthropoda	Arthropoda	Arthropoda
Subdivisión:	Héxapoda			
Clase:	Insecta	Insecta	Insecta	Insecta
Subclase:	Prerygota			
Orden:	Dermaptera	Diptera	Diptera	Hymenoptera
Familia:	Forficulidae	Stratiomyidae	Drosophilidae	Formicidae
Subfamilia	Forticulinae		Drosophilinae	
Genero:	<i>Forficula</i>	<i>Hermetia</i>	<i>Drosophila</i>	<i>Paratrechina</i>
Especie:	<i>F. ruficollis</i>	<i>Hermetia illucens</i>	<i>D. melanogaster</i>	<i>Paratrechina fulva</i>
Nombre Científico:	<i>Forficula ruficollis</i>	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	<i>Paratrechina fulva</i>

Los insectos identificados en la tabla 8 (*Forficula ruficollis*, *Hermetia illucens*, *Drosophila melanogaster* y *Paratrechina fulva*) no son vectores principales de virus o bacterias específicas del banano, pero su presencia puede contribuir indirectamente a la diseminación de patógenos y problemas sanitarios en los cultivos (Niyongere et al., 2015; Watanabe et al., 2013).

4.2 Estadístico descriptivo de insectos capturados

Tabla 9. Tabla de estadístico descriptivo del Número de insectos capturados por cada Orden en los 3 Lotes.

	N	Media	Desv. Estand.	CV %	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mín.	Máx.
						Límite inferior	Límite superior		
Coleóptera	3	7.33	2.08	28.37	1.20	2.16	12.50	5.00	9.00
Díptera	3	23.33	9.87	42.30	5.70	-1.17	47.84	12.00	30.00
Dermáptera	3	3.67	1.15	31.33	0.67	0.80	6.54	3.00	5.00
Himenóptera	3	5.67	2.08	36.68	1.20	0.50	10.84	4.00	8.00
Total	12	10.00	9.27	92.70	2.68	4.1078	15.89	3.00	30.00

La tabla de estadísticos descriptivos muestra el número de insectos capturados en tres lotes para los órdenes Coleóptera, Díptera, Dermáptera e Himenóptera. Los resultados indican que Díptera tiene la mayor media de capturas con 23.33 insectos y también muestra la mayor variabilidad relativa con un coeficiente de variación (CV) del 42.30%. Le sigue el Orden Coleóptera con una media de 7.33 insectos y un CV del 28.37%. Los órdenes Dermáptera e Himenóptera presentan menores capturas medias de 3.67 y 5.67 insectos, respectivamente, con CV del 31.33% y 36.68%. En general, hay una variabilidad considerable en el número de capturas, como lo refleja el CV total del 92.70%.

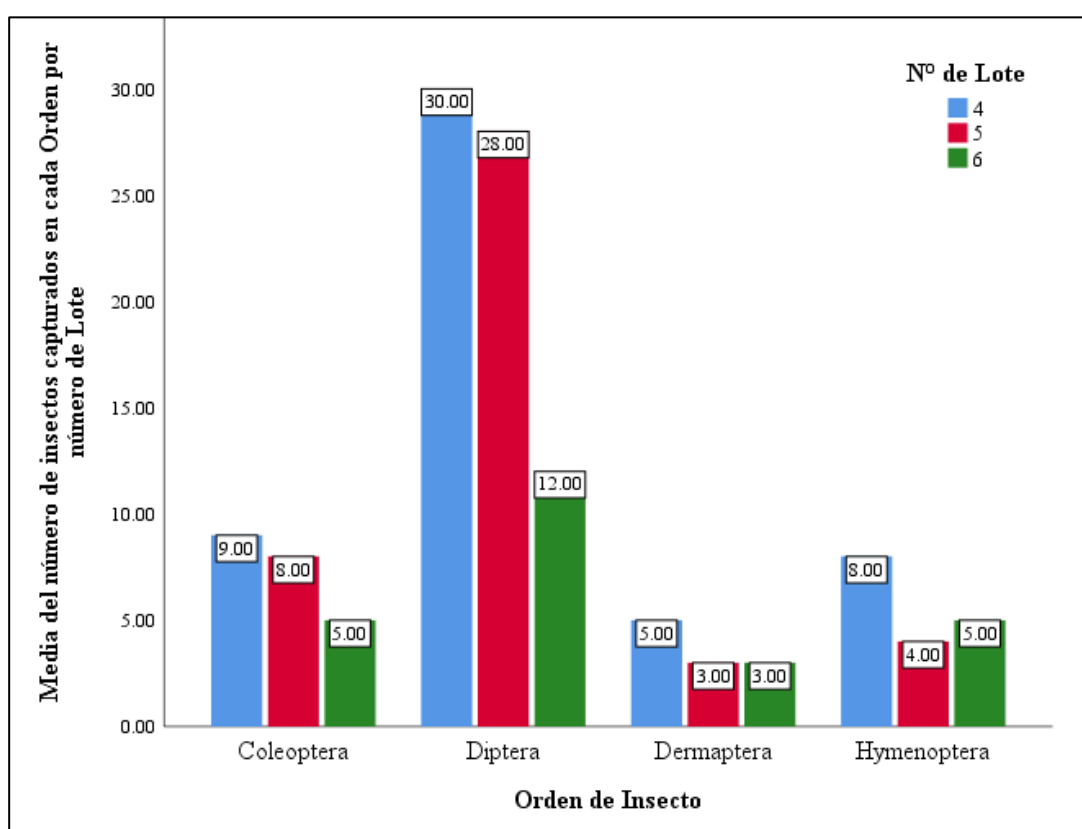


Figura 16. Promedio de insectos capturados en cada Orden por Lote.

4.3. Aislamiento y codificación

A partir de la colección de muestras de los diferentes insectos capturados en plantación de banano con problemas de bacteriosis, se obtuvieron un total de 31 aislamientos (Figura 8), de los cuales 10 son de procedencia del insecto *Metamasius hemipterus* L, 4 del insecto *Drosophila melanogaster* Meigen, 1 del insecto *Paratrechina fulva*, 1 del insecto *Hermetia*

illucens, 1 del insecto *Saprinus cyaneus* Erichson, 1 del insecto *Forficula ruficollis*, 3 del insecto *Cosmopolites sordidus* Germar, 10 del insecto *Rhynchophorus palmarum*. Los cuales se encuentran codificadas respectivamente en la Tabla 10.

Tabla 10: Codificación de los aislamientos obtenidos de la captura de insectos en las plantas de banano.

N°	INSECTO	CODIGO
1	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR1(-1) 1
2	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR3(-2) 1
3	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR4(-2) 1
4	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR7(-2) 1
5	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR5(-2) 1
6	<i>Metamasius hemipterus</i> L.	PR5(-2) 2
7	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	B1 (-1) 1 (-4)
8	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	B1 (-1) 2 (-4)
9	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	B1 (-1) 3 (-4)
10	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	B1 (-1) 4 (-4)
11	<i>Paratrechina fulva</i>	HB (-2) 1
12	<i>Hermetia illucens</i>	D1 (-2) 1 (-4)
13	<i>Saprinus cyaneus</i> Erichson	E (-2) 1 (-4)
14	<i>Saprinus cyaneus</i> Erichson	E (-2) 2 (-4)
15	<i>Forficula ruficollis</i>	T (-2) 1 (-4)
16	<i>Forficula ruficollis</i>	T (-2) 2 (-4)
17	<i>Forficula ruficollis</i>	T (-2) 3 (-4)
18	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	PNP (-2) 1 (-4)
19	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	PNP (-2) 2 (-4)
20	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	PNP (-2) 3 (-4)
21	<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	PNP (-2) 4 (-4)
22	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 1 (-4)
23	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 2 (-4)
24	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 3 (-4)
25	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 4 (-4)
26	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 5 (-4)
27	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 6 (-4)
28	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 7 (-4)
29	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 8 (-4)
30	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 9 (-4)
31	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	PNG (-2) 10 (-4)

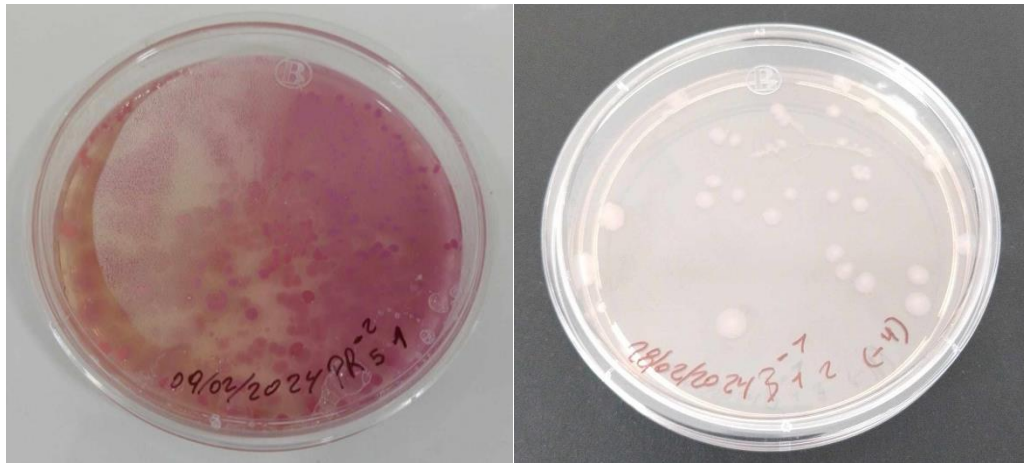


Figura 17. Crecimiento y desarrollo de los aislamientos bacterianos

4.4. Prueba diferencial

4.4.1. Tinción de Gram

La tinción de Gram es una técnica que permite distinguir entre bacterias Gram negativas, que se tiñen de rojo o rosado, y bacterias Gram positivas, que se tiñen de violeta (Bradshaw, 1973). De los 31 aislamientos obtenidos, se seleccionaron 16 que resultaron ser Gram negativos, 10 resultaron ser Gram positivos y 5 muestras contaminadas. (Tabla 9 y Figura 13).

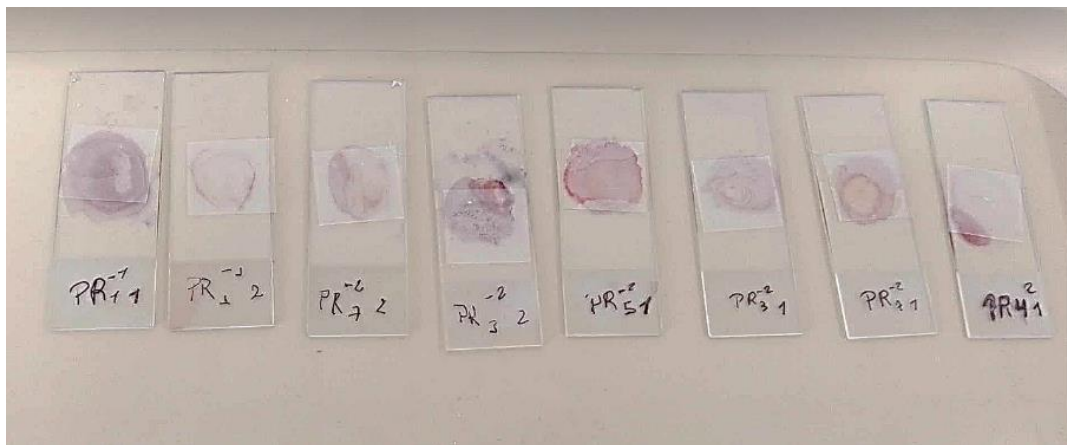


Figura 18. Prueba de tinción de Gram para determinar bacterias Gram positivas o negativas.

Tabla 11: Tinción Gram realizados a los aislamientos bacterianos obtenidos de la plantación de banano.

Nº	CODIGO	TINCION DE GRAM
1	PR1(-1) 1	-
2	PR3(-2) 1	+
3	PR4(-2) 1	+
4	PR5(-2) 1	-
5	PR5(-2) 2	-
6	PR7(-2) 1	+
7	B1 (-1) 1 (-4)	-
8	B1 (-1) 2 (-4)	-
9	B1 (-1) 3 (-4)	-
10	B1 (-1) 4 (-4)	-
11	HB (-2) 1	+
12	D1 (-2) 1 (-4)	-
13	E (-2) 1 (-4)	Contaminado
14	E (-2) 2 (-4)	-
15	T (-2) 1 (-4)	Contaminado
16	T (-2) 2 (-4)	+
17	T (-2) 3 (-4)	+
18	PNP (-2) 1 (-4)	+
19	PNP (-2) 2 (-4)	Contaminado
20	PNP (-2) 3 (-4)	-
21	PNP (-2) 4 (-4)	-
22	PNG (-2) 1 (-4)	-
23	PNG (-2) 2 (-4)	-
24	PNG (-2) 3 (-4)	+
25	PNG (-2) 4 (-4)	-
26	PNG (-2) 5 (-4)	-
27	PNG (-2) 6 (-4)	Contaminado
28	PNG (-2) 7 (-4)	Contaminado
29	PNG (-2) 8 (-4)	+
30	PNG (-2) 9 (-4)	-
31	PNG (-2) 10 (-4)	+

Ref.: (-) Gram negativa; (+) Gram positiva.

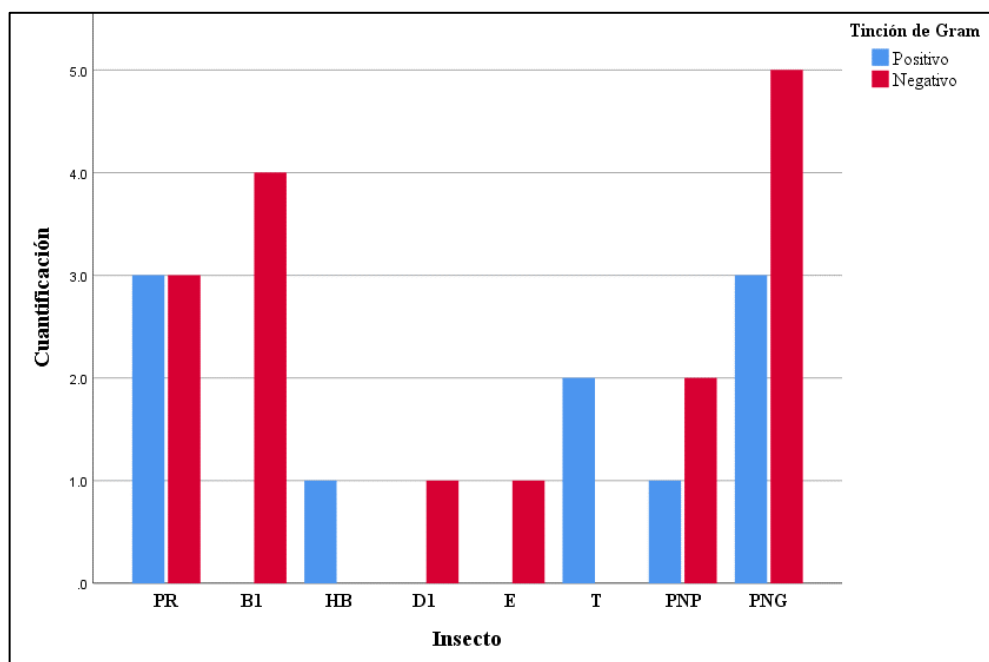


Figura 19. Gráfico de tinción de Gram.

4.4.2. Crecimiento en medio McConkey

El agar MacConkey es un medio selectivo diseñado para el aislamiento y diferenciación de bacterias de la familia Enterobacteriaceae y otros bacilos entéricos fermentadores y no fermentadores de lactosa (MC CONKEY, 1905). Las bacterias que fermentan lactosa forman colonias de color rosado en este medio, mientras que las no fermentadoras producen colonias incoloras o transparentes.

Este medio permite diferenciar y separar bacterias del género *Erwinia*, que fermentan lactosa, del género *Providencia*, *Proteus*, *Pseudomonas* que no la fermentan. De 31 aislamientos, 6 produjeron colonias rosadas en este medio selectivo y diferencial, de las cuales 2 cuales fueron identificadas como gram negativas. Los 25 aislamientos restantes produjeron colonias incoloras o translucidas. Investigaciones indican que después de 24 horas de incubación, *Pectobacterium* (antes conocido como *Erwinia*) desarrolló colonias rojo-rosadas, una característica de las bacterias fermentadoras de lactosa (RUIZ, 2015; MARCELO, 2017).

Se observó el crecimiento bacteriano En el medio de cultivo MacConkey donde se visualizó que las muestras A y B de color rosado existen colonias de bacterias de la familia Enterobacteriaceae, mismas que fermentan lactosa. Por otro lado, las muestras C y D aparecen

cepas incoloras en este mismo medio debido a que no fermentan lactosa, Tal como lo describe ARROYAVE et al. (2013) el cual mencionan que las colonias de bacterias como Pseudomonas, Rhizobium, y Ralstonia cultivadas en agar MacConkey son incoloras, indicando que no fermentan lactosa (Figura 15).

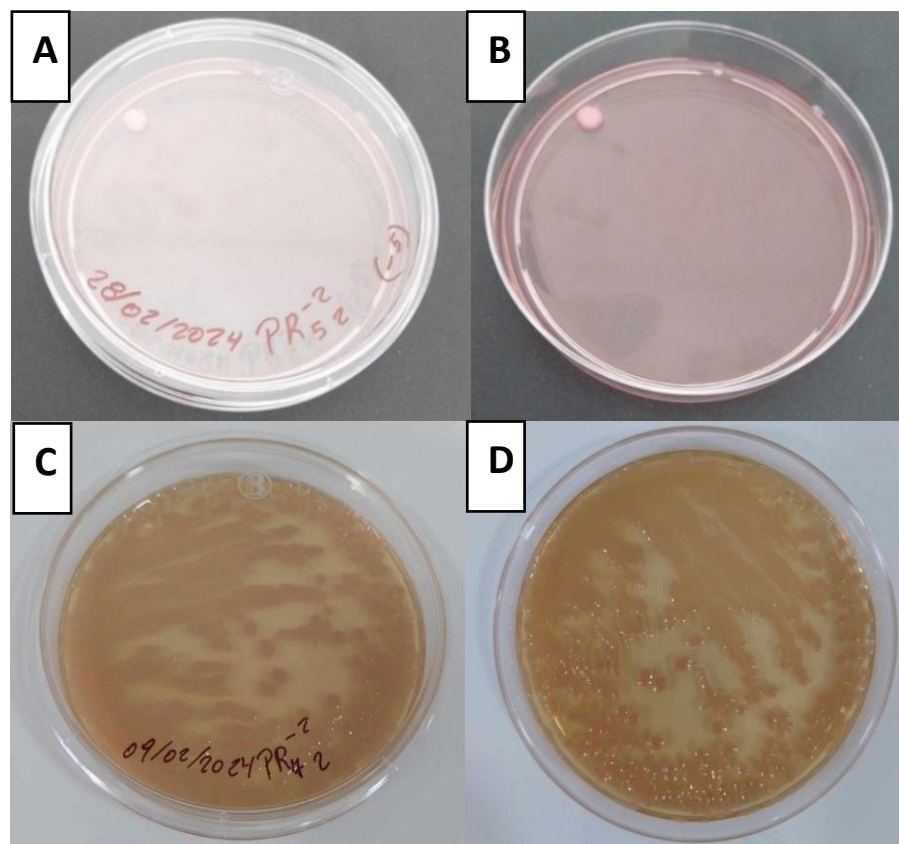


Figura 20. Colonias de bacterias en agar MacConkey:

4.5. Caracterización e identificación del agente causal

4.5.1. Características culturales y morfológicas

Tabla 12: Características morfológicas de los aislamientos bacterianos aisladas en Banano.

N°	Código	Color	Transparencia	Forma	Elevación	Borde	Superficie
1	PR1(-1) 1	Café	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
2	PR3(-2) 1	Crema-amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
3	PR4(-1) 1	Crema-amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
4	PR5(-2) 1	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
5	PR5(-2) 2	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
6	PR7(-2) 1	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa

7	B1 (-1) 1	Blanco	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
8	B1 (-1) 2	Blanco	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
9	B1 (-1) 3	Blanco	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
10	B1 (-1) 4	Blanco	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
11	D1 (-2) 1	Crema- amarillo	Translucido	Irregular	Convexa	Filamentoso	Lisa
12	E (-2) 2	Crema- amarillo	Opaco	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
13	HB (-2) 1	Crema- amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
14	T (-2) 2	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
15	T (-2) 3	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
16	PNP (-2) 1	Rosado	Traslucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
17	PNP (-2) 3	Crema- amarillo	Traslucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
18	PNP (-2) 4	Crema- amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
19	PNG (-2) 1	Crema- amarillo	Traslucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
20	PNG (-2) 2	Crema- amarillo	Opaco	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
21	PNG (-2) 3	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
22	PNG (-2) 4	Crema- amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
23	PNG (-2) 5	Crema- amarillo	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
24	PNG (-2) 8	Rosado	Translucido	Circular	Convexa	Entero	Lisa
25	PNG (-2)9	Crema- naranja	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa
26	PNG (-2)10	Crema- naranja	Translucido	Circular	Convexa	Ondulado	Lisa

Los resultados de la caracterización de los aislamientos bacterianos revelan una morfología circular en todas las muestras de colonias a excepción de la numero 11 (D1 (-2) 1) y que presenta forma irregular. Además, entre las características predominantes se encuentran una coloración crema-amarillo, traslucido, elevación convexa, y una superficie lisa.

4.5.2. Estadístico descriptivo de bacterias identificadas

Tabla 13. Tabla de estadístico descriptivo del Número de Bacterias identificadas por cada Orden en los 3 Lotes.

	N	Media	Desv. Estand.	CV %	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mín.	Máx.
						Límite inferior	Límite superior		
Coleóptera	3	2.67	1.53	57.30	0.88	-1.13	6.46	1.00	0.88
Díptera	3	2.00	0.00	0	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Dermáptera	3	1.00	0.00	0	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Himenóptera	3	1.00	0.00	0	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Total	12	1.67	0.98	58.68	0.28	1.04	2.2923	1.00	0.28

La tabla muestra estadísticas descriptivas sobre el número de bacterias identificadas en tres lotes para los órdenes Coleóptera, Díptera, Dermáptera e Himenóptera. Coleóptera tiene la mayor media de bacterias identificadas con 2.67, acompañado del mayor coeficiente de variación (CV) de 57.30%, indicando una considerable variabilidad. En cambio, Díptera, Dermáptera e Himenóptera tienen medias de 2.00, 1.00 y 1.00 bacterias respectivamente, sin variabilidad en los datos como lo refleja su desviación estándar de 0.00. En términos de valores observados, las identificaciones de bacterias varían de 1 a 4 tal como se observa en la figura.

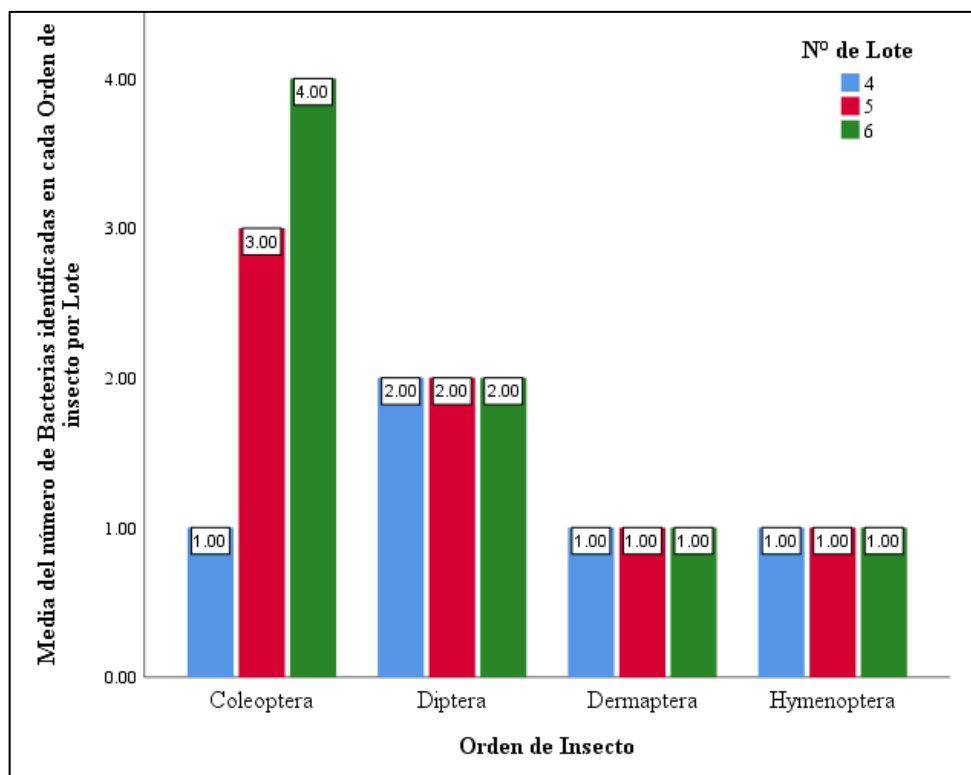


Figura 21. Promedio de identificación de Bacterias en cada Orden por Lotes.

4.5.3. Identificación de bacterias aisladas

- *Acinetobacter sp.*

El género *Acinetobacter* se encontró en los aislamientos PR1 (-1) 1 y PNG (-2) 9. Los datos de identificación bacteriana indican que pertenece al Phylum Pseudomonadota, orden Pseudomonadales. La característica presentada en cuanto al crecimiento en el medio MacConkey fue la formación de colonias pequeñas, circulares, y de color café, que no son fermentadoras de lactosa. Morfológicamente, se presentó como cocobacilos gram-negativos, lo que significa que tienen una forma intermedia entre cocos y bacilos, se presenta individual. No se logró determinar la especie, sin embargo, se obtuvo que los vectores asociados a estos aislamientos son *Metamasius hemipterus* L. y *Rhynchophorus palmarum*.

Hernández & Gómez (2021) describen a *Acinetobacter sp.* como cocobacilos gramnegativos que pueden parecer cocos al microscopio. Rani & Vijayalakshmi (2017) indican que no fermentan lactosa, presentan un color café y forman colonias transparentes. Díaz et al. (2023) reportan la presencia de *Acinetobacter sp.* en insectos asociados al banano, mientras que Kumar et al. (2018) destacan su hallazgo en coleópteros, subrayando las importantes implicaciones ecológicas y sanitarias debido a que estos insectos pueden diseminar bacterias resistentes.

- *Staphylococcus sp.*

La identificación de *Staphylococcus sp.* Encontrados en los aislamientos PR3 (-2) 1, PR4 (-2) 1 y HB (-2) 1 se realizó mediante el análisis de sus características culturales y morfológicas. Morfológicamente, *Staphylococcus* es un coco gram-positivo, que típicamente se agrupa en racimos o "racimos de uvas" al observarse bajo el microscopio. Culturalmente, en medio de cultivo MacConkey, *Staphylococcus* forma colonias translúcidas o incoloras de coloración crema_amarillo.

Según Cervantes et al. (2014), estas bacterias son cocos grampositivos que pueden presentarse en pares, de manera aislada, o formando racimos. La formación de racimos es una característica muy común de este género. Además, Guzmán et al. (2017) menciona la importancia de los cultivos en agar MacConkey, destacando que los cultivos de *Staphylococcus* no son fermentadores que generalmente se presentan con una apariencia transparente.

Según Jiménez et al. (2022), se ha observado que la presencia de Staphylococcus en el picudo puede tener implicaciones para la sanidad vegetal, ya que estos insectos pueden actuar como vectores de bacterias patógenas. La presencia de Staphylococcus en los vectores *Metamasius hemipterus* L. y *Paratrechina fulva* sugiere que estos insectos pueden ser vectores importantes para la diseminación de estas bacterias en los cultivos de banano.

- ***Dickeya chrysanthemi* cf.**

La identificación de *Dickeya chrysanthemi* (anteriormente conocida como *Erwinia chrysanthemi*) en el aislamiento PR5 (-2) 1 se dio mediante sus características culturales y morfológicas distintivas. podemos deducir que las características observadas en el cultivo de estudio son colonias de color rosado-rojizo, circular, enteros, lisos al examinar bajo el microscopio, se identificaron bacilos gramnegativos, que se caracterizan por ser rectos y cortos. Se observan como células individuales o en pares.

Según FAHY y PERSLEY (1983), las colonias de *Erwinia chrysanthemi* (actualmente conocida como *Dickeya chrysanthemi*) y *Erwinia carotovora* (ahora *Pectobacterium carotovorum*) suelen ser circulares, convexas, lisas y enteras, aunque también pueden presentar márgenes irregulares. Las investigaciones han demostrado que *Metamasius hemipterus* puede transportar *D. chrysanthemi* cf. tanto en su superficie externa como en su sistema digestivo, contribuyendo a la transmisión de esta bacteria a través de sus actividades de alimentación y movimiento (González et al., 2022).

Su aislamiento en asociación con *Metamasius hemipterus* L. subraya la importancia de este insecto como vector de patógenos vegetales. La diseminación de *Dickeya* por estos vectores puede tener implicaciones significativas para la agricultura, especialmente en cultivos de alto valor económico como las plantas ornamentales y hortícolas (Charkowski, 2018).

- ***Klebsiella oxytoca* cf.**

En el aislamiento PR5 (-2) 2 se encontró *K. oxytoca*, el cual morfológicamente es un bacilo gram-negativo, de forma recta y tamaño mediano. Una característica clave de *K. oxytoca* es de una apariencia mucóide en las colonias. En el agar MacConkey, produce colonias mediano, con bordes enteros y de color rosadas debido a su capacidad para fermentar lactosa rápidamente, lo que distingue a esta especie de otras enterobacterias.

Según Podschun & Ullmann (2020), es un bacilo gram-negativo, con un tamaño de 1-2 micrómetros de largo y 0.5 micrómetros de ancho, que presenta una cápsula prominente responsable de la apariencia mucóide de sus colonias (Podschun & Ullmann, 2020). Un estudio realizado por Kamel et al. (2022) reveló que la presencia de *Klebsiella oxytoca* en el sistema digestivo de *M. hemipterus*.

- ***Enterococcus sp.***

Se pudo observar en los aislamientos PR7 (-2) 1, PNP (-2) 1, PNG (-2) 3 y PNG (-2) 8 la formación de colonias pequeñas y generalmente translúcidas o de un color rosado. Sin embargo, no fermenta la lactosa, lo que lo diferencia de muchas enterobacterias gramnegativas que forman colonias de color rosa o rojo intenso debido a su capacidad para fermentar la lactosa.

Morfológicamente, *Enterococcus sp.* se presenta como cocos grampositivos que se agrupan en pares. Según (Diaz et al., 2010), son gram positivas esféricas u ovoides que pueden ir de 0.6 a 2 micras no son formadores de lactosa y que se presentan en pares o en cadenas cortas. Rasadiya et al. (2023), mencionan que hicieron cultivos e aislamientos de *enterococcus* en agar MacConkey y encontraron colonias de color rosado magenta brillantes las cuales se consideraron como *enterococcus*. Acuña (2009), realizó un estudio de diversidad bacteriana en el intestino de larva de coleópteros y encontró varias especies de *enterococos*.

- ***Pseudomonas sp.***

Pseudomonas sp. es una bacteria gramnegativa encontrada en el aislamiento D1 (-2) 1, y es conocida por no fermentar lactosa, produciendo colonias incoloras o translúcidas (amarillo_cafe). Se caracterizan por ser grandes, lisas, bordes irregulares. Morfológicamente, *Pseudomonas* son bacilos rectos.

Puma & Palomino (2019), describe características importantes de las colonias de *Pseudomonas*, señalando que tienen bordes ondulados e irregulares, una superficie lisa y una consistencia cremosa. Las bacterias son bacilos gramnegativos. Según Ashdown & Clarke (1992), mencionan que algunas especies de *Pseudomonas* comienzan a tomar una tonalidad amarillo-café después de 24 horas. Saati (2021), menciona algo importante que la *pseudomona* se ha encontrado varias especies de *pseudomonas* asociadas a insectos sea tanto en su entorno como también formando de la microbiota natural de los insectos.

- ***Providencia sp.***

En los aislamientos E (-2) 2, PNG (-2) 1, PNG (-2) 5 y PNP (-2) 3 se encontró la bacteria gramnegativa *Providencia sp.*, la cual pertenece a la familia Enterobacteriaceae que forma colonias incoloras o ligeramente translúcidas debido a la incapacidad de fermentar la lactosa presente en el medio, Las colonias de *Providencia sp.* suelen ser de tamaño mediano, lisas y de bordes enteros. Morfológicamente, al microscopio, *Providencia* aparecen bacilos pequeños y unidos solos y en pares.

Según Nagham (2020), menciona que se utilizó agar MacConkey para aislar *Providencia*, destacando que las colonias de esta bacteria suelen ser hialinas, es decir, transparentes y brillantes, a veces opacas, con bordes enteros y no fermentadoras de lactosa. Chacón (2009) realizó un estudio en un escarabajo y encontró una bacteria con características similares a las observadas en el cultivo: bacilos pequeños y no muy alargados, frecuentemente en pares.

- ***Streptococcus sp.***

Esta bacteria grampositiva se encontró en los aislamientos T (-2) 2 y T (-2) 3 la cual presentó colonias rojizas pequeñas, redondeadas y opacas. Morfológicamente, *Streptococcus* aparece como cocos esféricos que se agrupan en diplococos bajo el microscopio. Según (Gaschnigard et al., 2020), describen las características de *Streptococcus*, destacando que son bacterias grampositivas de forma cocoide ovalada, que se agrupan en pares o en cadenas.

Windsor & Elliott (2009), mencionan que realizaron cultivos de *Streptococcus* en agar MacConkey y observaron colonias de color rojizo. Este dato es especialmente relevante, ya que actualmente la mayoría de las investigaciones se basan en técnicas moleculares y suelen usar agar sangre para el cultivo de estas bacterias.

- ***Burkholderia sp.***

Se observó poblaciones en los aislamientos PNP (-2) 4, PNG (-2) 2 y PNG (-2) 10 de esta bacteria gramnegativa que puede ser no fermentadora de lactosa. Las colonias son lisas, brillantes y de tamaño pequeño a mediano. Muestran un ligero color amarillo debido a la producción de pigmentos. Morfológicamente, son bacilos rectos o ligeramente curvados se encuentran solos (agrupados).

Según Palleroni (2015), describe varias características de la bacteria son bacilos gramnegativos que pueden encontrarse solos o en empalizada (en cadenas o agrupados). También se menciona que algunas especies no fermentan lactosa, presentando un color naranja en las colonias, y que pueden habitar en animales y suelos, siendo patógenas o no patógenas. La bacteria *Burkholderia sp.* ha sido identificada como una de las bacterias asociadas con el insecto *Cosmopolites sordidus* Germar, conocido comúnmente como el picudo negro del banano.

- ***Proteus sp.***

Se encontró poblaciones en los aislamientos B1 (-1) 3 (-4), B1 (-1) 4 (-4), B1 (-1) 2 (-4) y B1 (-1) 1 (-4), identificado como un bacilo gram-negativo, estos son bacilos rectos y típicamente se agrupan en pares o cadenas cortas. Además, las colonias pálidas o incoloras, son lisas y presentan un aspecto mucoso. En medio de cultivo como el agar MacConkey, *Proteus* no fermenta lactosa.

Según Dharmadhikari & Peshwe (2009), mencionan que *Proteus sp.* es gramnegativa y no fermenta lactosa, caracterizándose por formar colonias translúcidas en agar MacConkey. Al-Bassam & Al-Kazaz (2013), menciona que *Proteus sp.* son bacilos gramnegativos y una característica notable es que estos bacilos se encuentran en pares. Según (Broderick & Lemaitre, 2012), la presencia de *Proteus sp.* en *Drosophila melanogaster* ha sido documentada en estudios que investigan la microbiota intestinal de este insecto, destacando la capacidad de *D. melanogaster* para albergar una diversidad de bacterias, incluidas algunas que pueden tener efectos significativos en su fisiología y comportamiento.

- ***Achromobacter sp***

Esta bacteria gramnegativa encontrada en el aislamiento PNG (-2) 4, típicamente no fermenta lactosa, por lo que en el medio de cultivo MacConkey, produjo colonias incoloras o translúcidas, lisas, de bordes definidos, y tamaño mediano. Su morfología bajo el microscopio es la de bacilos rectos, y pueden agruparse individualmente.

Según Chester & Cooper (1979), las colonias de esta bacteria son transparentes y no fermentan lactosa. Además, a nivel microscópico, se describe que son bacilos que se encuentran solos, en pares o a veces curvados. (Pérez et al., 2020) destaca un hallazgo significativo la presencia de *Achromobacter sp.* en un coleóptero.

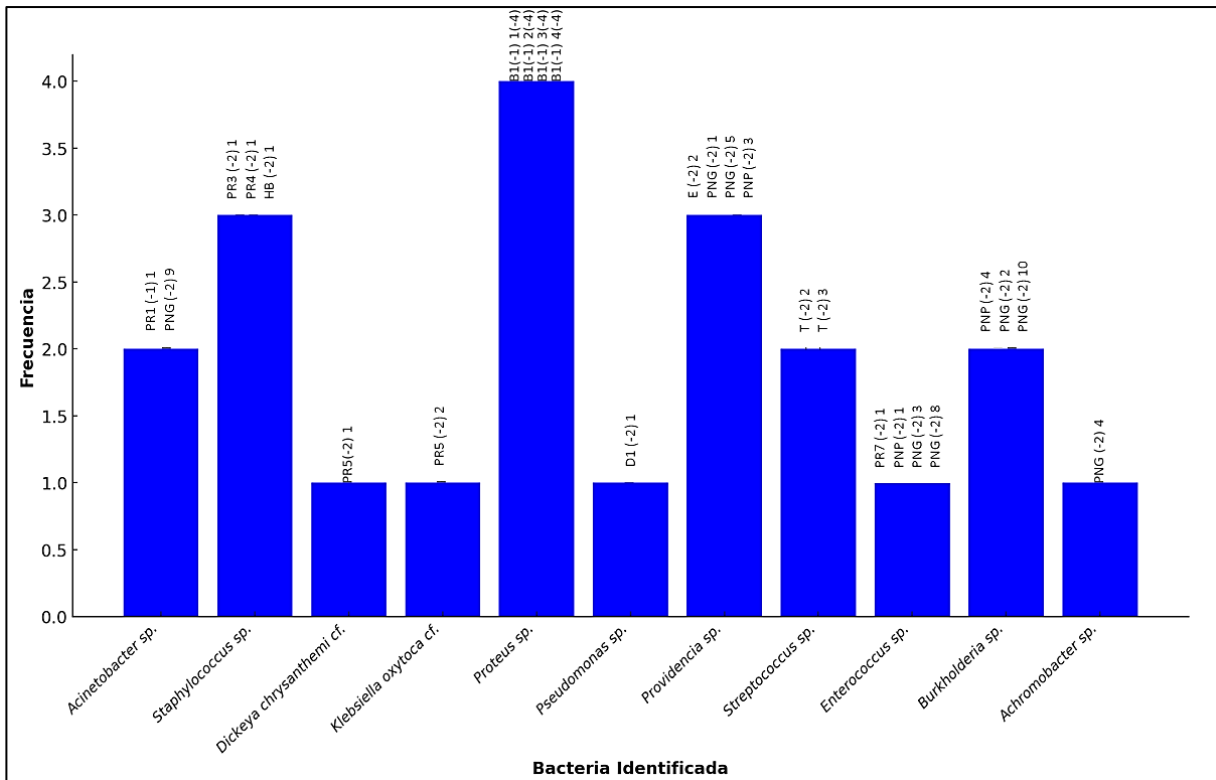


Figura 22. Gráfico de Bacterias identificadas en cada aislamiento.

El gráfico de barras presenta la frecuencia de distintos géneros bacterianos identificados en cada muestra aislada, con una representación clara de la distribución de estos géneros. *Providencia sp.* y *Enterococcus sp.* muestran una notable incidencia, cada uno con observaciones en 3 distintos aislamientos. Otros géneros como *Staphylococcus sp.*, *Acinetobacter sp.* y *Burkholderia sp.* presentan observaciones en 2 aislamientos cada uno, indicando una moderada prevalencia.

Por otro lado, géneros como *Dickeya chrysanthemi cf.*, *Klebsiella oxytoca cf.*, *Proteus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Streptococcus sp.* y *Achromobacter sp.* se detectaron en un solo tipo de aislamiento cada uno.

4.6. Identificación de virus

La identificación de virus en las plantas de banano que fueron infectadas a través de dos modos de inoculación (mecánica e insectos vectores), dieron como resultado síntomas como rayado clorótico y necrótico (RCN), clorosis intermitente (CI), y necrosamiento de nervadura secundaria (NNS). Las enfermedades asociadas a estos síntomas son el virus del estriado de

banano (BSV) y el virus del mosaico del pepino (CMV), con los géneros virales Badnavirus y Cucumovirus respectivamente. Este último se presentó en plantas cuyo modo de inoculación fue a través de insectos vectores, lo que podría indicar que la presencia de insectos aumento la probabilidad de infección de más de una especie de virus, tal como se indica en la tabla.

Tabla 14: Identificación de síntomas y enfermedades ocasionadas por virus en plantas inoculadas.

Muestra N°	Modo de inoculación	Síntomas			Enfermedad	Virus (especie)
		Zona	Órgano	Id		
1	Mecánica	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
2	Mecánica	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
3	Mecánica	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
4	Mecánica	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
5	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
6	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN; CIN	BSV; CMV	Badnavirus; Cucumovirus
7	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
8	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN; CI	BSV	Badnavirus
9	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN	BSV	Badnavirus
10	Ins. vectores	Aérea	Hoja	RCN; NNS	BSV; CMV	Badnavirus; Cucumovirus

Ref.: RCN= Rayado clorótico y necrótico; CI= Clorosis Intermitente; NNS= Necrosamiento de nervadura secundaria; CIN= Clorosis internerval; BSV= Virus del estriado de banano; CMV= Virus del Mosaico del Pepino.

La relación entre los síntomas observados y los virus identificados sugiere una especificidad en la manifestación de la infección viral en plantas de banano. La incidencia de síntomas como el rayado clorótico y necrótico (RCN) y la clorosis intermitente (CI) está consistentemente asociada con el Badnavirus, específicamente el virus del estriado de banano (BSV). Esto indica que BSV podría ser el principal contribuyente a estos síntomas en las condiciones experimentales establecidas.

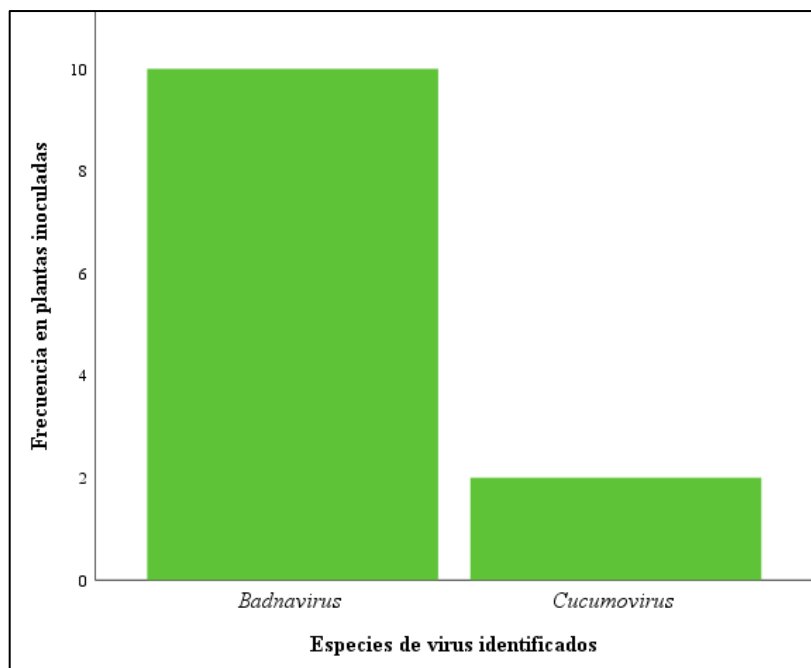


Figura 23. Gráfico de identificación de virus en plantas inoculadas.

La sintomatología expresada en la zona aérea de la planta, específicamente en las hojas, las cuales presentaron síntomas comunes de RCN y CI dando como resultado la identificación de las enfermedades BSV y CMV causadas por las especies de virus *Badnavirus* y *Cucumovirus*, de los cuales se encontró que *Badnavirus* está presente en las 10 plantas muestreadas (100%) y *Cucumovirus* en 2 plantas muestreadas (20%).

Estudios previos han demostrado que los *Badnavirus* son comunes en cultivos de banano, y su diagnóstico es crucial para el manejo de enfermedades en estos cultivos. La identificación precisa de los virus mediante síntomas permite a los agricultores aplicar medidas de control específicas, reduciendo así las pérdidas en rendimiento (Iskra-Caruana et al., 2010).

Según Legg et al. (2015), la comprensión de los mecanismos de transmisión es fundamental para desarrollar estrategias de control efectivas. Además, la presencia de *Cucumovirus*, específicamente el virus del mosaico del pepino (CMV), cuando se usan insectos vectores, sugiere la posibilidad de infecciones mixtas, que podrían complicar el diagnóstico y manejo de estas enfermedades en el campo (Tripathi et al., 2019).

5. CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido la identificación y clasificación de diversos insectos vectores implicados en la transmisión de enfermedades bacterianas y virales en el cultivo de banano. A través de métodos de captura sistemática y análisis taxonómico, se documentaron especies específicas que actúan como vectores, lo que proporciona una identificación precisa de estos vectores, crucial para la implementación de medidas de control que minimicen la propagación de patógenos y, por ende, las pérdidas económicas asociadas a la calidad y producción de banano.

El estudio permitió identificar las enfermedades bacterianas asociadas a cada uno de los insectos vectores capturados. De los 31 aislamientos que se realizaron, 16 resultaron ser Gram negativos y 10 Gram positivos. Se identificaron bacilos gramnegativos, que se han relacionado con la etiología de enfermedades significativas en banano. Esta identificación es esencial para comprender las interacciones entre los vectores y los patógenos. Se estableció una correlación significativa entre los vectores y las enfermedades.

El uso de dos modos de inoculación, mecánica y a través de insectos vectores, proporciona información valiosa sobre las vías de transmisión de los virus en plantas de banano. Mientras que la inoculación mecánica llevó a la manifestación uniforme de síntomas como RCN y CI, la inoculación a través de insectos vectores también indujo el necrosamiento de nervadura secundaria (NNS) en algunas muestras. Esto podría indicar que los insectos vectores no solo actúan como portadores, sino que también podrían afectar la expresión de síntomas debido a factores adicionales, como el estrés inducido por los insectos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, A. (2009). Estudio de la diversidad de hongos y bacterias asociados al intestino de larvas de coleópteros y determinación de sus propiedades lignocelulíticas. Repositorio Institucional del Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/552>
- Aguilar-Ancota, René, Ruiz, Wilk R., Morales-Pizarro, Arturo, Rafael-Rutte, Robert, Tirado-Lara, James, Saucedo-Bazalar, Manuel, Tuesta-Albán, César, Apaza-Apaza, Silverio, & Teodor, Kathia K.. (2021). Pudrición blanda en el pseudotallo de banano orgánico (*Musa* sp): sintomatología, caracterización cultural y bioquímica, patogenicidad y alternativas de manejo. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 571-578. Epub 00 de octubre de 2021. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000400571
- Al-Bassam, W. W., Al-Kazaz, A. K. (2013). The Isolation and Characterization of *Proteus Mirabilis* from Different Clinical Samples. *Journal of Biotechnology Research Center* Vol.7 No.2. <https://www.iasj.net/iasj/download/0bee41c163f195e7>
- Álvarez E., Pantoja A, Gañan L. y Ceballos G. 2013. Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina y el Caribe. CIAT / FAO. 40 pp.
- Álvarez, B., Biosca, E. G., & López, M. M. (2019). On the life of *Ralstonia solanacearum*, a destructive bacterial plant pathogen. *Current Research in Microbial Sciences*, 34(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.04.001>
- Anitha, S., Parimalan, R., & Arumugam, M. (2019). Vector Transmission and Molecular Mechanism of Virus Infections in Banana Plants. *Journal of Plant Pathology*, 101(2), 445-457. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00267-7>
- Aritonang, J., Simarmata, T., Nurhayati, N., & Ginting, E. (2019). Characterization of Banana Blood Disease caused by *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 10(3), 486-495.

- Aritonang, J., Simarmata, T., Nurhayati, N., & Ginting, E. (2021). Characterization of Banana Xanthomonas Wilt caused by *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 12(2), 256-267.
- ARROYAVE A., CARDONA M., AGUDELO L. 2013. Identificación de cepas nativas con potencial para obtención de polihidroxicanoatos - (PHAs) en lodos activados. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición Especial No. 2* (69-76)
- Blomme, G., Dita, M., Jacobsen, K. S., Pérez Vicente, L., Molina, A., Ocimati, W., ... & Prior, P. (2017). Bacterial diseases of bananas and enset: current state of knowledge and integrated approaches toward sustainable management. *Frontiers in plant science*, 8, 1290. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01290/full?utm_source
- BRADSHAW I, JACK, 1973. *Microbiología de laboratorio. El Manual Moderno México*. 235 páginas 19,29,31 p.
- Broderick, N. A., & Lemaitre, B. (2012). Gut-associated microbes of *Drosophila melanogaster*. *Gut Microbes*, 3(4), 307-321. <https://doi.org/10.4161/gmic.19896>
- Castro, A., & Ortiz, M. (2020). Estrategias de manejo integrado para la marchitez por *Ralstonia solanacearum* en banano. *Agronomía Andina*, 45(1), 89-97.
- Chabannes, M., Baurens, F.-C., Duroy, P.-O., Bocs, S., Vernerey, M.-S., Rodier-Goud, M., ... & Salmon, F. (2017). The banana fruit SStDV complex: StSdd2 is a viral genome-integrated RNA intermediate. *The Plant Journal*, 92(1), 164-176.
- Chao, Y. Y., Wang, Y. M., & Chen, H. C. (2020). Histopathological characterization of Banana Blood Disease in *Musa* spp. *Phytopathology*, 110(7), 1225-1232.
- Charkowski, A. (2018). The changing face of bacterial soft-rot diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 269-288. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045946>

- Chester, B., & Cooper, L. H. (1979). *Achromobacter* Species (CDC Group Vd): Morphological and Biochemical Characterization. *Journal of Clinical Microbiology*, 9(3), 425-436. <https://journals.asm.org/doi/epdf/10.1128/jcm.9.3.425-436.1979>
- Czajkowski, R., Pérombelon, M. C., van Veen, J. A., & van der Wolf, J. M. (2019). Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: A review. *Plant Pathology*, 68(2), 313-324. <https://doi.org/10.1111/ppa.13023>
- Dale, J., James, A., Paul, J. Y., & Smith, M. (2021). The impact of viruses on banana production and trade. *Annual Review of Virology*, 8(1), 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-091919-090340>
- Dharmadhikari, S. M., Peshwe, S. A. (2009). Molecular level studies on multiple antibiotic and serum resistance in UTI pathogens. *Indian Journal of Biotechnology*, 8(1), 40-45. [https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/2949/1/IJBT%208\(1\)%2040-45.pdf](https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/2949/1/IJBT%208(1)%2040-45.pdf)
- Díaz, M., Rodríguez, C., Zhurbenko, R. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 48(2), 147-161. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032010000200006&lng=es&tlng=es.
- FAO. (2023). The impact of plant diseases on banana production.
- Fernández, F.; Pico, J.; Avellán, B. (2021) “Guía para la Producción y Manejo Integrado del Cultivo de Plátano” 1era Ed. 2021. Guía N° 127. 28 páginas. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5825>
- Firman, S., Nuryati, S., & Supriadi, M. (2021). Transmission and Control of Banana Blood Disease in Indonesia. *Plant Disease Management Reports*, 15(1), 230-237.
- Frison E.A., and Putter C.A.J. 1989. *FAO/IBPGR/INIBAP Technical Guidelines for the Safe Movement of Musa Germplasm* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Plant Genetic Resources

Institute. <https://sites.google.com/a/cgxchange.org/musanet/documentation/technical-guidelines>.

Frison, E.A. and Sharrock, S.L. (Eds.). 1998. Banana streak virus: A unique virus-*Musa* interaction? Proceedings of a workshop of the PROMUSA. Virology working group held in Montpellier, France. January 19-21, 1998. <http://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/banana-streak-virus-a-unique-virus-musa-interaction/>

Garrido, Mario José, Ordosgoitti, Alfonso, & Lockhart, Benham E. L. (2005). Identificación del virus del rayado del banano en Venezuela. *Interciencia*, 30(2), 97-101. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442005000200010&script=sci_arttext

Gonzabay, R. 2017. Cultivo del Banano en el Ecuador (en línea). s.l., s.e. <http://www.revistaafese.org/ojsAfese/index.php/afese/article/view/317/314>.

Gómez, MF. 2017. Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (*Musa acuminata* AAA) en dos zonas productoras distintas (en línea). Investigativo. Guayaquil, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 78 p. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7714/1/T-UCSG-PRE-TECAGRO-119.pdf>.

Gupta, R., Pandey, S. K., & Singh, R. (2018). Histopathological changes in banana plants infected with Banana Bract Mosaic Virus (BBrMV). *Journal of Plant Pathology*, 100(3), 563-568. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-00234-4>

Halbert SE, Baker CA. 2015. Banana bunchy top virus and its vector *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry Pathology Circular No. 417. 8 pp. En línea: <https://www.fdacs.gov/content/download/70059/file/Banana%20bunchy%20top%202015%20circular%201.pdf> Fecha de consulta: 17 de marzo de 2023.

- Hayward, A. C. (2020). Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. *Journal of Applied Bacteriology*, 42(2), 210-223. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2020.tb01129.x>
- Herawati, N., Yuniati, W. E., & Setiawan, A. (2020). Biological Control Strategies for Banana Blood Disease. *International Journal of Agricultural Science*, 12(4), 654-661.
- Heslop-Harrison, J. S., & Schwarzacher, T. (2022). Plant pathogens and plant diseases: Impacts on agriculture. *Plant Pathology Journal*, 74(3), 356-372.
- Heu R. 2009. Two Banana Diseases Spread in Africa. En línea: <https://feww.wordpress.com/2009/08/26/twobanana-diseases-spread-in-africa/> Fecha de consulta: marzo 2023
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf
- Iskra-Caruana, M.-L., Baurens, F.-C., Gayral, P., & Chabannes, M. (2010). A four-partner plant-virus interaction: Enemies can also come from within. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23(11), 1394-1402. <https://doi.org/10.1094/MPMI-06-10-0121>
- James, C. 2009. Banano, origen e influencia en la economía Ecuatoriana. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2020. <http://carlosjames-carlosjames-1.blogspot.com/>
- Jiménez, L., Torres, E., & Pérez, R. (2019). Control de la marchitez bacteriana del banano en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Fitopatología*, 34(2), 123-130.
- Jones D.R. (ed.) 2000a. Diseases of Banana, Abacá and Enset. CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK. 544pp.
- Jones D.R. 2000b. Cladosporium speckle. Pp. 108-111 in Diseases of Banana, Abacá and Enset. (D.R. Jones, ed.). CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK.

- Jones D.R. 2000c. Freckle. Pp. 120-125 in Diseases of Banana, Abacá and Enset (D.R Jones, ed.). CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK.
- King, A. M., Lefkowitz, E., Adams, M.J., and Carstens, E.B. 2012. Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Burlington: Elsevier Science. 1344 pp.
- Kubiriba, J., Nakato, V., & Tinzaara, W. (2020). Biological Control Strategies for Banana Xanthomonas Wilt. *International Journal of Agricultural Science*, 14(3), 312-321.
- Kumar, P. L., Selvarajan, R., Iskra-Caruana, M.-L., Chabannes, M., & Hanna, R. (2020). Biology, Etiology, and Control of Virus Diseases of Banana and Plantain. *Advances in Virus Research*, 106, 175-246. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2019.11.004>
- Legg, J. P., Kumar, P. L., Makesh Kumar, T., Tripathi, L., Ferguson, M., Kanju, E., Ntawuruhunga, P., & Cuellar, W. (2015). Cassava virus diseases: Biology, epidemiology, and management. *Advances in Virus Research*, 91, 85-142. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2014.10.001>
- Lockhart B.E.L. 1986. Purification and serology of a bacilliform virus associated with banana streak disease. *Phytopathology* 76:995-999.
- Lockhart, B.E.L., and Jones, D.R. 2000. Disease caused by viruses. Banana streak. En: D.R. Jones (ed.) Diseases of Banana, Abaca and Enset, CABI Publishing, Wallingford.
- Ma, B., Hibbing, M. E., Kim, H. S., Reedy, R. M., Yedidia, I., Breuer, J., Breuer, J., Glasner, J. D., Perna, N. T., Kelman, A., & Charkowski, A. O. (2007). Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology*, 97(9), 1150-1163. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-9-1150>
- MACCONKEY, A. 1905. Lactose-fermenting bacteria in faeces. *J. Hyg.* 5:333-379.
- Magnaye, J. E. (Diciembre de 1996). *MOSAICO DE LA BRACTEA DEL BANANO*. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/93072cda-c6e3-493b-8247-2401b01d2e28/content>

- MARCELO A., ET AL. 2017. Inhibición del crecimiento de *Erwinia chrysanthemi* a diferentes concentraciones de ácido fólico: posible uso del ácido fólico como agente bacteriostático y fortificante de la papa *Solanum tuberosum*. *Rev. Univ. Salud.* 9(1):140-148. <http://dx.doi.org/10.22267/rus.171901.77>
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey, J. C., Urias, C., Lescot, T., Roux, N., Salazar, J., & Rodríguez, Y. (2023). Banana bunchy top virus: amenaza para las musáceas en América Latina y el Caribe. *Agronomy Mesoamerican*, 34(1), 49577-49577. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v34n1/1659-1321-am-34-01-00022.pdf>
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M. A., Verdier, V., Beer, S. V., Machado, M. A., Toth, I., Salmond, G., & Foster, G. D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(6), 614-629. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
- Manzo-Sánchez, Gilberto, Orozco-Santos, Mario, Martínez-Bolaños, Luciano, Garrido-Ramírez, Eduardo, & Canto-Canche, Blondy. (2014). Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa sp.*) en México. *Revista mexicana de fitopatología*, 32(2), 89-107. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200089&lng=es&tlng=es.
- Mbaka, J. N., Mwangi, M., & Turyagyenda, L. F. (2021). Disease Cycle and Epidemiology of Banana Xanthomonas Wilt in East Africa. *Journal of Plant Protection Research*, 61(2), 189-200.
- Meier-Stephenson, V., Brown, C., & Zhou, L. (2024). Integrated pest management strategies for sustainable banana cultivation. *Journal of Agricultural Science*, 19(2), 125-138.
- Mendoza, M. 2016. Un viaje al origen del 'boom' bananero. Informativa (en línea, sitio web). <https://www.elcomercio.com/actualidad/banano-boom-produccionexportacion-planetaeideas.html>.

- Mitchell, J. F., & Gordon, J. (1966). A Review of Banana Diseases and their Control. *International Journal of Pest Management B*, 12(1), 7-32. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/05331846609438405>
- Morales, D., & Paredes, F. (2022). Avances en el manejo de vectores de virus en cultivos de banano. *Investigaciones Agrícolas del Ecuador*, 28(1), 44-53.
- Mwebaze, M., Ssali, R. T., & Kyazze, M. (2021). The Role of Pollinators in the Transmission of Banana Xanthomonas Wilt. *African Journal of Agricultural Research*, 16(5), 789-798.
- Nabor-Romero, O. 2014. Identificación del virus asociado al rayado de plátano en Monte blanco, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 33 pp.
- Nakato, V., Beed, F., & Tusiime, G. (2019). Historical Perspectives and Advances in Understanding Banana Xanthomonas Wilt. *Plant Pathology Journal*, 18(4), 123-134.
- Niyongere, C., Omondi, A. B., & Blomme, G. (2015). The banana bunchy top disease. In: Tennant P., Fermin G. (eds). *Virus diseases of tropical and subtropical crops*. CAB International Plant Protection Series. Wallingford (UK), pp. 17-26. ISBN: 9781780644264.
- Ocimati, W., Tripathi, L., & Tinzaara, W. (2019). Transmission and Control of Banana Xanthomonas Wilt in Africa. *Plant Disease Management Reports*, 17(1), 143-150.
- Ortiz, A. M. D., & Torres, J. N. V. (2020). Assessing the impacts of agriculture on biodiversity. *Land*, 9(11), 403. <https://doi.org/10.3390/land9110403>.
- Palleroni, N.J. (2015). Burkholderia†. In *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria* (eds M.E. Trujillo, S. Dedysh, P. DeVos, B. Hedlund, P. Kämpfer, F.A. Rainey and W.B. Whitman). <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm00935>
- Perez, F. J., Rosete, M., Trujillo, M. R., Romero, A. A., (2020). Aparato reproductor de hembras de *Phyllophaga ravidia* Blanchard 1850 (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con colonias bacterianas. [https://www.researchgate.net/profile/Maria- Enriquez-](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Enriquez-)

17/publication/353669510_APARATO_REPRODUCTOR_DE_HEMBRAS_DE_Phyllophaga_ravida_Blanchard_1850_COLEOPTERA_MELOLONTHIDAE_ASOCIADO_CON_COLONIAS_BACTERIANAS/links/61098c040c2bfa282a202e46/APARATO-REPRODUCTOR-DE-HEMBRAS-DE-Phyllophaga-ravida-Blanchard-1850-COLEOPTERA-MELOLONTHIDAE-ASOCIADO-CON-COLONIAS-BACTERIANAS.pdf

- Ploetz R.C., J.E. Thomas & W. Slaubaugh. 2003a. Diseases of banana and plantain. pp. 73-134 in Diseases of Tropical Fruit Crops (R.C. Ploetz, ed.). CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK.
- Putra, M. D., Iskandar, J., & Utomo, C. (2020). Symptomatology and Diagnosis of Banana Blood Disease. *Journal of Agricultural Research*, 98(5), 1020-1030.
- Ramírez, J., Herrera, S., & González, M. (2021). Vectores de virosis en banano y su manejo en Ecuador. *Revista de Virología Tropical*, 56(3), 210-218.
- Radadiya. N., Shah, K., Mehta, S. (2023). Study of Antimicrobial Resistance among Enterococcus Species in Tertiary Care Teaching Hospital. *Saudi J Pathol Microbiol*, Jun, 2023; 8(6): 122-125. https://saudijournals.com/media/articles/SJPM_86_122-125.pdf
- Rajamäki, M.-L., & Valkonen, J. P. T. (2018). The Two-Edged Sword: Benefits and Risks of Virus Resistant Transgenic Plants. *Current Issues in Molecular Biology*, 27, 103-122. <https://doi.org/10.21775/cimb.027.103>
- Rivas, G., & Rosales, F. (2003). *Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos*. International Plant Genetics Resources Institute. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/176743/retrieve>
- RUIZ W. 2015. Identificación del agente causal y descripción sintomatológica de la pudrición acuosa en cultivos de banano orgánico, Valle del Chira Sullana — Piura. Tesis para optar el título Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía UNP. 58 pp.

- Sasaya, T., Nakazono-Nagaoka, E., & Koganezawa, H. (2020). Cucumber Mosaic Virus. En B. Karthikeyan (Ed.), *Advances in Virus Research* (Vol. 108, pp. 119-148). Academic Press.
- SENASICA. (2016). Servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria. Marchitez bacteriana del platano. Direccion general de sanaidad vegetal. <http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/marchitezPLATANO.pdf>
- Sharma, P., & Sharma, R. K. (2019). Genomic organization and variability of potyviruses infecting banana plants. *Virus Research*, 261, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.01.012>
- Silva, J. 2019. El Cultivo de Banano - Producción y Curiosidades. Informativa (en línea, sitio web). <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-banano/>
- Singh, A., Tripathi, S., & Banerjee, A. (2020). Mechanisms of Virus Transmission in Plants. *Journal of Virology*, 94(8), e02006-19. <https://doi.org/10.1128/JVI.02006-19>
- Sotomayor, I (2014) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Moko del plarano. <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/presentaciones-iniap.pdf>
- Stainton, D., Martin, D.P., Muhire, B.M., Lolohea, S., Halafihi, M., Lepoint, P., Blomme, G. , Crew, K.S., Sharman, M., Kraberger, S., Dayaram, A., Walters, M., Collings, D.A., Mabvakure, B., Lemey, P., Harkins, G.W., Thomas, J.E., Varsani, A. 2015. The global distribution of Banana bunchy top virus reveals little evidence for frequent recent, human-mediated long distance dispersal events. *Virus Evolution* 1:1-16. <http://doi:10.1093/ve/vev009>
- Stover R.H. 1972. *Banana, Plantain and Abaca diseases*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK. 316pp.
- Sudaka, P. 2006. *Historia y Economía del Ecuador: Economía del Banano. Modelo Estatal de Desarrollo. Década de los 70's*. Informativa (en línea, sitio web).

<http://historiaecuador.blogspot.com/2006/09/economia-del-banano-modeloestatal-de.html>.

Sundararaj, R., Lee, C., & Lim, T. K. (2020). Distribution and Impact of Banana Blood Disease in Southeast Asia. *Asian Journal of Plant Pathology*, 14(2), 213-221.

Supriadi, M., Ismail, I., & Herlina, R. (2019). Disease Cycle and Epidemiology of Banana Blood Disease. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 328-336.

Tapia, D. S. (2022). Ecuador: nuestra agricultura dependiente. Boletín Desgranando cifras. <https://ocar.u.org.ec/wp-content/uploads/2022/07/BOLETINES-ECONOMICO.pdf>

Thangavelu, R., & Loganathan, M. (2019). Management of Banana Viral Diseases. In *Tropical Fruits: From Cultivation to Consumption and Health Benefits* (pp. 215-234). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33574-8_9

Thomas, J.E., Iskra-Caruana, M.L., Magnate, L.V., and Jones, D.R. 2000. Disease caused by virus. Bract mosaic. En: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abaca and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK.

Thwaites, R., & Blomme, G. (2022). *Strategies for Management of Banana Bunchy Top Virus. Plant Diseases and Pathogens*, Springer.

Thwaites R., S.J. Eden-Green & R. Black. 2000. Diseases caused by bacteria. Pp. 213-239 in *Diseases of Banana, Abacá and Enset* (D.R. Jones, ed.). CABI Publishing. Wallingford, Oxon, UK.

Toth, I. K., Bell, K. S., Holeva, M. C., & Birch, P. R. J. (2021). Soft rot erwiniae: From genes to genomes. *Molecular Plant Pathology*, 12(1), 49-58. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00670.x>

Tripathi, L., Ntui, V. O., & Tripathi, J. N. (2022). Control of Bacterial Diseases of Banana Using CRISPR/Cas-Based Gene Editing. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7), 3619. <https://doi.org/10.3390/ijms23073619>

- Tripathi, L., Ntui, V. O., & Tripathi, J. N. (2019). Application of genetic modification and genome editing for developing climate-smart banana. *Food and Energy Security*, 8(3), e00168. <https://doi.org/10.1002/fes3.168>
- Tushemereirwe W., A. Kangire, J. Smith, F. Ssekiwoko, M. Nakyanzi, D. Katuma, C. Musitwa & R. Karyaija. 2003. Epidemia del marchitamiento bacteriano en los bananos de Uganda. *InfoMusa* 12(2):6-8.
- Villegas B. & Cañas, G.P. 2009. Informe Técnico Final, proyecto “Estandarización de un método de diagnóstico de los virus que afectan los cultivos de plátano y banano en el Eje Cafetero” Código 112734119373. Universidad de Caldas, Corporación para investigaciones biológicas. Documento interno. 34 p.
- Vivian A. Rincón-Flórez, J. D. (10 de Marzo de 2022). *APS Publications [Fotografía]*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1436-RE>
- Wardlaw C.W. 1961. *Banana Diseases including Plantains and Abaca*. Longmans, Green and Co Ltd., London, UK. 648pp
- Wasukira, A., Eden-Green, S., & Blomme, G. (2020). Histopathological Insights into Banana *Xanthomonas* Wilt Infection. *Phytopathology*, 110(5), 865-874.
- Watanabe, S., Greenwell, A. M., & Bressan, A. (2013). Localization, concentration, and transmission efficiency of Banana bunchy top virus in four asexual lineages of *Pentalonia* aphids. *Viruses*, 5(2), 758-776.

7. ANEXOS

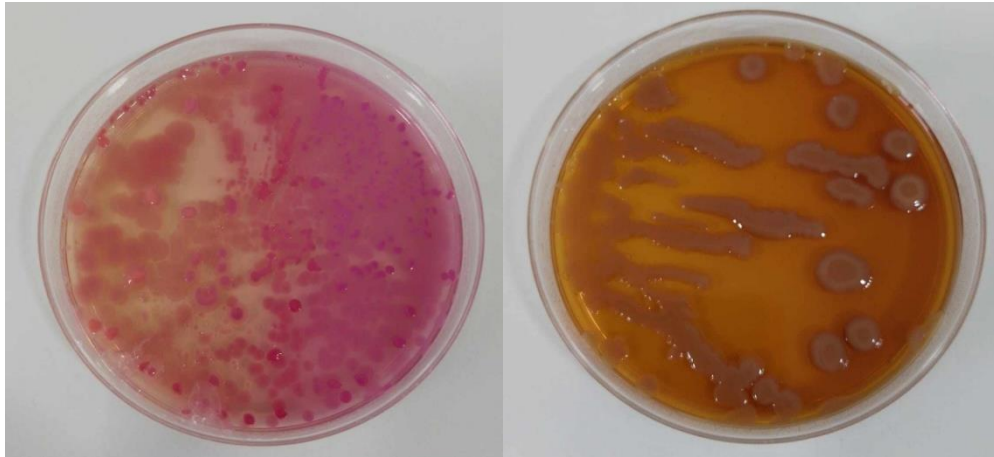


Figura 24: Inoculación y purificación en medio de cultivo MacConkey, muestra: Picudo rayado

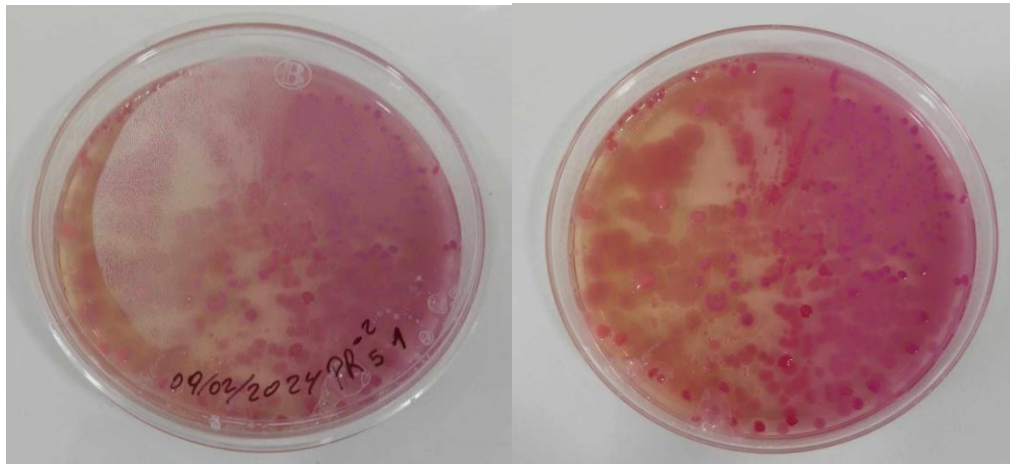


Figura 25: Cepa pura, muestra: Picudo rayado.

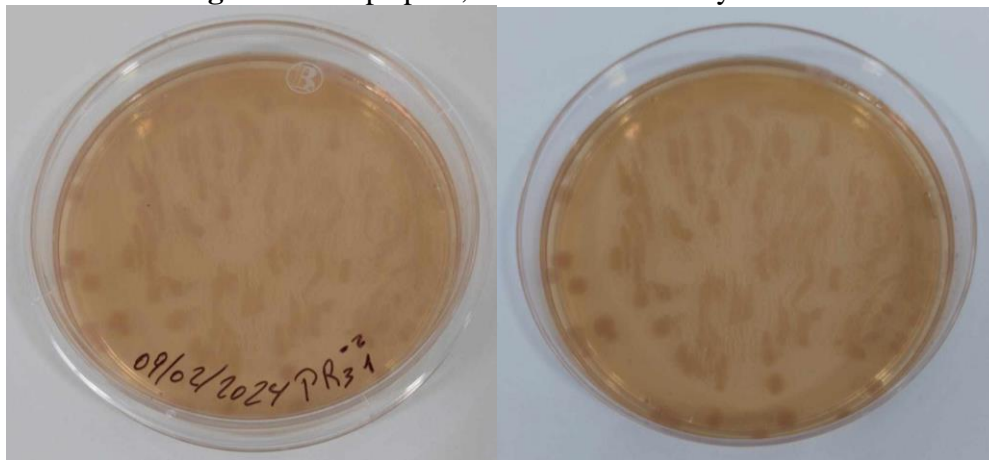


Figura 26: Cepa pura, muestra: Picudo rayado.

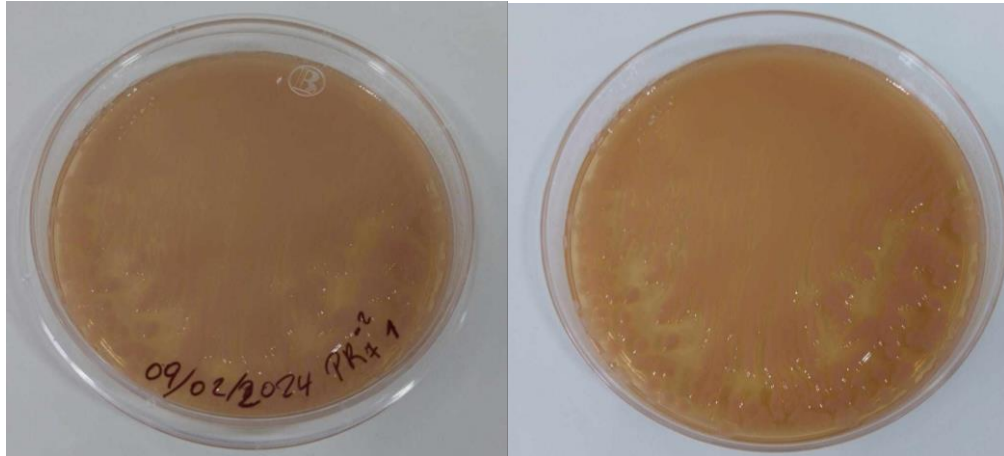


Figura 27: Cepa pura, muestra: Picudo rayado

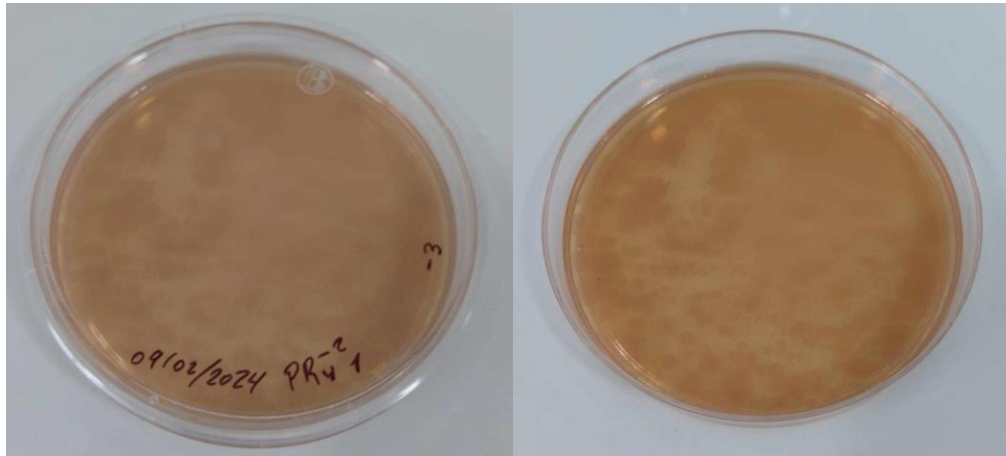


Figura 28: Cepa pura, muestra: Picudo rayado.

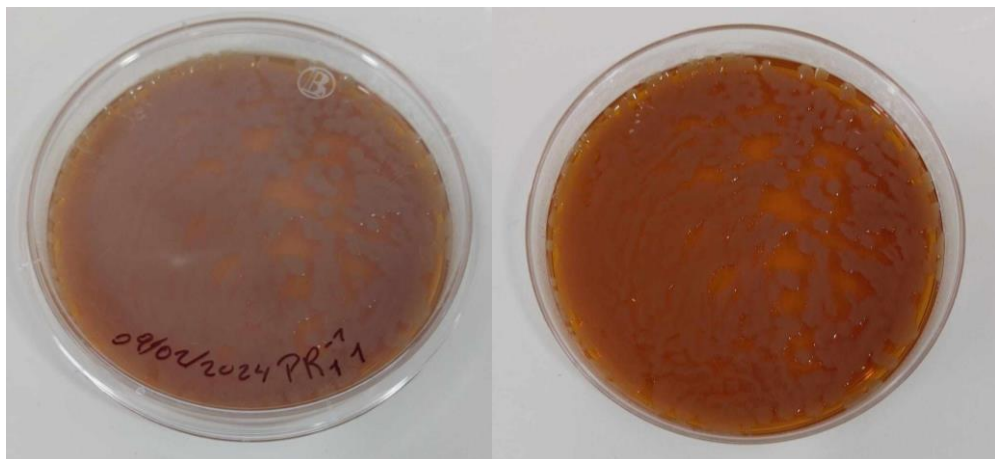


Figura 29: Cepa pura, muestra: Picudo rayado.

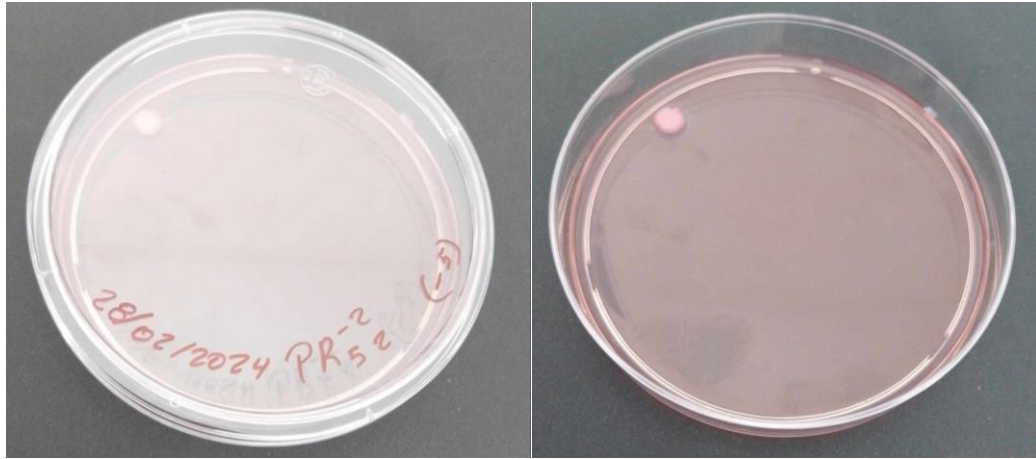


Figura 30: Cepa pura, muestra: Picudo rayado.

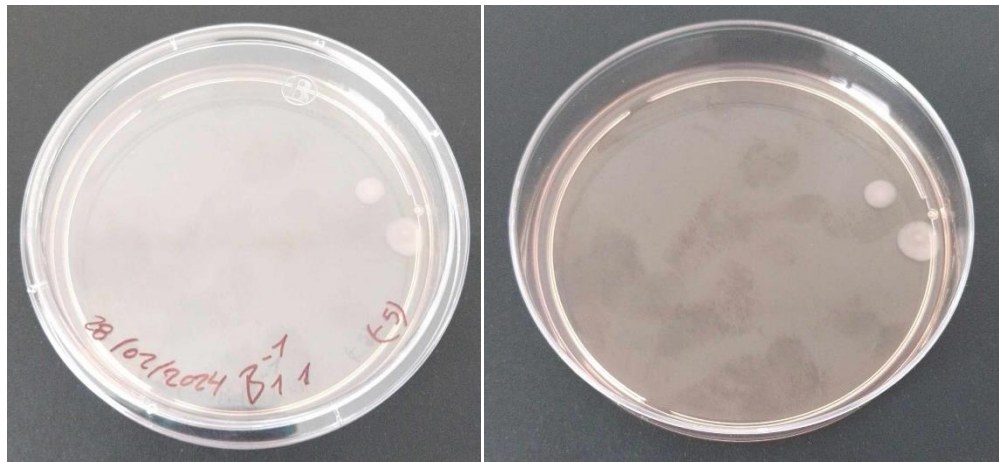


Figura 31: Cepa pura, muestra: Mosca de la fruta

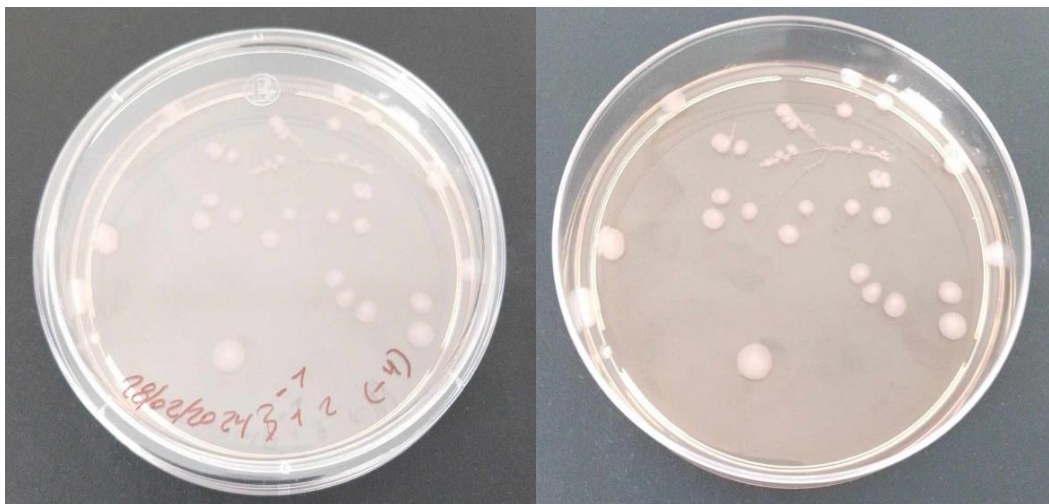


Figura 32: Cepa pura, muestra: Mosca de la fruta

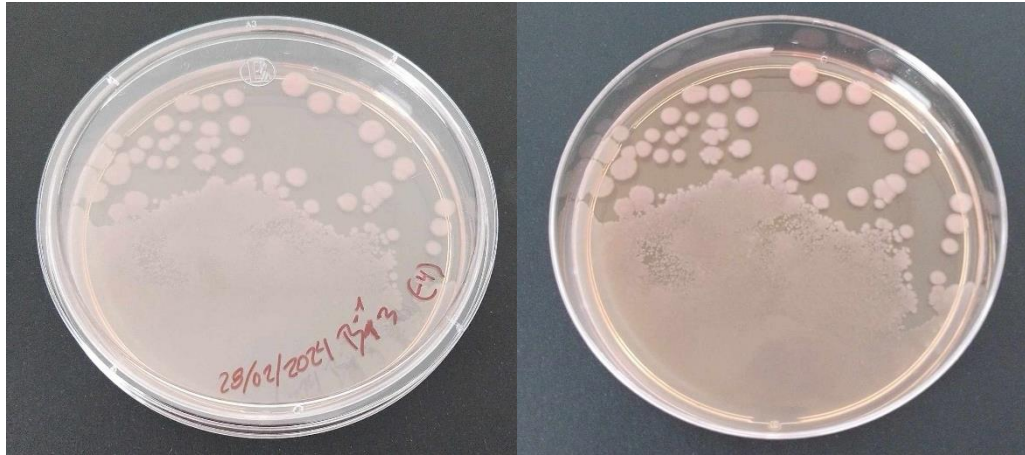


Figura 33: Cepa pura, muestra: Mosca de la fruta

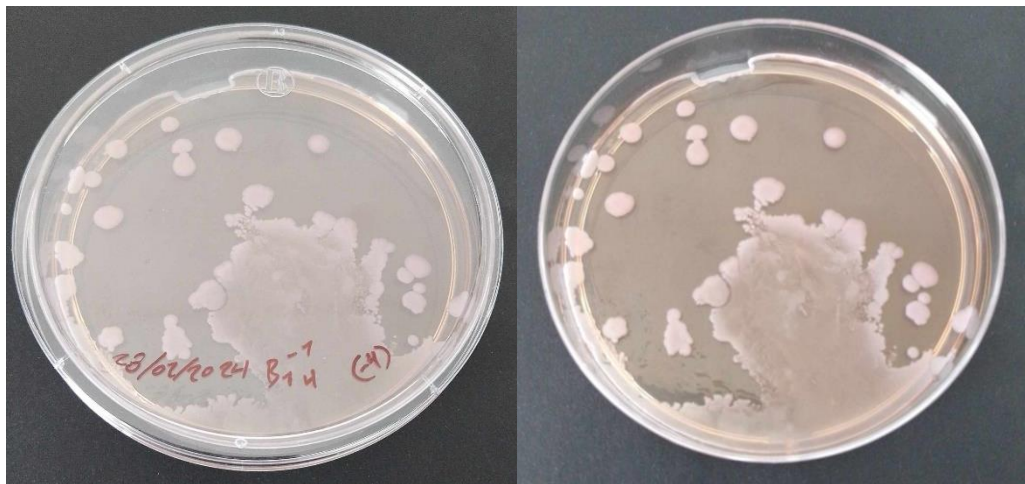


Figura 34: Cepa pura, muestra: Mosca de la fruta

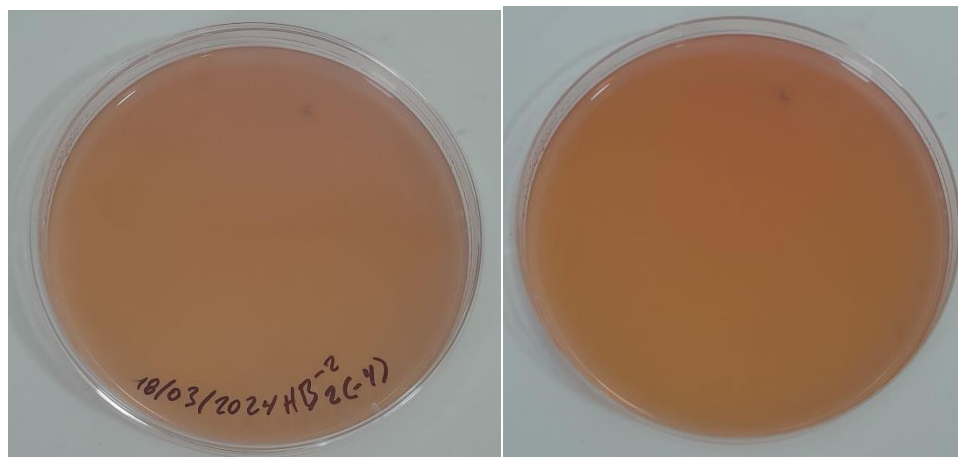


Figura 35: Cepa pura, muestra: Paratrechina fulva

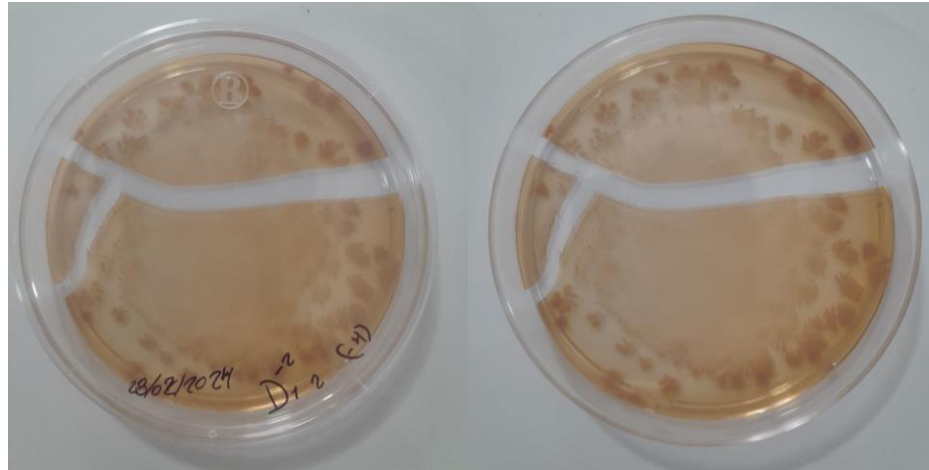


Figura 36: Cepa pura, muestra: *Hermetia illucens*

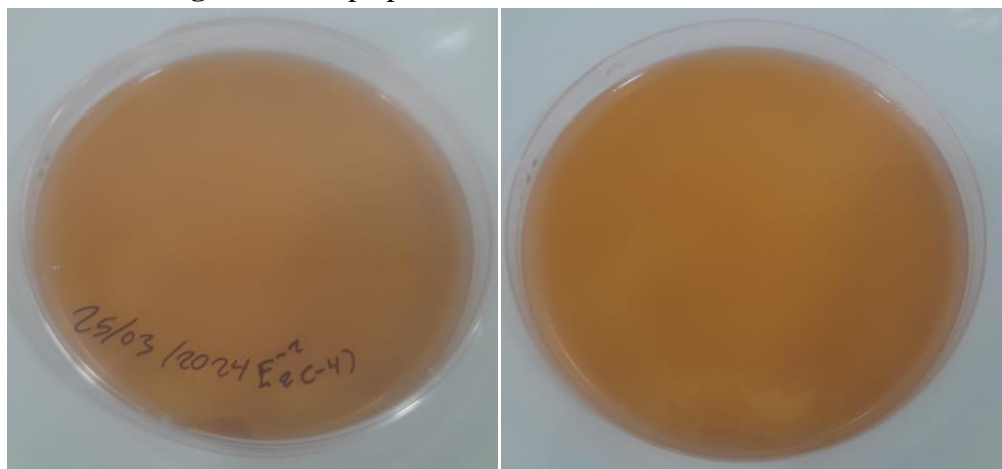


Figura 37: Cepa pura, muestra: *Saprinus cyaneus* Erichson

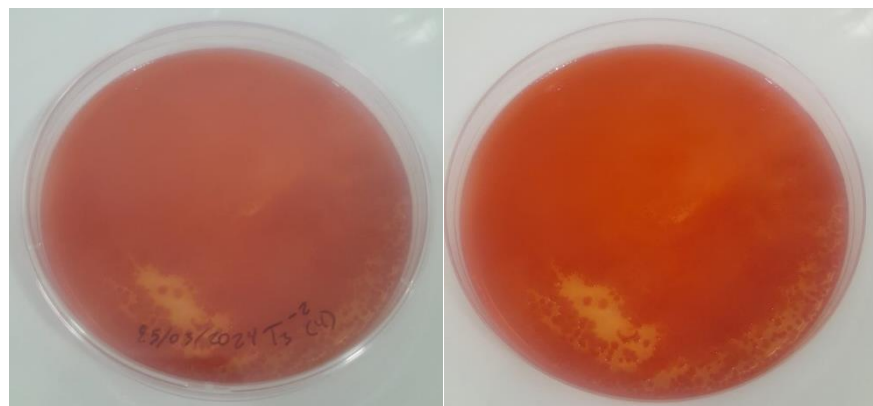


Figura 38: Cepa pura, muestra: *Forficula ruficollis*

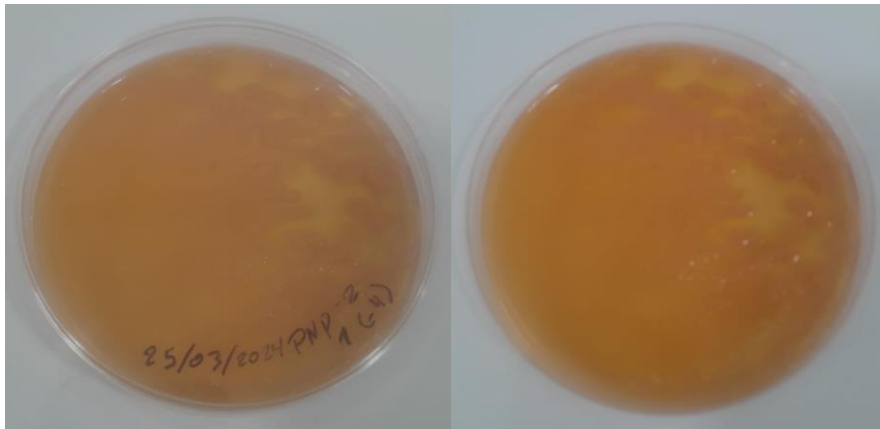


Figura 39: Cepa pura, muestra: *Cosmopolites sordidus* Germar

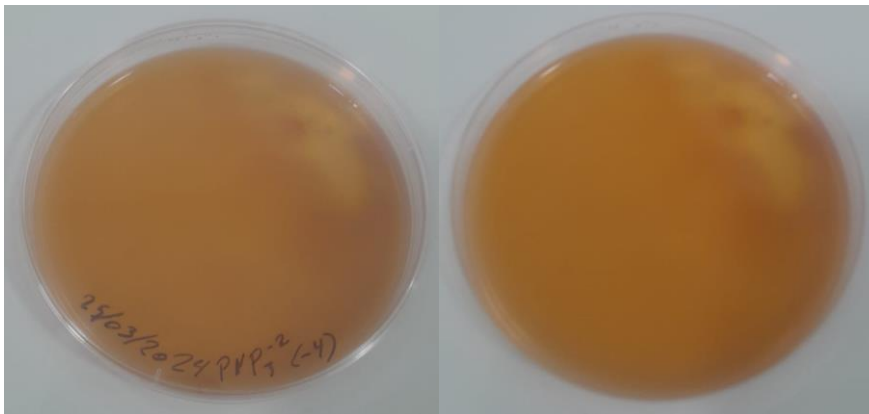


Figura 40: Cepa pura, muestra: *Cosmopolites sordidus* Germar

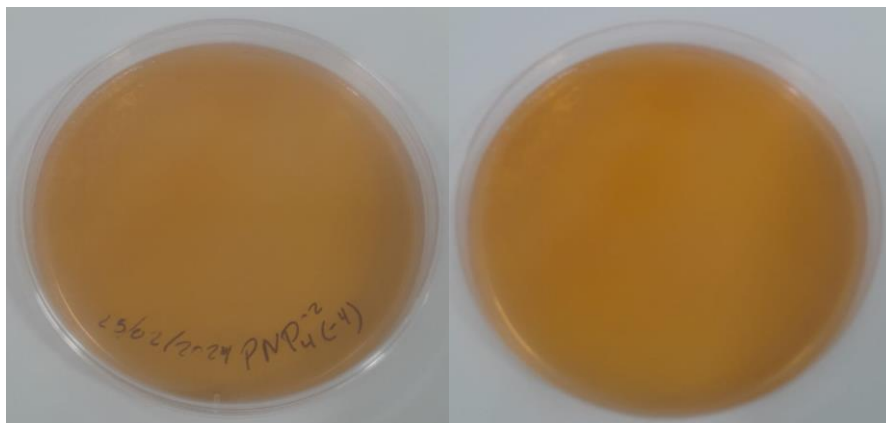


Figura 41: Cepa pura, muestra: *Cosmopolites sordidus* Germar

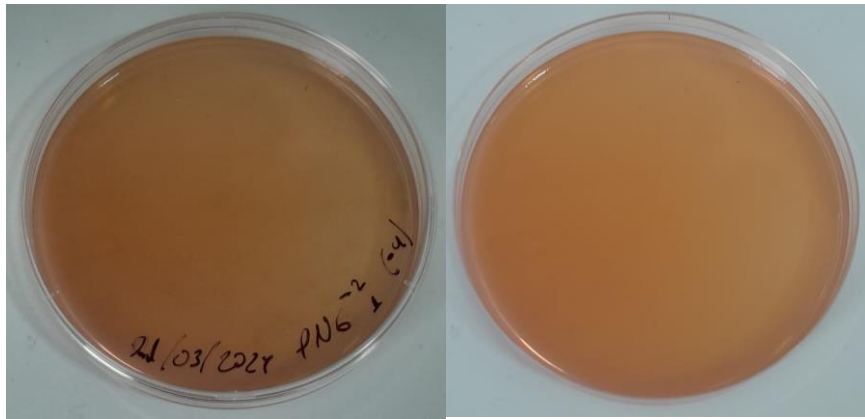


Figura 42: Ceba pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

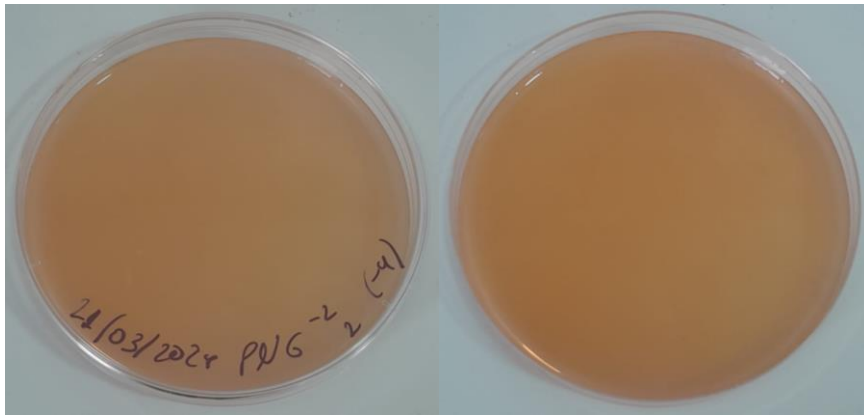


Figura 43: Ceba pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

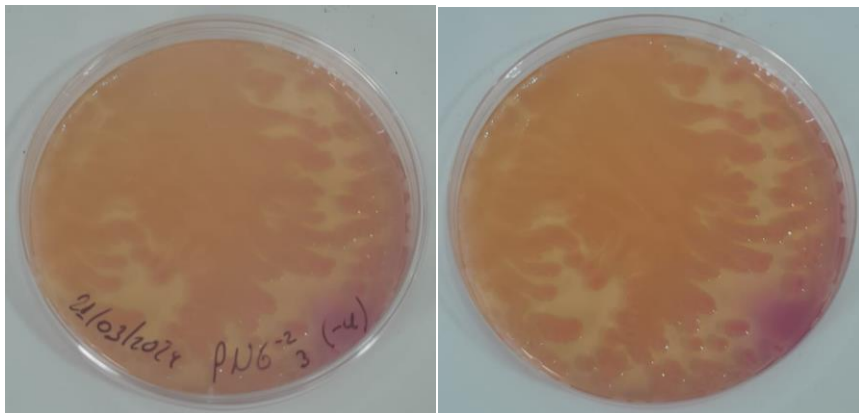


Figura 44: Ceba pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

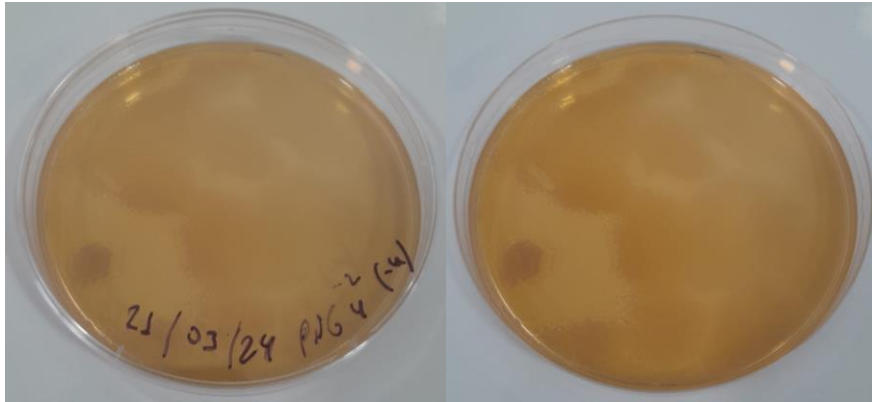


Figura 45: Cepa pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

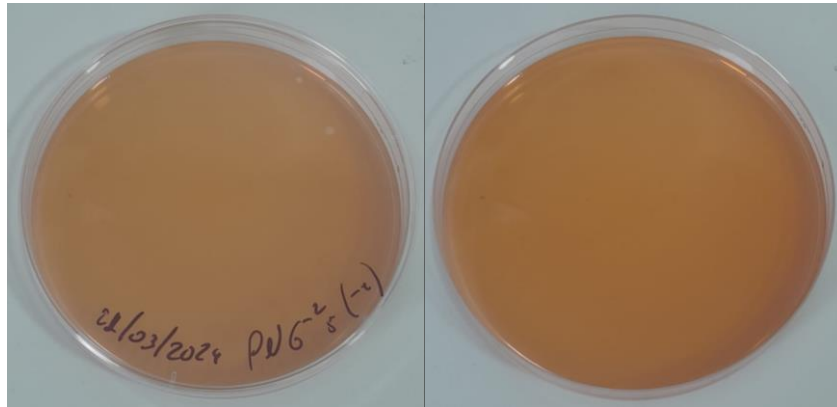


Figura 46: Cepa pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

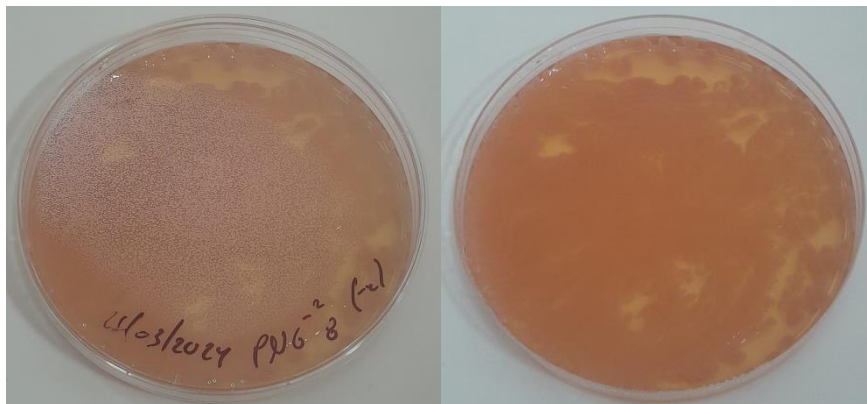


Figura 47: Cepa pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

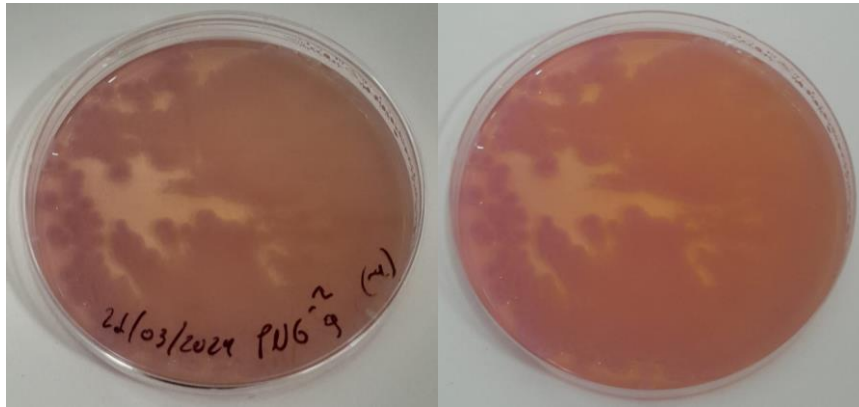


Figura 48: Cepa pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

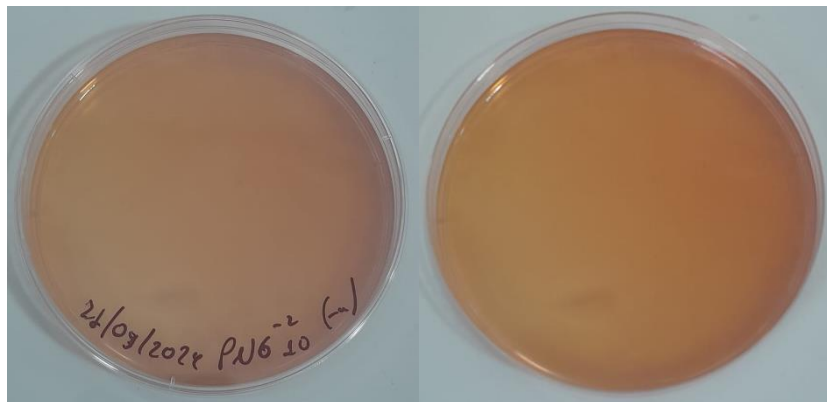


Figura 49: Cepa pura, muestra: *Rhynchophorus palmarum*

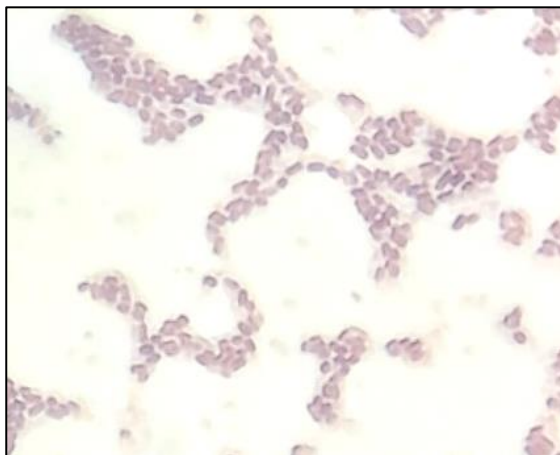


Figura 50: Observación bajo microscopio, *Acinetobacter* sp.

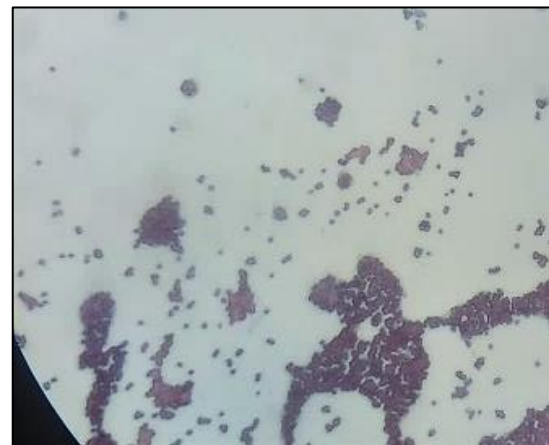


Figura 51: Observación bajo microscopio, *Staphylococcus* sp.

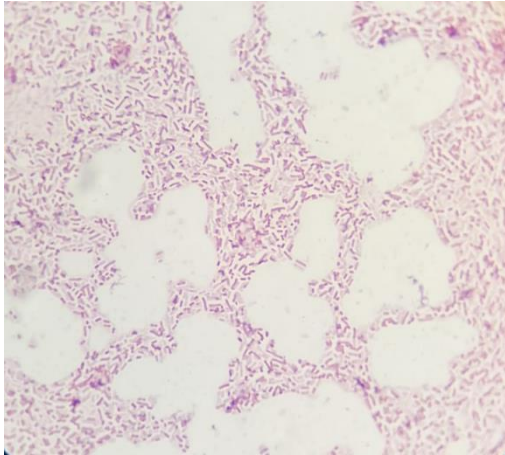


Figura 52: Observación bajo microscopio,
Dickeya Chrysanthemi cf.



Figura 53: Observación bajo microscopio,
Klebsiella oxytoca cf.

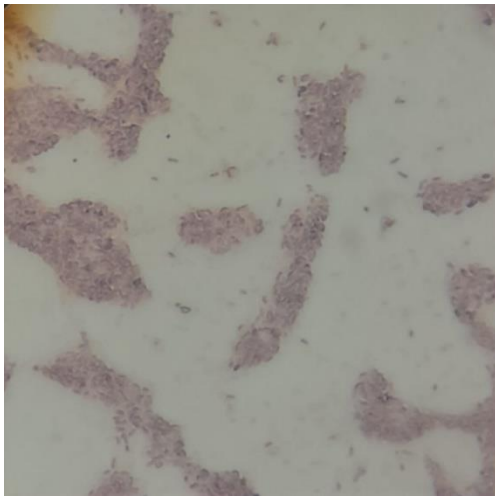


Figura 54: Observación bajo microscopio,
Pseudomonas sp.

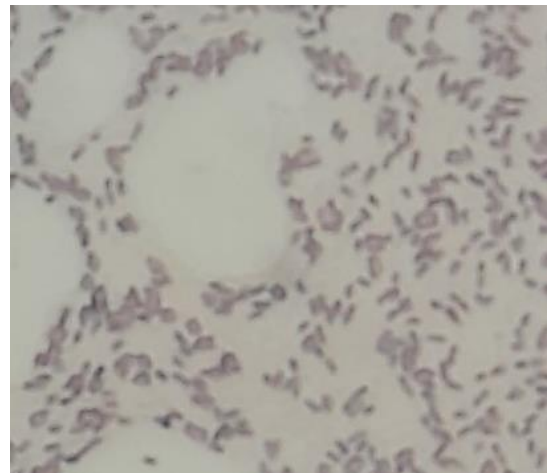


Figura 55: Observación bajo microscopio,
Proteus sp.

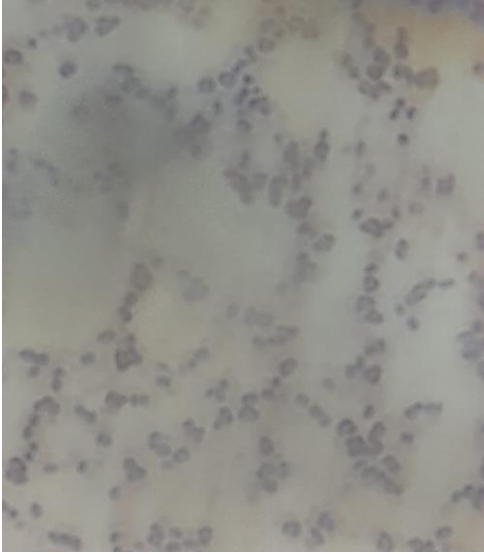


Figura 56: Observación bajo microscopio, *Streptococcus sp.*

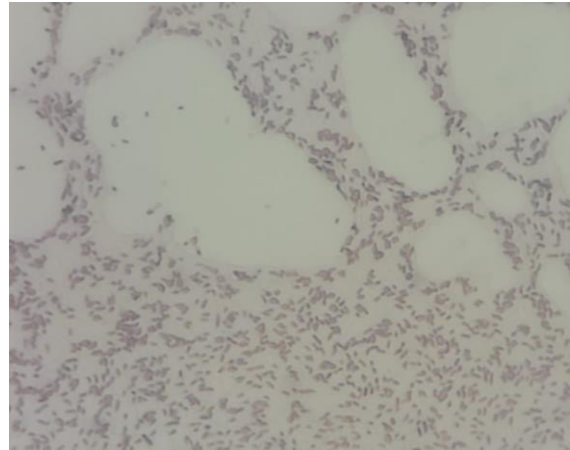


Figura 57: Observación bajo microscopio, *Providencia sp.*



Figura 58: Observación bajo microscopio, *Burkholderia sp.*

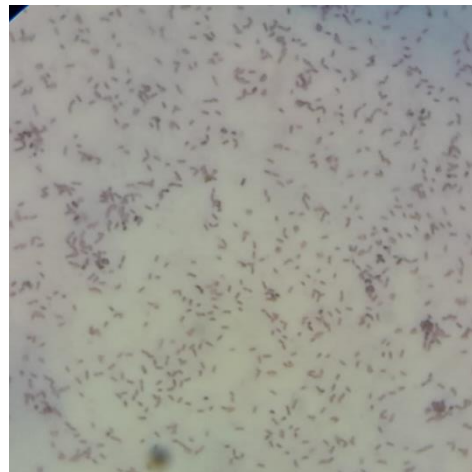


Figura 59: Observación bajo microscopio, *Achromobacter sp.*