



Universidad de Panamá



Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología

Escuela de Biología

Título

Evaluación de bacterias mesófilas y coliformes en muestras de miel de abejas con registro sanitario comercializadas en Panamá

Estudiante

Kiria Delfina Casas Calderón

Trabajo de graduación presentado a la Escuela de Biología, como requisito para optar por el título de Licenciatura en Biología con orientación en Microbiología y Parasitología

Panamá, República de Panamá

2025



Tribunal Examinador

Título:

Evaluación de bacterias mesófilas y coliformes en muestras de miel de abejas con registro sanitario comercializadas en Panamá

Por:

Kiria Delfina Casas Calderón _____

C.I.P. 2-751-768

Trabajo de graduación presentado a consideración de la Escuela de Biología como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Biología con Orientación en Microbiología y Parasitología.

PhD. Leyda Abrego

Asesora principal

Firma del profesor

Mgtr. Rita Bethancourt

Asesora

Firma del profesor

PhD. Andrés Rivera

Asesor

Firma del profesor

DEDICATORIA

*A mis padres y hermanos, por todo su amor y apoyo.
A quienes me acompañaron con el corazón en este camino,
incluso en los momentos silenciosos ♥.*

AGRADECIMIENTOS

Con profunda gratitud, deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis y que, con su apoyo incondicional, contribuyeron a cada etapa de este camino.

En primer lugar, al **PhD. Andrés Rivera**, por brindarme la oportunidad de ser parte de este proyecto, por sus consejos y por depositar su confianza en mí, a pesar de no conocerme previamente. Su respaldo significó mucho en este proceso.

A la **PhD. Yuliana Christopher**, por acogerme en este proyecto con los brazos abiertos y acompañarme con entrega, paciencia y dedicación inquebrantable. Su guía ha ido mucho más allá del aspecto académico; me ha impulsado a creer en mí misma, a persistir, y a descubrir capacidades que no sabía que tenía. Esta tesis no solo lleva su orientación científica, sino también el reflejo de su apoyo constante, su humanidad y su fe en mi proceso.

A la **Mgtr. Martha Chávez de Von Chong**, por abrirnos las puertas del laboratorio del CRU de Coclé y brindarnos la oportunidad de llevar a cabo la parte experimental de este trabajo. Su disposición y generosidad fueron clave en este proceso.

A mis tutoras principales, la **PhD. Leyda Abrego** y la **Mgtr. Rita Bethancourt**, por su invaluable apoyo, por las enseñanzas que me brindaron como profesoras, por cada corrección y orientación. Gracias por transmitirme los fundamentos esenciales del procesamiento microbiológico y la redacción científica, pilares fundamentales de esta investigación.

Al **Prof. Jacinto Pérez** por el apoyo con lo referente a metodología de la investigación y la estadística.

A mi compañero de laboratorio, el **Joven Mauro González**, cuyo apoyo en la parte experimental de este proyecto fue crucial para poder avanzar. Su disposición y colaboración fueron un pilar fundamental en esta etapa.

Finalmente, a mi **familia**, quienes han sido mi mayor sostén a lo largo de estos cinco años. Gracias por su apoyo incondicional, tanto emocional como económico, que me permitió continuar mis estudios y alcanzar esta meta. Su amor y confianza han sido mi mayor impulso.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

Tribunal Examinador	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
Capítulo I.	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
1.3 ANTECEDENTES	7
1.3.1 Relación con otros trabajos en Panamá	7
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 Objetivo General:	8
1.5.2 Objetivos Específicos:	8
1.6 JUSTIFICACIÓN	8
1.7 HIPÓTESIS	9
Capítulo II.	10
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Biología de <i>Apis mellifera</i> y su importancia apícola	11
2.2 Cosecha, procesamiento y tratamiento térmico de la miel	13
2.3 Adulteración de la miel	14
2.5 Microbiología de la miel	15
2.6 Microbiota de la miel y estudios recientes	16
Capítulo III	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Colecta de muestras / Obtención de muestras	18
3.2 Análisis Microbiológicos	18
3.3 Análisis de resultados	20
Capítulo IV	22
RESULTADOS	22

4.1 Análisis microbiológicos	23
Capítulo V.....	29
DISCUSIÓN.....	29
5.1 Calidad microbiológica	30
5.2 Análisis de aerobios mesófilos	30
5.3 Contaminación por coliformes y <i>Escherichia coli</i>	31
5.4 Presencia de patógenos: <i>Salmonella-Shigella</i>	31
5.5 Capacidad antimicrobiana y ausencia de crecimiento.....	32
Capítulo VI	33
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES	35
Capítulo VII.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
Capítulo VIII.....	43
ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros microbiológicos establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002	15
Tabla 2. Resumen de datos de recuentos de aerobios mesófilos, coliformes totales, <i>E. coli</i> y <i>Salmonella-Shigella</i> según su dilución.....	28

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

Figura 1. Representación del sistema de castas de <i>A. mellifera</i> a) obrera 10-15 mm de largo, b) reina 10-20 mm de largo, c) zángano 15-17 mm de largo.....	12
Figura 2. Mapa de distribución mundial de <i>Apis mellifera scutellata</i>	13
Figura 3. Representación de metodología utilizada en el laboratorio	21
Figura 4. Representación del crecimiento de aerobios mesófilos (R-AC) en almohadillas de color amarillo, coliformes totales y <i>E. coli</i> (EC) en almohadillas color púrpura.	23
Figura 5. Representación de resultado en almohadilla.....	24
Figura 6. Representación de resultados negativos en Agar <i>Salmonella-Shigella</i>	24
Figura 7. Recuento promedio de aerobios mesófilos (col/g) en muestras de miel según dilución.	25

Figura 8. Recuento promedio de coliformes totales (col/g) en muestras de miel según dilución.	26
Figura 9. Recuento promedio de <i>Escherichia coli</i> (col/g) en muestras de miel según dilución.	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. MC-Media para recuento rápido de aerobios mesófilos (R-AC), coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (EC), (Merck Millipore).	44
Anexo 2. A. Representación de muestras de miel en envases con tapa roja. B. Representación de método de medición de la miel mediante vertido de 10 mL de muestra en tubo cónico, para su posterior dilución.	44
Anexo 3. A. Preparación de diluciones seriadas, al fondo de la cámara se observan las muestras (frascos con tapa azul). B. Vertido de Agar <i>Salmonella-Shigella</i> en platos Petri estériles desechables.	45
Anexo 4. A. Representación de soluciones madre de distintas muestras de miel en vasos químicos. B. Inoculación de muestra en almohadillas de recuento rápido.	45
Anexo 5. Representación de resultados de las muestras No. 47, 50, 53, 55 y 57 en MC-Media para recuento de aerobios mesófilos (R-AC) después de 48 horas de incubación a 35 °C.	46
Anexo 6. Representación de resultados negativos de las muestras No. 47, 50, 53, 55 y 57 sobre MC-Media para recuento de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> (EC) después de 48 horas de incubación a 37 °C.	47
Anexo 7. Representación del método de recuento mediante marcaje con tinta de las colonias formadas.	48
Anexo 8. A. Representación de posible contaminación (PC) observada en almohadilla rotulada como solución madre (SM) para coliformes totales y <i>E. coli</i> . B. Representación de ausencia de aerobios mesófilos y coliformes totales en muestra No. 19.	48
Anexo 9. Incubadoras graduadas a 35 °C para aerobios mesófilos y 37 °C para coliformes totales, <i>E. coli</i> y <i>Salmonella-Shigella</i> .	49
Anexo 10. Representación de incubación de platos Petri con Agar <i>Salmonella – Shigella</i> a 37° C.	49
Anexo 11. Material estéril utilizado para el procesamiento de miel: envases con muestra de miel (tapa roja) y agua peptonada (botella autoclavable con tapa azul), vasos de precipitado y tubos cónicos (estériles envueltos en aluminio) dentro de la cabina de bioseguridad (BioSafety Cabinet Telstar Bio II Advance).	50
Anexo 12. Imagen representativa del procesamiento de las muestras de miel de abeja.	50
Anexo 13. Imagen representativa del procesamiento de las muestras de miel de abejas. IZQ: soluciones madres: miel de abeja + agua peptonada; DER: platos Petri con Agar <i>Salmonella-Shigella</i> (SS).	51
Anexo 14. Recuento de aerobios mesófilos	52
Anexo 15. Recuento de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	59

RESUMEN

La miel es una sustancia dulce y natural elaborada por las abejas a partir del néctar de flores y otros exudados vegetales. Este néctar es transportado al panal, donde sufre un proceso de transformación que incluye la acción enzimática, deshidratación, almacenamiento y maduración. La composición de la miel —incluyendo textura, sabor, color y aroma— varía según la especie de abeja, el tipo de suelo y factores estacionales como temperatura, precipitación y flora disponible.

Entre las principales especies productoras de miel a nivel mundial destaca la abeja *Apis mellifera scutellata* una especie de abeja originaria de África con la capacidad de adaptarse a múltiples ambientes y de producir grandes cantidades de miel.

La miel es reconocida por su actividad antimicrobiana y antifúngica, atribuida a su baja actividad de agua, alto contenido de peróxido de hidrógeno, elevada osmolaridad y bajo pH. No obstante, estas propiedades pueden disminuir significativamente cuando la miel es adulterada, lo que favorece la proliferación de microorganismos. Entre las prácticas más comunes de adulteración se incluyen la adición de jarabes, azúcares, azúcares invertidos u otras mieles para aumentar su volumen.

Los parámetros microbiológicos establecidos para evaluar la calidad de la miel comprenden el recuento de flora mesófila total y la detección de *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, enterobacterias y coliformes totales y fecales.

El presente trabajo evaluó la calidad microbiológica de mieles comercializadas en Panamá, utilizando técnicas de recuento rápido en almohadillas específicas para: aerobios mesófilos, coliformes totales y *E. coli*, al igual que el grupo *Salmonella-Shigella*, empleando en este último caso medios de cultivo sólidos. Se aplicaron diluciones seriadas y condiciones de incubación específicas para cada tipo de microorganismo.

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología del Centro Regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá.

Los resultados indican que el 91.5 % de las muestras cumplieron con los parámetros establecidos en la normativa nacional especificada en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002. Así, el recuento de aerobios mesófilos se mantuvo dentro del límite en el 100 % de las muestras, para coliformes totales, se detectó presencia en el 8.47 % de las muestras, y se determinó la presencia de la bacteria *E. coli* en el 5.1 % de las muestras.

Nuestros resultados sugieren posible contaminación accidental, durante la fase de postcosecha que incluye procesamiento, almacenamiento y envasado de mieles.

Palabras clave: miel, *Apis mellifera scutellata*, adulteración, contaminación, microbiología, almohadillas.

ABSTRACT

Honey is a sweet and natural substance produced by bees from the nectar of flowers and other plant exudates. This nectar is transported to the hive, where it undergoes a transformation process that includes enzymatic activity, dehydration, storage, and maturation. The composition of honey—including its texture, flavor, color, and aroma—varies depending on the bee species, soil type, and seasonal factors such as temperature, precipitation, and available flora.

Among the main honey-producing species worldwide, *Apis mellifera scutellata* stands out for its adaptability to diverse environments and its ability to produce large quantities of honey.

Honey is known for its antimicrobial and antifungal activity, attributed to its low water activity, high hydrogen peroxide content, elevated osmolarity, and low pH. However, these properties may significantly decrease when honey is adulterated, which favors the proliferation of undesirable microorganisms. Common adulteration practices include the addition of syrups, sugars, inverted sugars, or other types of honey to increase volume.

Microbiological quality parameters for honey include total mesophilic aerobic bacteria count and the detection of *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, enterobacteria, and total and fecal coliforms.

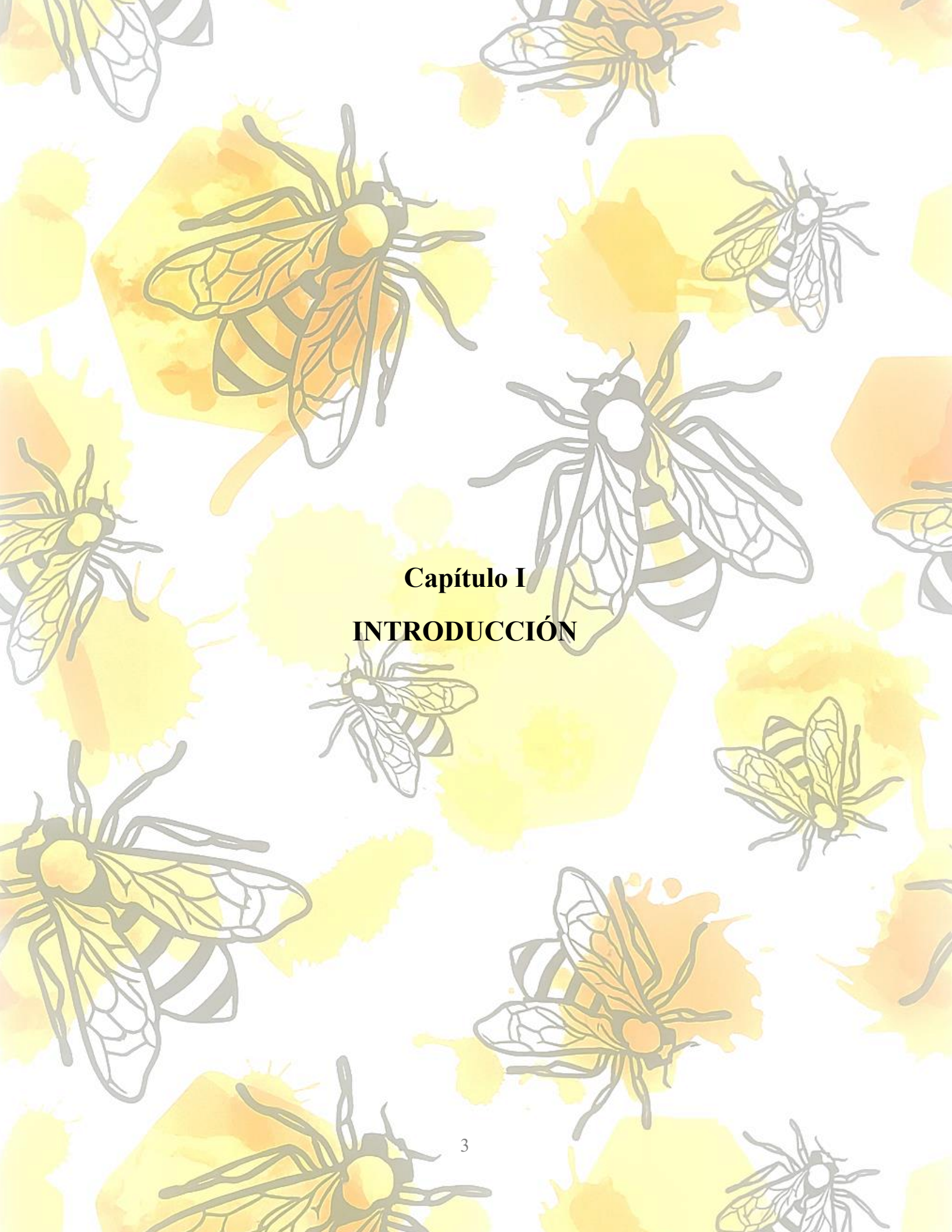
This study evaluated the microbiological quality of honey sold in Panama using rapid-count techniques with specific media pads for mesophilic aerobes, total coliforms, and *E. coli*, and solid culture media for the *Salmonella–Shigella* group. Serial dilutions and specific incubation conditions were applied for each type of microorganism.

The research was conducted at the Microbiology Laboratory of the Regional University Center of Coclé, Universidad de Panamá.

Results showed that 91.52% of the samples complied with the national microbiological standards established by the Technical Regulation DGNTI-COPANIT 66-2002. Specifically, 100% of the samples were within the permissible limit for mesophilic aerobes, 8.47% tested positive for total coliforms, and 5.1% for *E. coli*.

These findings suggest possible accidental contamination during the post-harvest phase, including processing, storage, and packaging.

Key words: honey, *Apis mellifera scutellata*, contamination, microbiology, pads.

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in a simple, line-art style with yellow and black stripes. The honeycombs are represented by yellow hexagonal shapes. The overall color palette is warm, featuring yellows, oranges, and greys.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

El *Codex Alimentarius* define a la miel como una sustancia dulce, natural elaborada por las abejas a partir del néctar de flores y otros exudados vegetales, que posteriormente son procesados por las abejas mediante enzimas, deshidratación y almacenamiento (FAO, 1981). Además de contener polen, la miel constituye una fuente esencial de alimento para las abejas (FAO, 2019).

A nivel mundial existe una gran diversidad de abejas que rondan las 20 mil especies, agrupadas en 7 familias. De estas, la familia Apidae es considerada la principal, ya que incluye a las especies de importancia comercial, con tribus destacadas, tales como como las abejas sin aguijón (Meliponini), los abejorros (Bombini), las abejas de las orquídeas (Euglossini) y las melíferas (Apini) que incluyen a las principales productoras de miel a nivel mundial, *Apis mellifera scutellata*. (SADER, 2023).

A. mellifera scutellata, es una sub especie de abeja melífera reconocida por su estructura social jerarquizada, organizada en castas bien diferenciadas por tamaño. Las obreras miden entre 10 y 15 mm, los zánganos entre 15 y 17 mm, y la abeja reina alcanza entre 18 y 20 mm. Esta subespecie se distingue por su coloración marrón y sus rayas negras características (Beverley, 2022). Además, no es nativa del continente americano, sino que fue introducida desde África en 1956 debido su alta capacidad de producción de miel y a su adaptabilidad, lo que le permitió establecerse y expandirse rápidamente a lo largo del continente (Pereira & Chaud-Netto, 2005).

En Panamá, los registros indican que las abejas africanizadas llegaron alrededor del año 1982 y desde entonces se han aprovechado los productos apícolas, como la miel de abejas, que estas ofrecen (IDIAP, 2020).

Desde tiempos antiguos, la miel ha sido valorada por sus propiedades nutricionales y medicinales, así como por su uso en rituales y prácticas tradicionales. La composición de la miel —incluyendo textura, sabor, color y aroma— varía según la especie de abeja, las características del suelo y factores estacionales como la temperatura, la precipitación y la flora disponible, que a su vez influyen en el contenido de ácidos orgánicos, enzimas, vitaminas y flavonoides presentes en las mieles (Menyiy et al., 2020). Sin embargo, antiguamente no se prestaba atención al control de calidad ni a su inocuidad microbiológica, ya que se consideraba que la miel era inocua por ser un producto natural. Actualmente, la miel es utilizada como edulcorante y se reconoce su aplicación terapéutica, lo cual ha impulsado la necesidad de controles de calidad más estrictos en el procesamiento para su comercialización (Ajibola et al., 2012; Chirsanova et al., 2021).

La apicultura es una práctica milenaria dedicada a la crianza y manejo de abejas para la obtención de productos como miel, jalea real, cera, propóleo y polen (Rivera-Gomis et al., 2020). En Panamá, esta actividad está regulada por tres entidades gubernamentales: el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), el Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) y el Ministerio de Salud (MINSa), las cuales tienen como función garantizar prácticas seguras

de apicultura, así como la salubridad, seguridad alimentaria y adecuada comercialización de los productos apícolas (Licen.ai, s.f.).

Como parte del MINSA, destaca la Dirección Nacional de Control de Alimentos y Vigilancia Veterinaria (DNCAVV), encargada de asegurar que los alimentos producidos, procesados y comercializados en Panamá cumplan con los estándares de calidad e higiene para proteger la salud pública (MINSA, 2013; MINSA, 2021).

Por parte del MICI, a través de la Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI), se encuentra la Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas (COPANIT), responsable de elaborar y emitir normas técnicas que establecen los requisitos y especificaciones aplicables a productos, procesos y servicios en diversas industrias (Collantes & Del Cid, 2023; COPANIT, 2002).

Estas normativas no solo buscan garantizar la inocuidad de los alimentos, sino también proteger a los consumidores frente a prácticas engañosas o fraudulentas en la comercialización de productos.

En este contexto, surge el concepto de fraude alimentario es definido como toda acción con fines de lucro en la que se le miente al consumidor a cerca de la calidad, el origen o el contenido de un producto alimenticio. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) también suele llamar a este tipo de fraude “Adulteración por motivos económicos” (EMA, por sus siglas en inglés) e incluye: Dilución, etiquetado incorrecto, mejoras no autorizadas con sustancias desconocidas, sustitución, encubrimiento, falsificación, mercadeo paralelo o robo (Platonova, 2024). Así la adulteración es un tipo de fraude que consiste en alterar o modificar la calidad, pureza o autenticidad de algún producto con la finalidad de obtener algún beneficio o ventaja económica (Escobar et al., 2023).

Datos de la FDA indican que este tipo de fraude afecta aproximadamente el 1% de la industria alimentaria mundial representando una pérdida aproximada de 10 a 15 mil millones al año, pudiéndose elevar a 40 mil millones al año. Se resalta que lo económico no es la mayor preocupación, sino los potenciales riesgos a la salud que podrían provocar los alimentos alterados (FDA, 2024).

El fraude en la miel implica la modificación de las propiedades organolépticas como sabor, textura y olor. La miel y el jarabe de arce se encuentran entre los principales productos en los que se comete fraude alimentario, lo cual se debe a que personas deshonestas usualmente mezclan esta sustancia con edulcorantes para reducir costos de producción y aumentar rendimiento (Bose & Padmavati, 2024). Contrariamente, la adulteración de la miel se puede dar por la dilución con jarabes o azúcares, cosecha anticipada de miel, falsificación del origen botánico o geográfico, alimentación artificial de las abejas, modificación mediante resinas de intercambio iónico (Fernández, 2023; García, 2018; Manual de buenas prácticas en alimentación de abejas 2022).

La investigación realizada por García-Pérez y Fong-Reynoso (2023) revela que durante 2015 y 2019, Argentina, Brasil, Canadá, México, Chile, Uruguay, Cuba, El Salvador, Guatemala y

Nicaragua fueron los principales países productores y exportadores de miel de abejas en América, sin embargo, también se enfrentaron a pérdidas de 1,096 millones 206 mil 870 dólares derivado del fraude que representa la miel adulterada comercializada principalmente por China. Para el 2020 dichas pérdidas se incrementaron a 300 millones de dólares más (García-Pérez & Fong-Reynoso, 2023).

La adulteración de la miel promueve el crecimiento de diversos tipos de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, algunos representan un riesgo para la salud de los consumidores. Así, los parámetros aplicados para evaluar la calidad microbiológica de la miel incluyen el recuento de flora mesófila total, detección de las bacterias *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, enterobacterias, coliformes totales y coliformes fecales, los cuales permiten establecer si el producto es apto para el consumo humano (Menyiy et al., 2020; Sereia et al., 2017)

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La miel de abeja es reconocida por su actividad antimicrobiana y antifúngica, atribuida a factores como su baja actividad de agua, alto contenido de peróxido de hidrógeno, elevada osmolaridad y bajo pH (Alzahrani et al., 2012). Sin embargo, diversas investigaciones han demostrado que estas propiedades pueden disminuir significativamente cuando la miel es adulterada, lo cual favorece la proliferación de microorganismos indeseados. Entre las prácticas más comunes de adulteración se encuentran la adición de jarabes, azúcares, azúcares invertidos u otras mieles, con el objetivo de aumentar el rendimiento del producto (Fernández, 2023; Manual de Buenas Prácticas en Alimentación de Abejas, 2022).

Además, el manejo higiénico, las condiciones de almacenamiento y el tipo de envase utilizado influyen directamente en la conservación y calidad microbiológica del producto. Machado De-Melo et al. (2018) señalan que alteraciones en las propiedades fisicoquímicas de la miel pueden facilitar el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras, especialmente si no se aplican buenas prácticas de manufactura durante su procesamiento.

Los microorganismos presentes en la miel pueden tener orígenes diversos, tales como: el polen, el polvo, el aire, el suelo, la filosfera, el néctar, o bien derivar del proceso de recolección, transporte y almacenamiento. La manipulación inadecuada facilita la proliferación de bacterias, incluidas *Clostridium* spp., *Shigella* spp., *Salmonella* spp. y coliformes totales (Vázquez-Quñones, 2018).

Ante los reportes de fraude y adulteración de mieles en otros países, nuestro país no escapa y si bien las mieles comercializadas cuentan con registro sanitario, por lo tanto, se presume que han pasado por controles de calidad, quisimos validar la calidad microbiológica de las mieles que se encuentran a disposición del consumidor cumplen con la normativa nacional establecida en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002 (COPANIT, 2002).

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Las mieles con registro sanitario comercializadas en Panamá cumplen con las normas establecidas por el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002?

1.3 ANTECEDENTES

En diversos países se ha planteado la necesidad de verificar si la miel destinada al consumo humano es genuina y segura, ante el reconocimiento global del fraude alimentario en este producto. Así, Europa y América del Norte han reportado haber sido escenario de casos documentados de adulteración de mieles, lo cual ha impulsado la realización de investigaciones orientadas a evaluar su calidad microbiológica y fisicoquímica (European Commission, 2023).

A nivel regional, países como Argentina, Brasil y México han desarrollado estudios específicos sobre mieles de abejas, en los que se evalúan parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de autenticidad con el objetivo de asegurar la inocuidad y calidad del producto. Estos trabajos se enmarcan en convenios, acuerdos de cooperación y esfuerzos científicos que apuntan a fortalecer la seguridad alimentaria (Fernández et al., 2017; Sereia, M. J. et al., 2017; Vázquez-Quñones et al., 2018).

1.3.1 Relación con otros trabajos en Panamá

En Panamá, las investigaciones sobre miel de abeja son escasas, y no se han encontrado estudios que evalúen específicamente la calidad microbiológica de este producto. Los trabajos realizados hasta la fecha se han enfocado principalmente en aspectos como la caracterización fisicoquímica, el origen botánico de las mieles y el diagnóstico participativo de la apicultura a nivel nacional.

Entre los estudios más relevantes se encuentra el realizado por Collantes y Del Cid Alvarado (2023), que abordó la situación actual de la apicultura en el país mediante una evaluación participativa. Fallas (2019) llevó a cabo una caracterización fisicoquímica y botánica de mieles de *A. mellifera scutellata* en la provincia de Chiriquí, mientras que Rivera et al. (2023) evaluaron la calidad, diversidad polínica y variaciones estacionales de la miel mediante técnicas de quimiometría.

Respecto a estudios sobre adulteración, Somoza et al. (2024) propusieron una metodología basada en espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR) y películas de oro, con el objetivo de detectar mezclas de miel de abeja con miel de caña.

Si bien estas investigaciones aportan datos valiosos sobre la miel comercializada en el país, aún no hay estudios sobre el análisis microbiológico de las mieles, lo que resalta la importancia del presente estudio.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General:

Evaluar la calidad microbiológica de las mieles de abejas comercializadas en Panamá mediante análisis de recuento microbiano y detección de bacterias indicadoras y patógenas.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Aplicar la técnica de dilución seriada y siembra en almohadillas MC-Media Pad para cuantificar aerobios mesófilos y coliformes totales, incluyendo *Escherichia coli*, en 59 mieles de abejas comercializadas en Panamá.
- Detectar la presencia de bacterias patógenas como *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las muestras de miel, empleando la técnica de esparcido en placa con medios de cultivo selectivo.
- Comparar los resultados microbiológicos obtenidos con los límites establecidos en la normativa nacional, según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La miel de abeja es un producto de consumo frecuente en Panamá y ampliamente disponible en supermercados, mercados locales y pequeños comercios. Sin embargo, la mayoría de los consumidores desconoce los procesos que atraviesa la miel antes de llegar a sus manos, lo cual genera incertidumbre respecto a su autenticidad, seguridad e inocuidad.

Actualmente, en Panamá no se encuentran publicados estudios que aborden la calidad microbiológica de las mieles de abejas melíferas, ni tampoco para mieles producidas por abejas sin aguijón. En este sentido, nuestro proyecto proporcionará información sobre la microbiota normal y la microbiota contaminante que pueden estar inhabitando en las mieles comercializadas. Así, el presente proyecto aportará datos que apoyen en temas de regulación sanitaria en alimentos de alto consumo como es el caso de la miel de abejas.

1.7 HIPÓTESIS

Se espera que la calidad microbiológica de las mieles de abeja comercializadas en Panamá se ajuste a los parámetros asignados por Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002, ya que cada una de estas mieles cuenta con un registro sanitario que certifica que son seguras, por tanto, aptas para el consumo de la población.

Hipótesis nula: Los parámetros microbiológicos de las mieles de abejas con registro sanitario cumplen con los requisitos establecidos por la COPANIT para mieles de abeja en Panamá.

Hipótesis alterna: Los parámetros microbiológicos de las mieles de abejas con registro sanitario no cumplen con los requisitos establecidos por la COPANIT para mieles de abeja en Panamá.

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in a simple, line-art style with yellow and black stripes. The honeycombs are represented by yellow hexagonal shapes. The overall color scheme is warm, with yellow and orange tones.

Capítulo II.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La miel de abejas es una sustancia dulce producida de forma natural por abejas a partir del néctar de las plantas o sus secreciones. Las abejas recolectan los exudados vegetales, los transportan hacia el panal y los transforman mediante un proceso que incluye su combinación con enzimas, deshidratación, almacenamiento y maduración (García-Chaviano et al., 2022).

En cuanto a la composición, todas las mieles comparten componentes fundamentales, entre los que destacan el agua, los azúcares y otros elementos nutricionales. Sin embargo, no todas las mieles son iguales, la diferencia entre ellas va a estar ligada a factores como el clima, suelo, la vegetación, la concentración de azúcares, de agua, proteínas, vitaminas, minerales, contenido de polen, entre otros. En el *Manual de buenas prácticas en alimentación de abejas: Un aporte a la calidad de la miel argentina* (2022) se menciona que los carbohidratos constituyen aproximadamente el 95% del peso seco de la miel, de las cuales el 75% son monosacáridos (fructuosa y glucosa), 10-15% son disacáridos (sacarosa), y el resto está compuesto por otros tipos de azúcares como oligosacáridos, trisacáridos y tetrasacáridos. El contenido de agua oscila entre el 14.5 y el 18.5%.

2.1 Biología de *Apis mellifera* y su importancia apícola

Apis mellifera es una especie de abeja originaria de África, perteneciente al orden Hymenoptera y a la familia Apidae. Se caracteriza por ser un insecto social, altamente cooperativo y un polinizador fundamental. Su estructura social está compuesta por 3 castas: obreras, reina, zánganos (figura 1) (National Geographic, 2024).

- **Obreras:** Abejas hembra sexualmente no desarrolladas. Su trabajo principal es buscar y recolectar néctar y polen de las flores, sin embargo, también realizan trabajos de construcción de colmenas, protección, limpieza, ventilación, entre otros.
- **Reina:** Hembra sexualmente desarrollada, su trabajo principal es poner huevos y así asegurar la continuidad de la colmena. Es única en cada colmena y se forma al alimentar a una larva hembra exclusivamente con jalea real.
- **Zánganos:** Abejas macho. Su trabajo es fecundar a la reina y mueren tras la cópula.

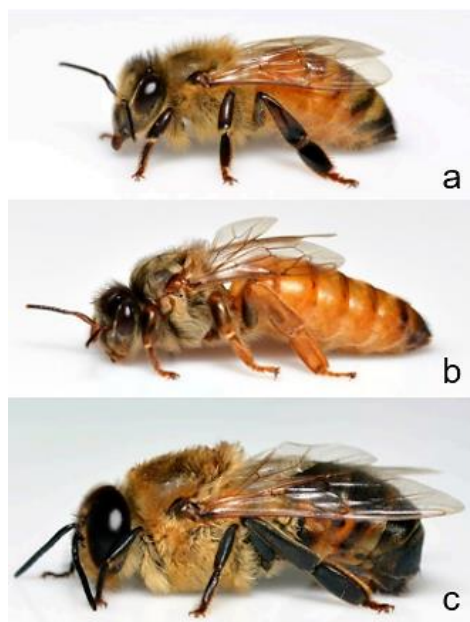


Figura 1. Representación del sistema de castas de *A. mellifera* a) obrera 10-15 mm de largo, b) reina 10-20 mm de largo, c) zángano 15-17 mm de largo. Tomado de SADER con fines ilustrativos.

Apis mellifera scutellata destaca como una de las principales especies productoras de miel a nivel mundial. La abeja africanizada fue introducida al continente americano mediante la llegada de los colonizadores, quienes ya habían domesticado a esta especie. Se han identificado 33 subespecies de *A. mellifera* distribuidas globalmente. La subespecie *Apis mellifera scutellata* es muy similar a *Apis mellifera* y fue introducida de África a Brasil en 1956 debido a su alta capacidad productiva de miel. Sin embargo, durante el proceso de importación, algunos ejemplares escaparon accidentalmente, logrando establecerse y expandirse rápidamente a lo largo del continente americano (Beverley, 2022; Pereira & Chaud-Netto, 2005).

Su éxito adaptativo se debe a su capacidad de visitar una amplia variedad de flores, lo que le permite producir grandes cantidades de miel. Estas abejas suelen anidar en cavidades de árboles, rocas o estructuras humanas y construyen múltiples panales dispuestos en forma paralela (Baena-Díaz et al., 2022).

En Panamá, los registros indican que las abejas africanizadas llegaron alrededor del año 1982. Actualmente, *Apis mellifera scutellata* continúa siendo una especie exótica, invasora de gran importancia comercial, no solo por su capacidad de producción de miel, sino también por la obtención de otros productos apícolas como cera, jalea real, panal, propóleo y polen (Rojas-Sandoval, 2022; IDIAP, 2020).

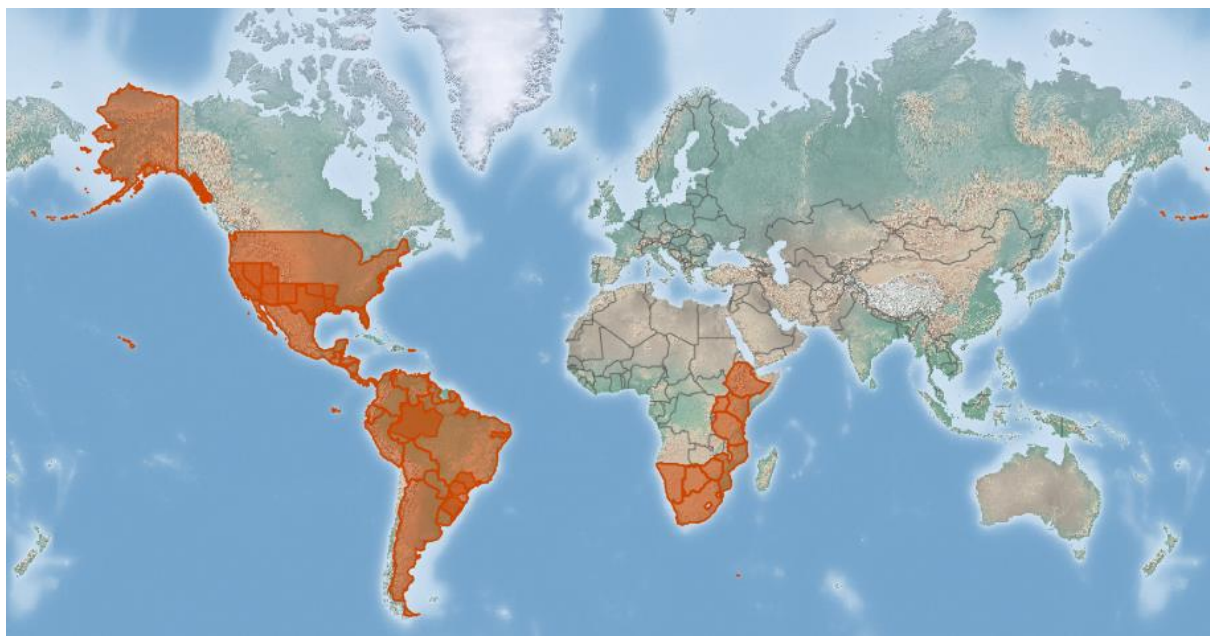


Figura 2. Mapa de distribución mundial de *Apis mellifera scutellata* obtenido de CABI (2025). *Apis mellifera scutellata* (africanized bee) | CABI Compendium

Informes del MIDA indican que al año Panamá produce 63,710 galones de miel de abeja a través un aproximado de 576 productores que forman parte del Programa de Mejoramiento de la Apicultura. La mayoría de estos productores se concentran en las provincias de Chiriquí (8,915 colmenas), Veraguas (3,065 colmenas), Herrera (875 colmenas), sin embargo, existen más apicultores registrados a nivel nacional (MIDA, 2024).

Además de su valor económico, *A. mellifera scutellata* desempeña un rol ecológico esencial al actuar como agente polinizador, favoreciendo la reproducción de numerosas especies vegetales.

2.2 Cosecha, procesamiento y tratamiento térmico de la miel

En Panamá, la temporada de cosecha de miel se lleva a cabo durante la estación seca, que corresponde a los meses de enero a marzo, aunque se puede extender hasta abril (Guevara Cruz, 2022). Posterior a la recolección, se realiza el procesamiento de la miel para su preparación comercial.

Según la Fundación el procesamiento de la miel comprende los siguientes pasos (Pro Niños del Darién, 2023):

- Recepción de los panales
- Desoperculado: Se retira la cera que sella las celdas del panal.
- Extracción, decantado y centrifugación: Se emplean extractores de miel o centrífugas para separar la miel de los panales.
- Primer filtrado: Se eliminan las impurezas como restos de cera.

- **Sedimentación:** La miel se deja reposar para permitir que las burbujas de aire asciendan a la superficie y los residuos se depositen en el fondo.
- **Segundo filtrado**
- **Envasado y etiquetado:** La miel se deposita en recipientes adecuados y se rotula con información como: origen, tipo de miel y fecha de envasado.

En los procesos industriales, la miel destinada a la comercialización pasa por procedimientos más rigurosos de decantación y filtrado. Además, puede someterse a un tratamiento térmico (pasteurización), cuyo propósito es evitar su deterioro, minimizar el riesgo de fermentación y estabilizar indicadores de frescura como el contenido de hidroximetilfurfural (HMF) y la actividad de la α -amilasa (Majtán, 2024; Scepankova et al., 2024). También, la miel contiene compuestos sensibles al calor, por lo que las temperaturas aplicadas no deben superar los 40 °C. En Panamá, la normativa indica que el tratamiento térmico es permitido siempre que no se excedan los límites establecidos y que el proceso no altere la composición natural del producto (Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002).

2.3 Adulteración de la miel

La adulteración de la miel es considerada una forma de fraude alimentario, ya que altera su composición natural, disminuye su calidad y puede afectar la salud del consumidor. Este fenómeno puede presentarse mediante diversas prácticas que van desde la dilución hasta la falsificación de origen. Entre las formas más comunes de adulteración se encuentran:

- **Dilución con jarabes o azúcares:** Se añaden sustancias como jarabe de maíz de alta fructuosa, jarabe de arroz, de caña de azúcar, de remolacha azucarera, jarabe de insulina de alta fructuosa, entre otros. (Fernández, 2023).
- **Cosecha anticipada de miel:** Consiste en recolectar el producto antes de que el néctar sea completamente transformado en miel madura por las abejas. Posteriormente, se somete a deshidratación artificial mediante secadores de vacío para que alcance la consistencia deseada (Manual de buenas prácticas en alimentación de abejas 2022).
- **Falsificación del origen botánico o geográfico:** Se etiqueta incorrectamente el origen floral o territorial del producto (García, 2018).
- **Alimentación artificial de las abejas:** Se suministran soluciones azucaradas durante la temporada de escasez para estimular la producción, alterando la composición de la miel (Manual de buenas prácticas en alimentación de abejas 2022).
- **Modificación mediante resinas de intercambio iónico:** Este proceso puede aclarar el color, eliminar residuos o reducir compuestos como el hidroximetilfurfural (HMF), que es un indicador clave de frescura. El HMF aparece en mayor cantidad cuando la miel ha sido sometida a calentamiento excesivo (Del Carmen Gaggiotti, 2017).

En respuesta a estas prácticas, el *Codex Alimentarius* establece en la norma CXS 12-1981 que no se permite la adición de ingredientes, aditivos ni el uso de tratamientos químicos que modifiquen la composición natural de la miel destinada a la venta (FAO, 1981).

2.4 Normativa vigente en Panamá

La COPANIT, a través de la Dirección General de Normas y Tecnología industrial (DGNTI), establece las normas técnicas para productos alimenticios, incluyendo la miel de abejas. La principal norma vigente es el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002, aprobado el 30 de mayo de 2002 y publicado en Gaceta Oficial No. 24,572.

Este reglamento se basa en el *Codex Alimentarius* y define los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y de higiene que deben cumplirse para considerar una miel como apta para el consumo humano. Además, proporciona lineamientos sobre las prácticas de manejo y procesamiento. En la Tabla 1 se resumen los criterios microbiológicos establecidos:

Tabla 1. Parámetros microbiológicos establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002

Parámetro	Criterio máximo permitido
Gérmenes patógenos o toxinas patógenas	Ausencia
Recuento de colonias aerobias mesófilas	Máx. 1×10^4 col / g (31 + 1 °C)
Enterobacterias totales	Ausencia/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia/g
<i>Salmonellas – Shigella</i>	Ausencia/25 g
Hongos y levaduras	Máx. 1×10^2 UFC/g

Fuente: Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002.

2.5 Microbiología de la miel

La miel puede contener una variedad de microorganismos, muchas de estas bacterias actúan como indicadores de contaminación, mientras que otras representan un riesgo directo para la seguridad alimentaria por su carácter patógeno. Por ello, su monitoreo es un componente fundamental en los estándares internacionales de evaluación de la calidad microbiológica (Luca et al., 2024; Manchado de Melo, 2018).

Entre los principales grupos microbianos presentes en la miel tenemos:

- **Aerobios mesófilos:** Son bacterias que requieren oxígeno para crecer y presentan una temperatura óptima de crecimiento de aproximadamente 30 °C. Su recuento elevado sugiere contaminación y deficiente manipulación del producto, lo cual puede comprometer su calidad y vida útil (Sereia et al., 2017; Barrios González, 2015).
- **Coliformes totales:** Son bacterias gran negativas, con forma de bacilo, anaerobias facultativas, capaces de fermentar la lactosa con producción de gas. Generalmente pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y crecen de forma óptima a 35 °C. Su presencia se asocia a condiciones higiénicas inadecuadas (ICMSF, 2018; Sereia et al., 2017).

- ***Escherichia coli***: Esta especie forma parte del subgrupo los coliformes fecales o termotolerantes. Crece de forma óptima a temperaturas de 45 °C y habita naturalmente el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Su detección en miel es fuerte indicador de contaminación fecal (Güerri Gericó, Á. et al., 2022, Barrios González, 2015).
- ***Salmonella-Shigella***: Son géneros bacterianos asociados a infecciones gastrointestinales agudas. Su presencia en alimentos representa un riesgo grave para la salud pública y puede ocasionar brotes de enfermedades de origen alimentario (ICMSF, 2018; Halaby Hernández, 2025).
- **Mohos y levaduras**: Los mohos son hongos filamentosos pluricelulares que habitan en el suelo, aire, agua y en materia orgánica en descomposición. Son aerobios y requieren de condiciones específicas de humedad, temperatura, pH, y nutrientes para su desarrollo. Las levaduras, por otro lado, son hongos unicelulares de forma esférica, ovoide o triangular, generalmente son transportados por vectores o corrientes de aire. Ambos pueden crecer en condiciones ácidas: Los mohos a pH inferiores a 2.0 y las levaduras incluso por debajo de 1.5. Su presencia en la miel indica inadecuadas condiciones de higiene y almacenamiento (Sereia et al., 2017, Barrios González, 2015).

2.6 Microbiota de la miel y estudios recientes

La contaminación microbiana de la miel ha sido reconocida desde hace décadas, no solo como un factor de deterioro del producto, sino también como un riesgo potencial para la salud pública. Sin embargo, también se ha documentado la existencia de microorganismos benéficos presentes de forma natural en la miel, los cuales pueden contribuir a sus propiedades antimicrobianas.

Según el estudio *Honey as an Ecological Reservoir of Antibacterial Compounds Produced by Antagonistic Microbial Interactions in Plant Nectars, Honey and Honey Bee* (2021), la microbiota central de la miel depende de su origen botánico. No obstante, en la mayoría de las muestras se identifican dos órdenes bacterianos dominantes: Lactobacillales y Bacillales, siendo frecuentes los géneros *Bacillus* y *Paenibacillus*. Estos microorganismos pueden participar en la producción de compuestos antimicrobianos naturales, especialmente en ambientes ricos en azúcares como la miel.

En el estudio *Microbial Communities Associated with Honey Bees in Brazil and in the United States* (2021) se describen diversas especies bacterianas detectadas en mieles de diferentes regiones, entre ellas: *Bifidobacterium asteroides*, *Bacillus aerophilus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus casseliflavus*, *Fructobacillus fructosus*, *Lactobacillus (Apilactobacillus) kunkeii*, *Pantoea agglomerans* y *Staphylococcus epidermidis*.

Esta diversidad bacteriana refuerza la necesidad de realizar estudios de calidad microbiológica en mieles destinadas al consumo humano, especialmente cuando cuentan con registro sanitario. La identificación de microorganismos presentes —tanto benéficos como potencialmente patógenos— permite establecer niveles de riesgo, detectar posibles fraudes y garantizar la inocuidad del producto.

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in a simple, line-art style with yellow and black stripes. The honeycombs are represented by yellow and orange hexagonal shapes. The overall color palette is warm, dominated by yellows and oranges.

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Colecta de muestras / Obtención de muestras

Un total de 59 muestras de miel de abejas fueron colectadas en supermercados a nivel nacional por el personal de la Dirección Nacional de Control Alimentario y Vigilancia Veterinaria (DNCAVV) y entregadas al Instituto Especializado de Análisis (IEA), quienes nos facilitaron las muestras debidamente codificadas, cumpliendo con las políticas de confidencialidad institucional. Todas las muestras de este estudio contaban con una etiqueta con información básica y su correspondiente número de registro sanitario. Entre las provincias de origen se encontraban: Chiriquí (12), Coclé (3), Colón (1), Herrera (2), Bocas del Toro (1), Panamá (20) y Panamá Oeste (7). Además, 11 muestras tenían un origen geográfico desconocido.

3.2 Análisis Microbiológicos

Los materiales y cristalería empleados contaban con esterilización de fábrica o fueron esterilizados en autoclave (Sturdy SA-300VFA) a 121 °C y 15 libras por pulgada cuadrada (psi) durante 15 a 60 minutos. Todos los procedimientos se realizaron dentro de una cabina de bioseguridad (BioSafety Cabinet Telstar Bio II Advance) para garantizar la asepsia.

3.2.1 Preparación de medios de cultivos y agua peptonada

Con ayuda de una balanza analítica (A&D HR-250A Serie HR-A), se estableció la cantidad de gramos de solución isotónica (Agua Peptonada Scharlab) según la relación 20 g/L indicada en el etiquetado del producto. Posteriormente, el polvo se disolvió en agua destilada y la solución fue esterilizada siguiendo las indicaciones del etiquetado. Una vez finalizado el proceso, se dejó enfriar a temperatura ambiente, para su posterior uso.

Para la preparación del medio de cultivo *Salmonella-Shigella* (Merck Milipore). Después de realizar los cálculos siguiendo la relación 60 g/L, se procedió a pesar la cantidad de medio en polvo utilizando una balanza analítica (A&D HR-250A Serie HR-A). El medio se disolvió en agua destilada caliente y se homogenizó con agitación constante con ayuda de una barra magnética, dentro de una botella de vidrio autoclavable de 1000 mL de volumen (RASOTHERM) colocado sobre un plato caliente (Merck, IKA® C-MAG HS hotplate stirrers. Luego, se dejó enfriar hasta alcanzar aproximadamente 40 °C antes de verterlo en placas Petri estériles desechables (90 mm × 15 mm) con capacidad de 20 ml (BIOLOGIX).

3.2.2 Preparación de la solución madre y diluciones de las muestras de miel

Todo el material utilizado fue debidamente etiquetado con información relevante, como número de muestra, dilución y fecha de procesamiento.

Se utilizaron vasos de precipitados de 250 mL, en los cuales se colocaron 90 mL de agua peptonada estéril. Luego a cada vaso se añadieron 10 mL de la muestra de miel y se homogenizó mediante movimientos circulares manuales con ayuda de una varilla plástica estéril por un periodo de 2 minutos.

Se emplearon tubos cónicos de 15 mL (Falcon), esterilizados previamente, a los cuales se les agregó 9 mL de agua peptonada estéril. Seguidamente se prepararon diluciones seriadas hasta 10^{-3} con ayuda de una micropipeta (DLin de 100-200 μ L) y puntas estériles, para lo cual se tomó 1 mL de la solución madre y se transfirió al primer tubo, seguido, se tomó 1 mL de la dilución anterior y se transfirió al siguiente tubo, sucesivamente. Así se realizó la mezcla manual de cada tubo por invertido para asegurar una correcta homogeneización.

3.2.3 Inoculación de las muestras de mieles

Almohadillas de Recuento Rápido específicas (Merck Milipore): Se emplearon dos tipos de almohadillas, a saber:

- R-AC para aerobios mesófilos (MC-Media Pad Recuento rápido de aerobios™).
- EC para coliformes y *Escherichia coli* (MC-Media Pad Coliformes y *E. coli*™).

Se tomó 1 mL de cada dilución y se inoculó sobre las almohadillas, las cuales fueron rotuladas previamente. Luego, las almohadillas fueron selladas evitando la formación de burbujas, siguiendo las instrucciones del producto para evitar contaminación. Finalmente fueron colocadas dentro de una incubadora (Thermo Scientific Heratherm IGS180) previamente desinfectada con etanol al 70%, con la temperatura ajustada a 35 °C por 48 horas.

3.2.4 Inoculación de muestras de miel en agar *Salmonella-Shigella*

Se tomó 1 mL de muestra SM (Solución madre) y se depositó sobre la superficie del agar SS (Merck Milipore) en la placa Petri estéril. Posteriormente, se realizó la siembra por esparcido empleando esparcidores en forma de "L" estériles para cada dilución, siguiendo un patrón circular en dirección de las manecillas del reloj. Finalmente, las placas fueron selladas con Parafilm y se almacenaron en incubadoras (Thermo Scientific Heratherm IGS180) a 37 °C durante 48 horas.

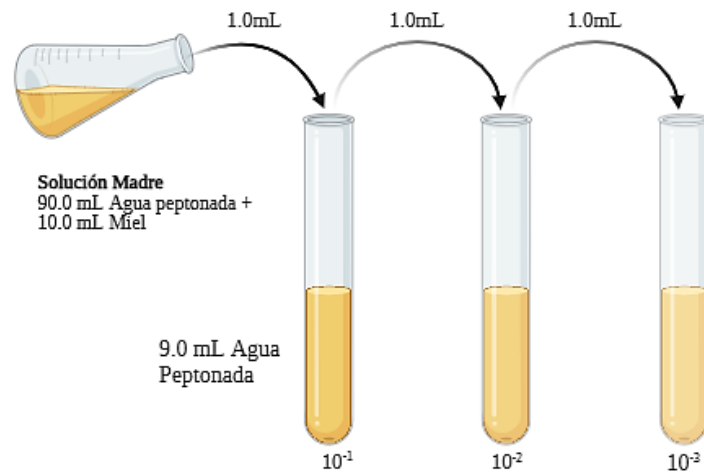
Pasado el tiempo de incubación se utilizó un contador de colonias (COMECTA) para la revisión de los crecimientos y el conteo de colonias. Los resultados obtenidos fueron registrados detalladamente en una base de datos en hojas de Excel y mediante el registro de imágenes de las colonias visibles con la ayuda de una cámara de celular de 12 MP para su posterior procesamiento.

3.3 Análisis de resultados

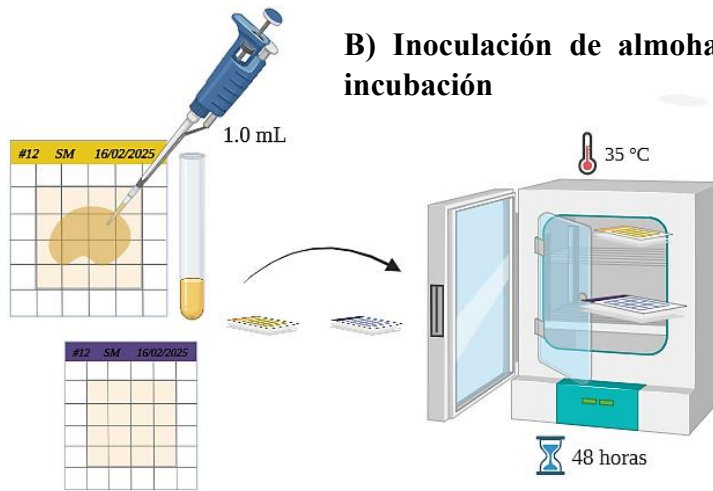
Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizaron los programas Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2021) y R versión 4.4.3 (R Core Team, 2024). Se realizaron pruebas estadísticas, incluyendo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de comparación de medianas mediante Wilcoxon con corrección por continuidad (*Wilcoxon signed-rank test with continuity correction*). Así, para el análisis descriptivo y de cálculo de porcentajes, se utilizó el promedio de las repeticiones por muestra; mientras que, para el análisis estadístico, se utilizaron los datos individuales de todas las repeticiones.

Las gráficas se crearon con ayuda del programa GraphPad Prism Versión 6.0.0.288 (GraphPad Software, 2007).

A) Diluciones seriadas



B) Inoculación de almohadillas e incubación



C) Método de esparcido en placa

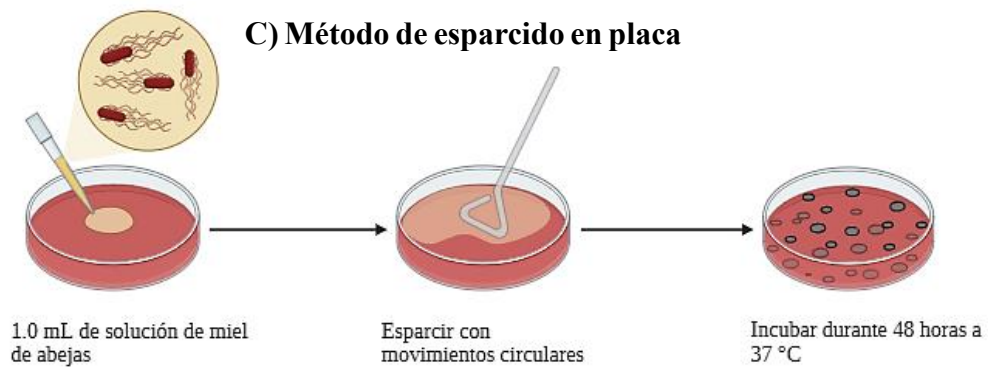


Figura 3. Representación de metodología utilizada en el laboratorio. Creado con BioRender.com

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in a simple, line-art style with yellow and black stripes. The honeycombs are represented by yellow and orange hexagonal shapes. The overall color palette is warm, dominated by yellows and oranges.

Capítulo IV

RESULTADOS

4.1 Análisis microbiológicos

Un total de 59 muestras de mieles de abeja, todas con registro sanitario, fueron analizadas microbiológicamente. Estas muestras fueron incautadas en establecimientos comerciales de distintas provincias de la República de Panamá por personal de la Dirección Nacional de Control de Alimentos y Vigilancia Veterinaria (DNCAVV), debido a irregularidades observadas en su comercialización que motivaron su remisión a análisis.

El recuento de aerobios mesófilos reveló que la totalidad de las 59 muestras analizadas (100%) cumplieron con el límite permitido según la normativa nacional establecida en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002. En cuanto a los coliformes totales, se detectó su presencia en el 8.47% de las muestras que corresponde a 5 muestras, mientras que la bacteria *E. coli* se identificó en 3 muestras, lo que representa el 5.08% del total analizado. Estos hallazgos indican que el 91.5% de las muestras (54 muestras) cumplieron con los criterios microbiológicos establecidos por la normativa vigente (figuras: 4- 9). Mientras que, todas las muestras analizadas resultaron con ausencia en la detección de las bacterias *Salmonella* y *Shigella* en 10 g de muestra de miel (figura 6).

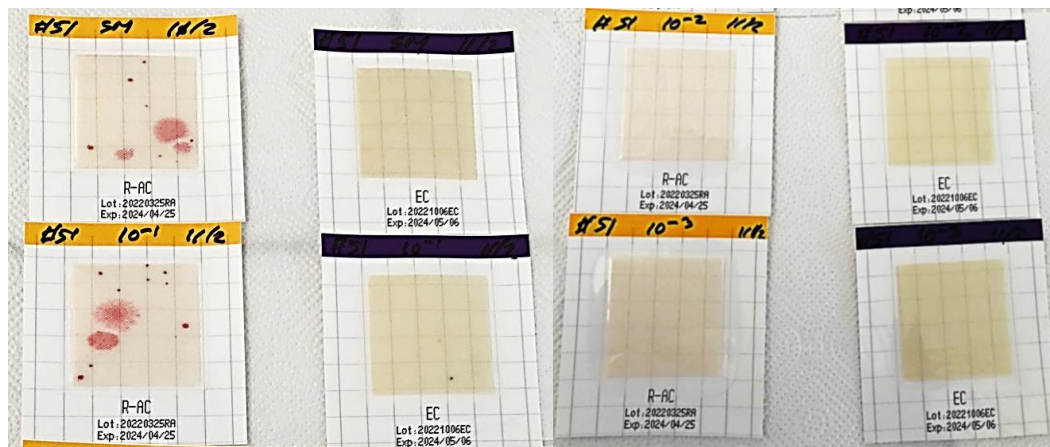


Figura 4. Representación del crecimiento de aerobios mesófilos (R-AC) en almohadillas de color amarillo, coliformes totales y *E. coli* (EC) en almohadillas color púrpura.



Figura 5. Representación de resultado en almohadilla A. Positivo para la presencia de coliformes totales: Solución Madre (SM) de la muestra No. 21. La flecha señala las colonias color celeste, indicando la presencia de bacterias coliformes. B. Negativo para la presencia de coliformes totales y *E. coli*: Dilución 10^{-1} de la muestra No.19.

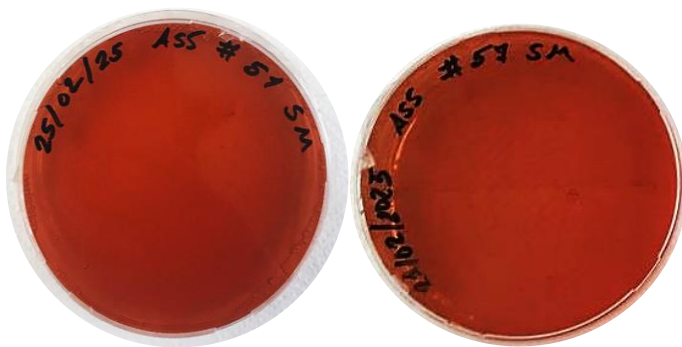


Figura 6. Representación de resultados negativos en Agar *Salmonella-Shigella*.

Se presentan los resultados mediante gráficos de barras que muestran los valores promedio según el grupo microbiano y la solución analizada. La sigla “SM” corresponde a la solución madre, mientras que “Normativa” representa el valor de referencia microbiológico establecido por la COPANIT (figuras 7 – 9). Además, se incluyen en la parte inferior fotografías de representaciones de los resultados.

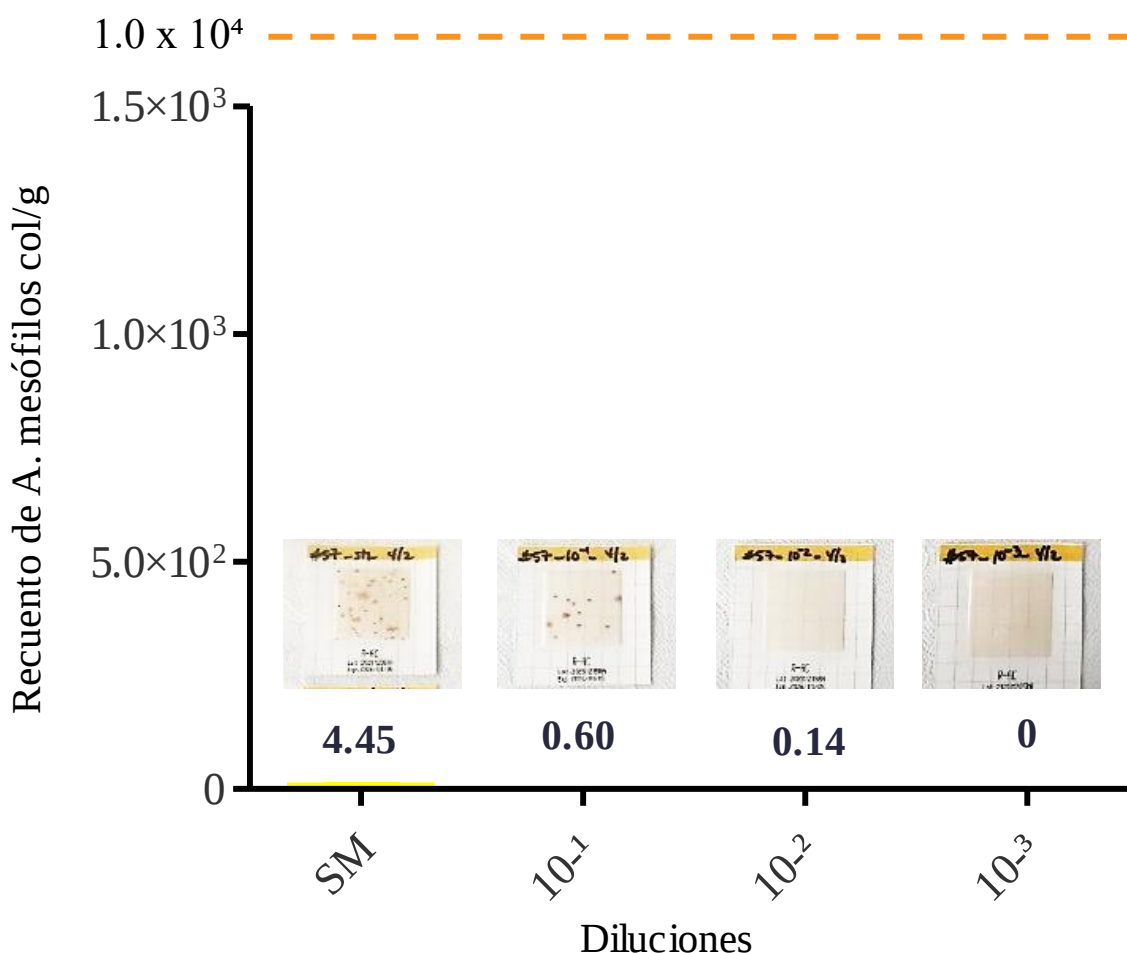


Figura 7. Recuento promedio de aerobios mesófilos (col/g) en muestras de miel según dilución. La línea punteada indica el valor de referencia (1×10^4 col/g) establecido por el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002.

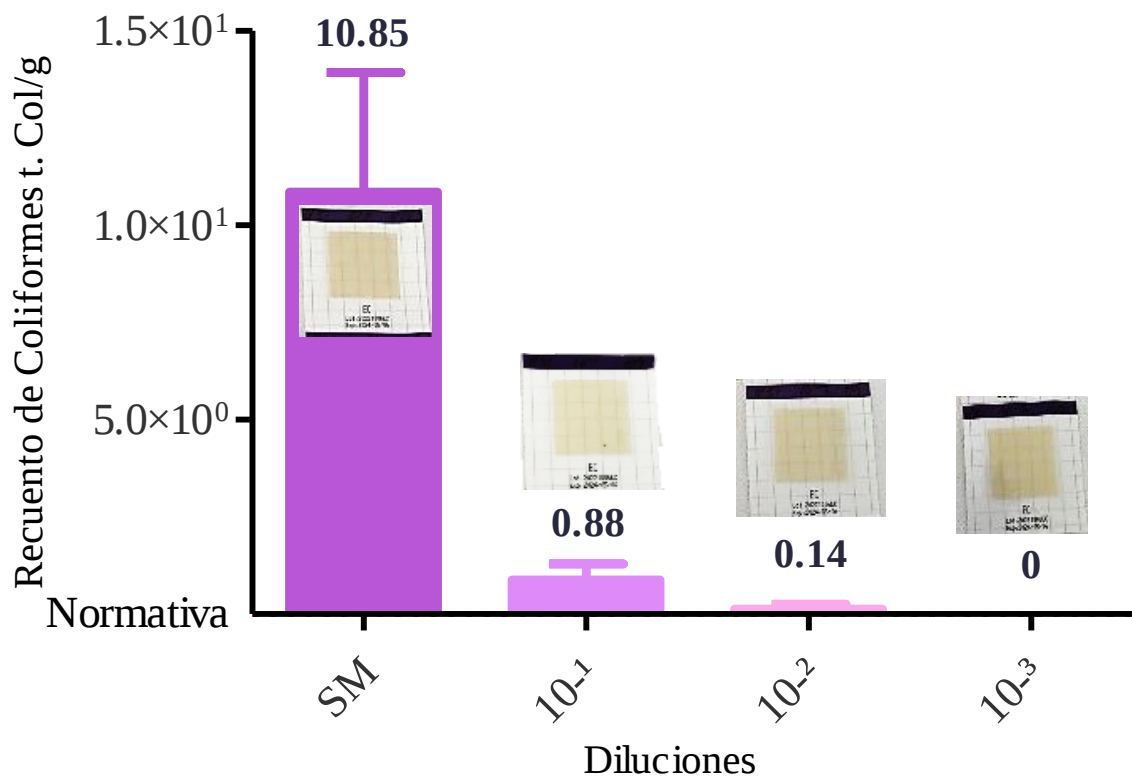


Figura 8. Recuento promedio de coliformes totales (col/g) en muestras de miel según dilución. Según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002, el parámetro de aceptabilidad para este grupo microbiano es de ausencia en la muestra, equivalente a 0 col/g.

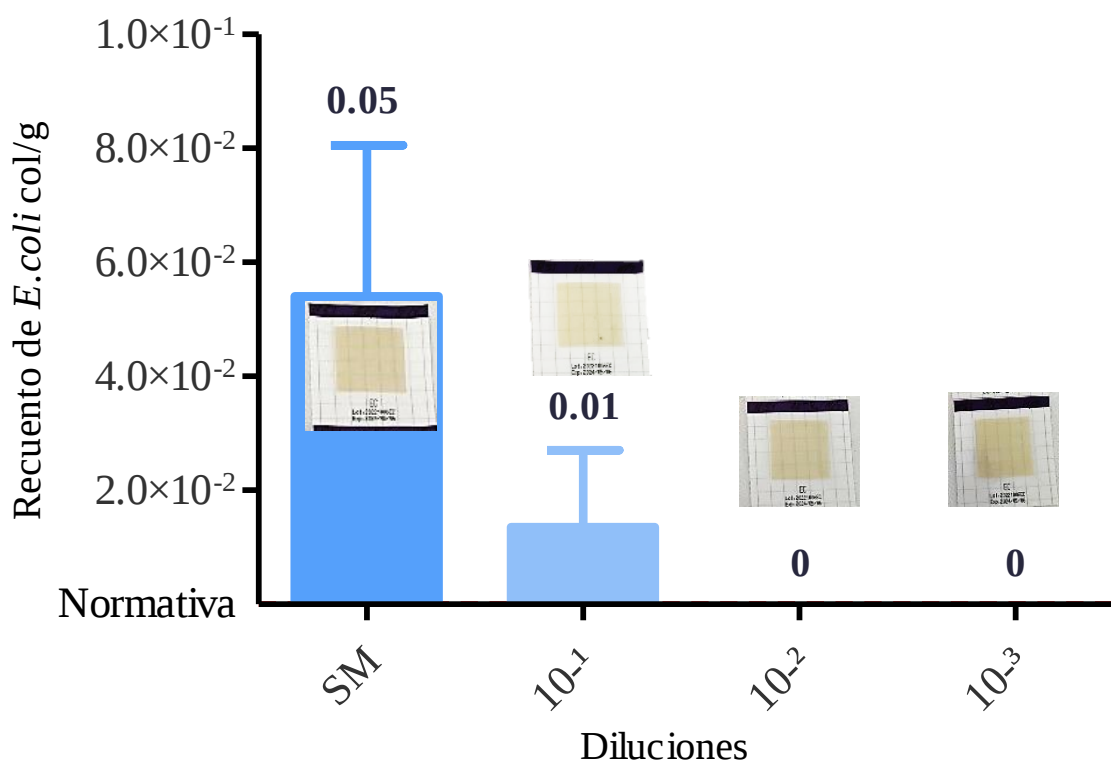


Figura 9. Recuento promedio de *Escherichia coli* (col/g) en muestras de miel según dilución. Según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002, el parámetro de aceptabilidad para este grupo microbiano es de ausencia en la muestra, equivalente a 0 col/g.

Para el análisis estadístico de los datos se aplicó una prueba de Shapiro-Wilk (*Shapiro-Wilk normality test*) para conocer la distribución normal de los valores, dicha prueba arrojó que todos los datos con los que se trabajaron presentan una distribución no paramétrica.

Posteriormente se aplicó la prueba de Wilcoxon para una muestra (*Wilcoxon signed-rank test*) con el fin de comparar los valores observados con los parámetros microbiológicos establecidos en la normativa nacional (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de datos de recuentos de aerobios mesófilos, coliformes totales, E. coli y Salmonella-Shigella según su dilución.

Microorganismo Dilución	$\bar{x} \pm s$	Me	p
Aerobios mesófilos			
SM	4.52E+00 ± 7.78E+00	2.00E+00	< 2.2E-16
10-1	6.16E-01 ± 1.14E+00	0.00E+00	
10-2	1.37E-01 ± 4.48E-01	0.00E+00	
10-3	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	
Coliformes totales			
SM	1.08E+01 ± 2.65E+01	1.00E+00	= 7.188E-12
10-1	8.77E-01 ± 3.57E+00	0.00E+00	
10-2	1.37E-01 ± 1.05E+00	0.00E+00	
10-3	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	
<i>Escherichia coli</i>			
SM	5.80E-02 ± 2.34E-01	0.00E+00	= 0.04771
10-1	1.41E-02 ± 1.18E-01	0.00E+00	
10-2	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	
10-3	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	
<i>Salmonella-Shigella</i>			
SM	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	0
10-4	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	
10-5	0.00E+00 ± 0.00E+00	0.00E+00	

x= promedio | s= desviación estándar | Me= mediana | p= probabilidad

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in various orientations, some facing left and some right. They have yellow and black striped bodies, white heads, and transparent wings with black outlines. The honeycombs are represented by yellow and orange hexagonal shapes with a textured, watercolor-like appearance. The overall color palette is warm, dominated by yellows, oranges, and blacks.

Capítulo V

DISCUSIÓN

5.1 Calidad microbiológica

El 91.5% de las muestras de miel analizadas cumplieron con la mayoría de los criterios de calidad microbiológica establecidos tanto a nivel nacional (Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 66-2002) como internacional (*Codex Alimentarius* para mieles).

Si bien la normativa nacional no menciona explícitamente el uso de diluciones seriadas, diversos autores respaldan esta técnica como la más adecuada para el análisis microbiológico de mieles debido a su alta concentración de azúcares y viscosidad (Sereia et al., 2017; Fernández et al., 2016; Menyiy et al., 2020). Asimismo, el uso de almohadillas MC-Media Pads requiere la dilución previa de las muestras, según las instrucciones del fabricante (Merck Milipore). Estudios recientes, como el de Ramírez-Miranda et al. (2023), han utilizado metodologías similares con buenos resultados en muestras de miel de abejas del género *Melipona*, evidenciando su efectividad.

5.2 Análisis de aerobios mesófilos

Los recuentos de aerobios mesófilos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa nacional, lo cual respalda la hipótesis nula planteada. Estos microorganismos son relevantes porque pueden desarrollarse a temperaturas similares a la del cuerpo humano, lo que los convierte en buenos indicadores de la carga microbiana general.

Estudios previos han señalado que los aerobios mesófilos suelen exceder los valores permitidos en mieles de otras regiones. Por ejemplo, Vázquez-Quñones (2018) encontró que el 40.5% de las muestras superaban este límite de la normativa mexicana, que también está basada en el *Codex* para mieles, lo que indicaba posible contaminación. En contraste, los resultados obtenidos en este estudio podrían deberse al tratamiento térmico al que suelen someterse las mieles comerciales (Scepankova et al., 2024).

5.2.1 Crecimiento de colonias “raras”

Las almohadillas utilizadas (MC-Media Pads) permiten detectar grupos microbianos por colorimetría, pero no identifican géneros específicos. En algunas muestras (ver Anexo 5) se observaron colonias con morfologías atípicas. Según el fabricante, este tipo de crecimiento puede corresponder a bacterias del género *Bacillus*.

Este hallazgo concuerda con lo reportado por Ramírez-Miranda et al. (2023) y Silva et al. (2017), quienes identificaron a *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus spp.* y *Streptomyces spp.* como géneros frecuentes en mieles del continente americano.

5.3 Contaminación por coliformes y *Escherichia coli*

5.3.1 Contaminación por coliformes totales

En cuanto a coliformes totales, los resultados muestran que una proporción considerable de las muestras no cumplió con el parámetro de “ausencia” exigido por la normativa, lo que valida la hipótesis alterna del estudio. La presencia de coliformes en la miel suele atribuirse a contaminación durante el manejo postcosecha, transporte o envasado, como han señalado estudios como el de Luca et al. (2024); Xiong et al. (2023), Vázquez-Quñones et al. (2018) y Landeka et al. (2022).

Este hallazgo coincide con lo reportado por Barrios González (2015), quien detectó coliformes totales en un 4% de las muestras de miel recolectadas en centros de acopio de diferentes regiones de Guatemala, equivalente a 2 muestras contaminadas de un total de 50.

5.3.2 Recuentos incontables

Adicionalmente, se identificaron dos muestras (21 y 33) con recuentos incontables de coliformes. Estas fueron analizadas nuevamente para descartar contaminación cruzada, pero los resultados fueron consistentes, lo que sugiere una contaminación significativa del producto. Las posibles causas pueden incluir fallos en las condiciones higiénicas, equipos no desinfectados, o almacenamiento inadecuado (Adadi & Obeng, 2016; Luca et al., 2024).

5.3.3 Presencia de *Escherichia coli*

La presencia de *E. coli* fue mínima, pero detectada por colorimetría. A pesar de no tratarse de un patógeno en todos los casos, su aparición es un indicador importante de contaminación fecal, lo cual es preocupante desde el punto de vista de la inocuidad alimentaria.

No es muy común encontrar *E. coli* en muestras de miel debido a la actividad antimicrobiana de las mieles (Luca et al., 2024).

5.4 Presencia de patógenos: *Salmonella-Shigella*

No se detectó la presencia de *Salmonella* ni *Shigella* en las muestras evaluadas, lo cual cumple con el criterio de “ausencia” exigido por la normativa. Pese a que la ausencia se detectó en 10 g este resultado respalda la hipótesis nula en lo que respecta a estos patógenos.

Los resultados obtenidos concuerdan con los propuestos por Fernández et al. (2016) en los que luego de testear 163 muestras de miel de Argentina, todas presentaron ausencia de crecimiento en plato del grupo Salmonella-Shigella y también con los resultados de Vázquez-Quñones (2018) en los que testearon 1920 muestras de miel de México y todas fueron negativas para Salmonella y Shigella.

La ausencia de estos microorganismos es un indicador positivo, considerando su alta capacidad de transmisión y las implicaciones sanitarias que tienen para la salud pública.

5.5 Capacidad antimicrobiana y ausencia de crecimiento

Las muestras 13, 17, 19, 30, 37, 42, 53 y 59 no presentaron crecimiento microbiano en ninguno de los medios utilizados (ver Anexo 8 B). Esta ausencia podría interpretarse de varias maneras:

- Buenas prácticas en la manipulación, envasado y almacenamiento del producto.
- Alta actividad antimicrobiana natural, como la que se ha documentado en ciertas mieles con alta concentración de compuestos bioactivos (Brudzynski, 2021).
- Adulteración con sustancias químicas o jarabes que inhiben el crecimiento microbiano.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de complementar los análisis microbiológicos con pruebas fisicoquímicas y sensoriales para confirmar la autenticidad del producto.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten caracterizar el perfil microbiológico de las mieles comercializadas en Panamá, evidenciando áreas de cumplimiento, pero también señalando aspectos críticos que deben ser mejorados para garantizar la inocuidad del producto.

Aunque el presente estudio no tuvo como objetivo evaluar la autenticidad ni detectar fraudes en las mieles, ciertos comportamientos microbiológicos observados —como recuentos extremadamente bajos o ausencia total de desarrollo microbiano— podrían asociarse a alteraciones en la composición natural del producto. Estos resultados abren la posibilidad de que algunas mieles hayan sido sometidas a tratamientos que modifican su estructura, como sobrecalentamiento, filtración excesiva o incluso la adición de sustancias externas. No obstante, al no haberse aplicado pruebas específicas fisicoquímicas u otros métodos analíticos orientados a la detección de adulteración, no es posible establecer con certeza la presencia de fraude. Aun así, estos hallazgos sugieren la necesidad de abordar la autenticidad como una línea futura de investigación en estudios sobre la calidad de mieles comercializadas en el país.

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in a simple, line-art style with yellow and black stripes. The honeycombs are represented by yellow hexagonal shapes. The overall color palette is warm, featuring yellows, oranges, and greys.

Capítulo VI

CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La calidad microbiológica de las mieles de abeja comercializadas en Panamá es, en términos generales, adecuada según los parámetros establecidos por las normativas nacionales vigentes.
- Recuentos elevados de coliformes indican que aún hay aspectos que identificar para mejorar la inocuidad del producto; sin embargo, la mayoría de las mieles presentó recuentos estables de mesófilos y ausencia de patógenos como *Salmonella-Shigella*.
- Las pruebas microbiológicas resultan efectivas para evaluar la inocuidad de la miel, ya que permiten identificar la posible presencia de microorganismos patógenos que representan un riesgo para la salud pública.
- Es necesaria la integración de análisis fisicoquímicos con pruebas microbiológicas como herramienta para la detección de fraudes y adulteraciones en la miel de abejas a la venta en nuestro país.

RECOMENDACIONES

- Incluir pruebas específicas para la detección de *Clostridium* spp. en las muestras de miel, ya que su presencia constituye un indicador relevante a nivel internacional.
- Incorporar procedimientos de identificación morfológica y molecular para conocer la diversidad microbiana presente en las mieles comercializadas en Panamá.
- Comparar la calidad microbiológica entre mieles artesanales y comerciales, con el fin de obtener una visión más amplia del panorama nacional.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar giras de supervisión en campo, a fin de identificar los puntos críticos de contaminación.
- Reforzar las buenas prácticas de manufactura y establecer un monitoreo más riguroso que garantice la seguridad del producto para el consumidor.

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in various orientations, some facing left and some right. They have yellow and black striped bodies and transparent wings with black outlines. The honeycombs are represented by yellow and orange hexagonal shapes, some of which are partially obscured by the bees. The overall color palette is warm, dominated by yellows, oranges, and blacks.

Capítulo VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adadi, P., & Obeng, A. K. (2016). Assessment of bacterial quality of honey produced in Tamale metropolis (Ghana). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(2), 369–373. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.07.005>
- Ajibola, A., Chamunorwa, J. P., & Erlwanger, K. H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*, 9, 61. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-61>
- APIMONDIA. (2020). *APIMONDIA STATEMENT ON HONEY FRAUD*. https://www.apimondia.org/uploads/7/6/4/3/76436993/apimondia_statement_2020_final_version.pdf
- Alzahrani, H. A., Alsabehi, R., Boukraâ, L., Abdellah, F., Bellik, Y., & Bakhotmah, B. A. (2012). Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. *Molecules*, 17(9), 10540–10549. <https://doi.org/10.3390/molecules170910540>
- Baena-Díaz, F., Chévez, E., De la Merced, F. R., & Porter-Bolland, L. (2022). *Apis mellifera* en México: Producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 525–548. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960>
- Barrios González, D. A. (2015). *Evaluación de la calidad microbiológica de la miel de abeja (Apis mellifera L.) en centro de acopio de cuatro regiones apícolas de Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. <https://www.repositorio.usac.edu.gt/handle/123456789/4972>
- Beverley, C. (2022). *Apis mellifera scutellata* (Africanized bee) [Conjunto de datos]. En CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.6362>
- Bose, D., & Padmavati, M. (2024). Honey Authentication: A review of the issues and challenges associated with honey adulteration. *Food Bioscience*, 61, 105004. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105004>
- Brudzynski, K. (2021). Honey as an ecological reservoir of antibacterial compounds produced by antagonistic microbial interactions in plant nectars, honey and honey bee. *Antibiotics*, 10(5), 551. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050551>
- Chirsanova, C. A., Capcanari, T., Boiștean, A., & Khanchel, E. M. I. (2021). Bee honey: History, characteristics, properties, benefits and adulteration in the beekeeping sector. *Journal of Social Sciences*, 4(3), 98–114. [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4\(3\).11](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(3).11)
- Collantes, R., & Del Cid, R. (2023). Diagnóstico participativo de la apicultura en Panamá. *Peruvian Agricultural Research*, 4(2). <https://doi.org/10.51431/par.v4i2.796>
- Contreras, N., Esteban, V., & Condori, V. (2016). Valor económico y calidad física, química y microbiológica de la miel de abeja en los apicultores de la provincia de Leoncio Prado–2015. *RevIA*, 6(2). <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/133/117>

COPANIT. (2002). *Normas COPANIT para la miel de abejas*. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. https://tableroquejas.acodeco.gob.pa/uploads/Reglamentos_Tecnicos/TecnologiadAlimentos/AzucaryProductosdeAzucar/24-572-MieldeAbeja.pdf

Corby-Harris, V., Maes, P., & Anderson, K. E. (2014). The bacterial communities associated with honey bee (*Apis mellifera*) foragers. *PLoS ONE*, 9(4), e95056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095056>

De Oliveira Scoaris, D., Hughes, F. M., Silveira, M. A., Evans, J. D., Pettis, J. S., Bastos, E. M. A. F., & Rosa, C. A. (2021). Microbial communities associated with honey bees in Brazil and in the United States. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(4), 2097–2115. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00539-7>

Del Carmen Gaggiotti, J. C. M. (2017). *Recomendaciones para la calidad de miel: humedad, HMF y otros temas*. RedLAC-AF. <https://www.redlac-af.org/single-post/2017/09/28/Recomendaciones-para-la-calidad-de-miel-humedad-HMF-y-otros-temas>

Escobar, N., Beas, S., Gras, N., & Ronco, A. M. (2023). Fraude alimentario: Pasado, presente y futuro. *Revista Chilena de Nutrición*, 50(1), 106-116. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000100106>

Estrada, H., Arias, M. L., & Chaves, C. (2005). Evaluation of the antimicrobial action of honey against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* and *Aspergillus niger*. Evaluation of its microbiological charge. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 55(2), 167-171. <https://europepmc.org/article/med/16335227>

European Commission. (2023). *Honey (2021–2022): EU-coordinated actions*. Food Safety. https://food.ec.europa.eu/safety/eu-agri-food-fraud-network/eu-coordinated-actions/honey-2021-2022_en

Fallas, N. (2019). *Caracterización fisicoquímica y origen botánico de muestras de mieles de Apis mellifera, de la provincia de Chiriquí-Panamá* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/18328>

FAO. (1981). *Codex norma para la miel: Codex Stan 12-1981*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/input/download/standards/310/cxs_012s.pdf

FAO. (2019). *Miel de abejas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/items/3be337d2-ed8d-4e15-9326-cf477e8d6672>

Fernández, L. A., Ghilardi, C., Hoffmann, B., Busso, C., & Gallez, L. M. (2016). Microbiological quality of honey from the Pampas Region (Argentina) throughout the extraction process. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(1), 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.05.010>

Fernández, E. (2023). ¿Miel fraudulenta? Una revisión sobre la adulteración de la miel y los métodos analíticos para su detección. *TSI Group – Tecnosoluciones Integrales*. <https://tecnosolucionescr.net/blog/764-miel-fraudulenta-una-revision-sobre-la-adulteracion-de-la-miel-y-los-metodos-analiticos-para-su-deteccion>

Fundación Pro Niños del Darién. (2023). *Proyecto apícola: Proceso de preparación de miel de abeja*. <https://darien.org.pa/proyecto-apicola-proceso-de-preparacion-de-miel-de-abeja/>

García, N. L. (2018). The current situation on the international honey market. *Bee World*, 95(3), 89–94. <https://doi.org/10.1080/0005772x.2018.1483814>

García-Chaviano, M. E., Armenteros-Rodríguez, E., Escobar-Álvarez, M. C., García-Chaviano, J. A., Méndez-Martínez, J., & Ramos-Castro, G. (2022). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Médica Electrónica Medigraphic*, 44(1), 155–167. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=115174>

García-Pérez, M. L., & Fong-Reynoso, C. (2023). Los sistemas de información como estrategia contra la adulteración de la miel mexicana. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. <https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1341>

GraphPad Software. (2007). *GraphPad Prism* (Versión 5.0.0.288) [Computer software]. <https://www.graphpad.com>

Güerri Gericó, Á., Botella Grau, M., Escriche Roberto, M., & García Ferrús, M. (2022). Caracterización microbiológica de muestras de miel procedentes de Mozambique. *Agris*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125048/records/67488b486b7cc10eeb5ac6ad>

Guevara Cruz, C. M. (2022). Apiario de la Universidad de Panamá en Chiriquí produce una primera cosecha de 385 galones de miel. *Semanario La Universidad*. <https://launiversidad.up.ac.pa/node/2632>

Halaby Hernández, N. (2025). Importancia del muestreo de *Shigella* Spp. Y su inducción en las normativas de análisis alimentario en Colombia. Universidad de Antioquia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/46847>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). (2020). *Investigación e innovación apícola en Panamá*. <https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/investigacion-innovacion-apicola-panama/es>

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (2018). *Microorganisms in foods 7* (2.a ed.). Springer. <https://plataformaestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/Microorganismos-en-los-alimentos.pdf>

International Honey Commission, & Bogdanov, S. B. (2009). *HARMONISED METHODS OF THE INTERNATIONAL HONEY COMMISSION*. International Honey Commission – World Network Of Honey And Bee Product Science. <https://www.ihc-platform.net/wp-content/uploads/2024/08/ihcmethods2009.pdf>

INTERPOL. (2021). *Una operación mundial se salda con la incautación de alimentos y bebidas ilegales por valor de 53 millones de euros*. <https://www.interpol.int/es/Noticias-y-acontecimientos/Noticias/2021/Una-operacion-mundial-se-salda-con-la-incautacion-de-alimentos-y-bebidas-ilegales-por-valor-de-53-millones-de-euros>

Landeka, V., Cvrtila, Ž., Kozačinski, L., Drmać, M., Sesar, A., & Aljičević, M. (2022). Microbiological and physicochemical quality of honey in Bosnia and Herzegovina. *Veterinarska Stanica*, 53(5), 561–571. <https://doi.org/10.46419/vs.53.5.5>

Licen.ai. (s.f.). *Artículo 2 – Por la cual se regula la actividad apícola: Ley 46 del año 1999*. <https://www.licen.ai/articulos/articulo-2-ley-46-de-1999-s08dyk>

Luca, L., Pauliuc, D., & Oroian, M. (2024). Honey microbiota, methods for determining the microbiological composition and the antimicrobial effect of honey – A review. *Food Chemistry X*, 23, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101524>

Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5–37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>

Majtan, J. (2024). In vitro testing of honey quality and biological functionality: Underestimated elements in the clinical testing of honey. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1433786>

Manual de buenas prácticas en alimentación de abejas: Un aporte a la calidad de la miel argentina (1.a ed.). (2022). [Libro digital]. Cecilia Beatriz. https://www.researchgate.net/publication/364139481_La_deteccion_de_adulteraciones_en_la_miel

Menyiy, N. E., Akdad, M., Elamine, Y., & Lyoussi, B. (2020). Microbiological quality, physicochemical properties, and antioxidant capacity of honey samples commercialized in the Moroccan Errachidia region. *Journal of Food Quality*, 2020, Article ID 7383018. <https://doi.org/10.1155/2020/7383018>

Microsoft Corporation. (2021). *Microsoft Excel* (Versión 2108) [Software de computadora]. <https://office.microsoft.com/excel>

Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá (MICI). (s.f.). *Portal institucional*. <https://mici.gob.pa>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2024). *Actividad apícola se incrementa en Panamá*. <https://mida.gob.pa/2024/05/15/actividad-apicola-se-incrementa-en-panama/>

Ministerio de Salud (MINSA). (s.f.). *Dirección Nacional de Control de Alimentos y Vigilancia Veterinaria inicia funciones*. <https://www.minsa.gob.pa/noticia/direccion-nacional-de-control-de-alimentos-y-vigilancia-veterinaria-inicia-funciones>

Ministerio de Salud (MINSA). (2013). *Programa salud nutricional*. <https://www.minsa.gob.pa/programa/programa-salud-nutricional>

Ministerio de Salud (MINSA). (2021). *Dirección Nacional de Control de Alimentos y Vigilancia Veterinaria inicia funciones | Ministerio de Salud de la República de Panamá*. Ministerio de Salud. <https://www.minsa.gob.pa/noticia/direccion-nacional-de-control-de-alimentos-y-vigilancia-veterinaria-inicia-funciones>

National Geographic. (2024). *Abeja melífera*. <https://www.nationalgeographicla.com/animales/abeja-melifera>

Pereira, A. M., & Chaud-Netto, J. (2005). Africanized honey bees: Biological characteristics, urban nesting behaviour and accidents caused in Brazilian cities (*Hymenoptera: Apidae*). *Sociobiology*, 46(3), 535–550. <https://doi.org/10.5555/20073015091>

Platonova, M. (2024, 29 de mayo). *¿Qué es el fraude alimentario y cómo lo detectan los especialistas en ciencia nuclear?* Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-el-fraude-alimentario-y-como-lo-detectan-los-especialistas-en-ciencia-nuclear>

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing* (Versión 4.4.3) [Software de computadora]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

Ramírez-Miranda, I., Moguel-Ordoñez, Y., Acevedo-Fernández, J. J., & Betancur-Ancona, D. (2023). Calidad microbiológica y actividad antibacteriana de miel producida por *Melipona beecheii* en Yucatán, México. *Revista MVZ Córdoba*, 28(2), e3175. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3175>

Ramos Guadalupe, E. V. (2019). *Determinación de coliformes totales en miel de abejas en el cantón Mejía de la provincia de Pichincha, Ecuador* (Tesis de licenciatura). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Documento impreso.

Rivera-Gomis, J., Bubnic, J., Ribarits, A., Moosbeckhofer, R., Alber, O., Kozmus, P., Jannoni-Sebastianini, R., Haefeker, W., Köglberger, H., Tiozzo, B., Pietropaoli, M., Lubroth, J., Raizman, E., Lietaer, C., Zilli, R., Eggenhoeffner, R., Higes, M., & Formato, G. (2020). Good farming practices in apiculture. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 38(3), 879–890. <https://doi.org/10.20506/rst.38.3.3032>

Rivera, R. (2024, marzo 26). Conociendo el valor y la calidad de la miel en Panamá. *Revista Hacia la Luz UP*. <https://uphacialaluz.com/2024/03/26/panama-cuenta-con-miel-de-buena-calidad/>

Rojas-Sandoval, J. (2022). *Apis mellifera (European honeybee)* [Conjunto de datos]. En CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.6359>

Scepankova, H., Majtan, J., Estevinho, L. M., & Saraiva, J. A. (2024). The high pressure preservation of honey: A comparative study on quality changes during storage. *Foods*, 13(7), 989. <https://doi.org/10.3390/foods13070989>

Scepankova, H., Pinto, C. A., Paula, V., Estevinho, L. M., & Saraiva, J. A. (2021). Conventional and emergent technologies for honey processing: A perspective on microbiological safety,

bioactivity, and quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5393–5420. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12848>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). *Atlas Nacional de las Abejas y Derivados Apícolas: Capítulo 2 – La apicultura en México*. <https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/cap2.html>

Sereia, M. J., Perdoncini, M. R. F. G., Marçó, P. H., Parpinelli, R. S., De Lima, E. G., & Anjo, F. A. (2017). Techniques for the evaluation of microbiological quality in honey. En *InTech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/67086>

Silva, M. S., Rabadzhiev, Y., Eller, M. R., Iliev, I., Ivanova, I., & Santana, W. C. (2017). Microorganisms in honey. En *InTech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/67262>

Somoza, A., Wu, C., Martinez, A., & Campos, A. (2024). Determinación de la adulteración de la miel de abeja con miel de caña usando una película de oro y espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier. *Revista de Iniciación Científica*, 11(1), 43–47. <http://revistas.utp.ac.pa/>

Tovar, A. M., Ramos, M. M., Pestana, K. C., & Morinson, M. V. (2022). Analítica de datos aplicada a la caracterización microbiológica y sensorial de miel de abejas proveniente del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1768>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2024). *Economically motivated adulteration (food fraud)*. <https://www.fda.gov/food/compliance-enforcement-food/economically-motivated-adulteration-food-fraud>

Vázquez-Quiñones, C. R., Moreno-Terrazas, R., Natividad-Bonifacio, I., Quiñones-Ramírez, E. I., & Vázquez-Salinas, C. (2018). Microbiological assessment of honey in México. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(1), 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.005>

Xiong, Z. R., Sogin, J. H., & Worobo, R. W. (2023). Microbiome analysis of raw honey reveals important factors influencing the bacterial and fungal communities. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1099522. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1099522>

Xubuli. (2024). Pasos del procesamiento de la miel: Guía completa. *TANQUE ACE*. https://ace-tank.com/es_mx/blog/honey-processing-steps-a-comprehensive-guide/

The background of the page is a repeating pattern of stylized bees and honeycombs. The bees are depicted in various orientations, some facing left and some right. They have yellow and black striped bodies, white wings with black veins, and black antennae. The honeycombs are represented by yellow and orange hexagonal shapes. The overall color palette is warm, dominated by yellows, oranges, and blacks.

Capítulo VIII

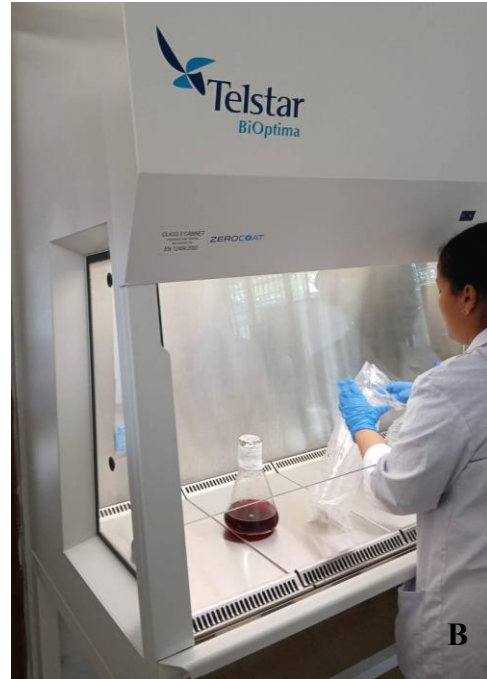
ANEXOS



Anexo 1. MC-Media para recuento rápido de aerobios mesófilos (R-AC), coliformes totales y *Escherichia coli* (EC), (Merck Millipore).



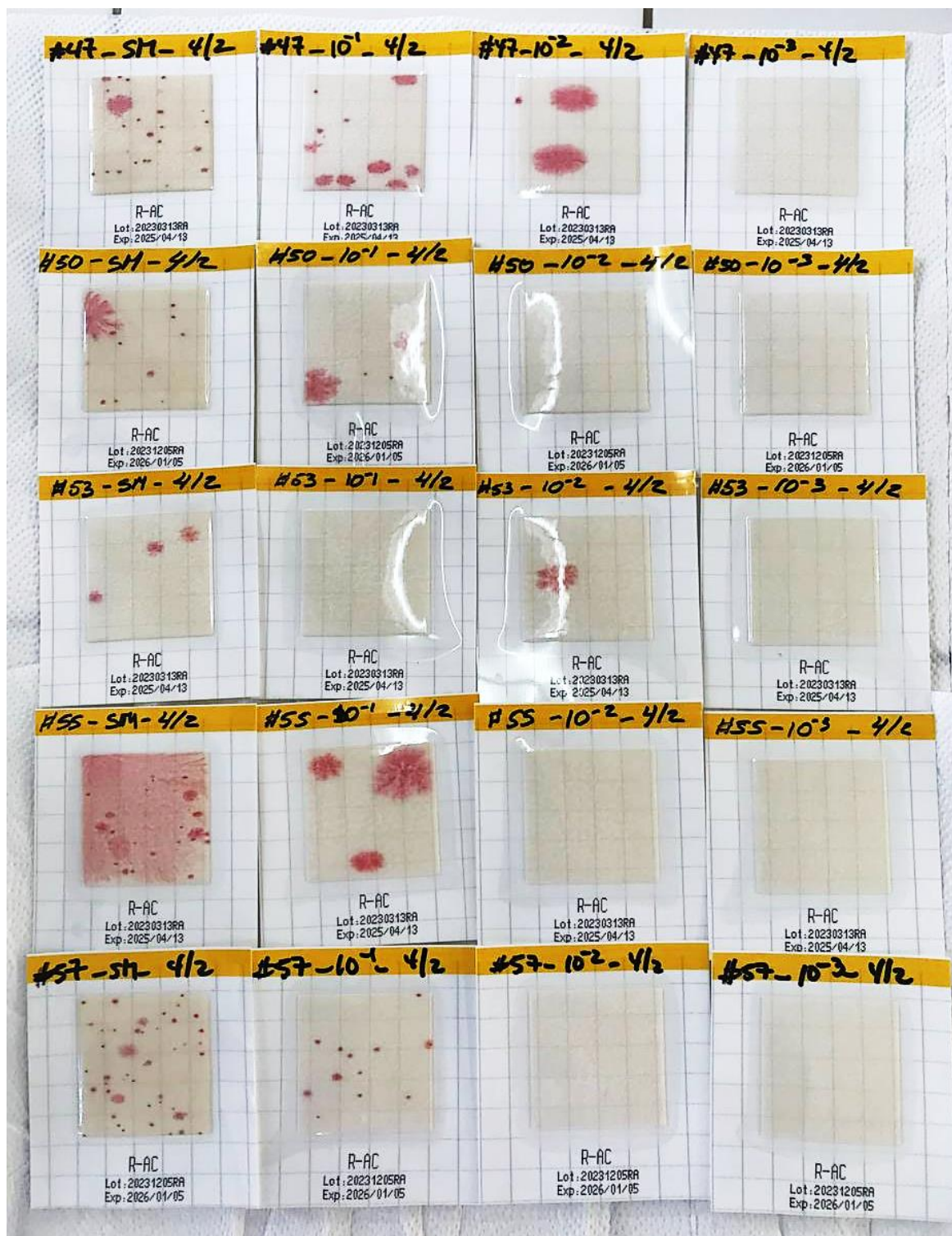
Anexo 2. A. Representación de muestras de miel en envases con tapa roja. B. Representación de método de medición de la miel mediante vertido de 10 mL de muestra en tubo cónico, para su posterior dilución.



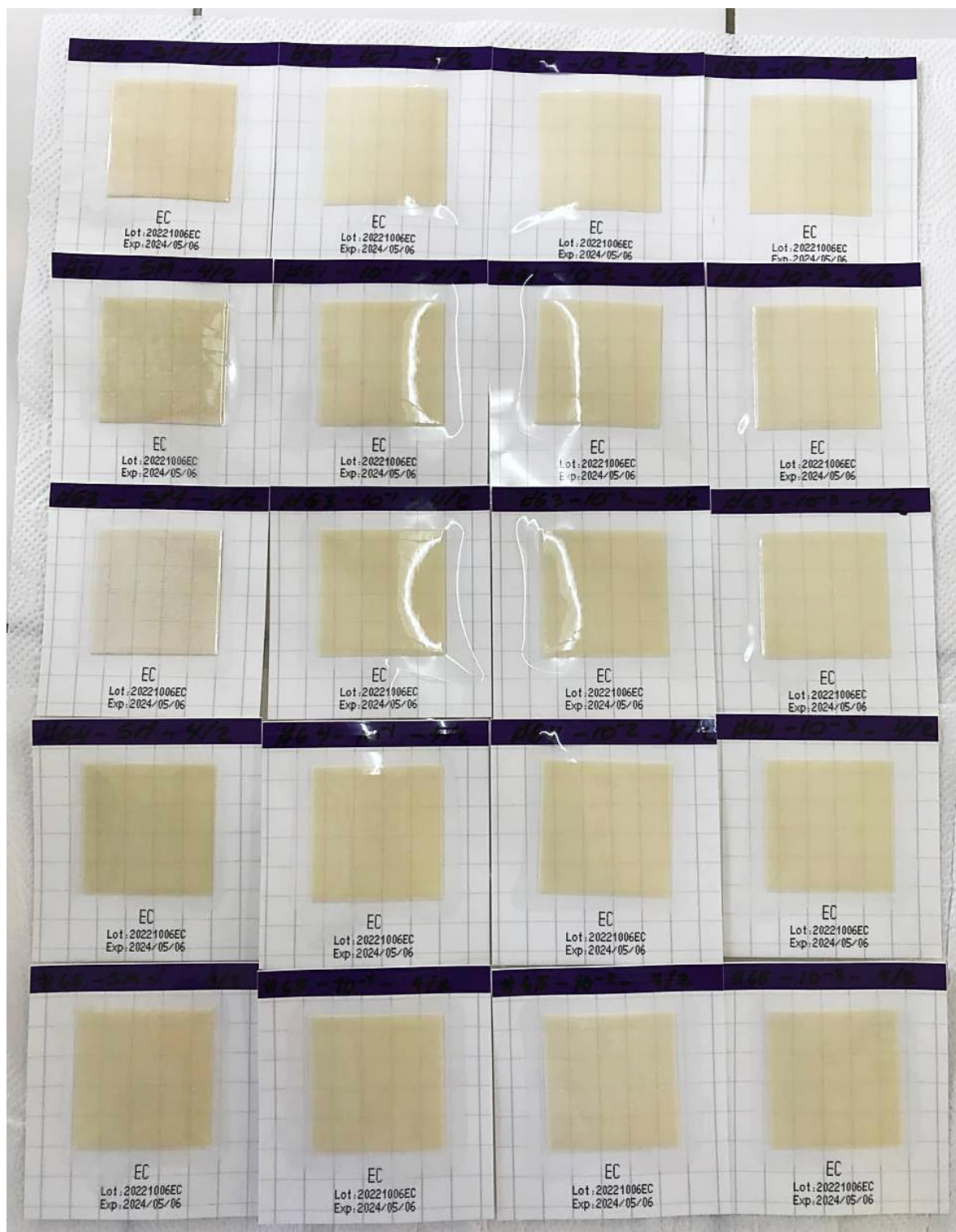
Anexo 3. A. Preparación de diluciones seriadas, al fondo de la cámara se observan las muestras (frascos con tapa azul). B. Vertido de Agar *Salmonella-Shigella* en platos Petri estériles desechables.



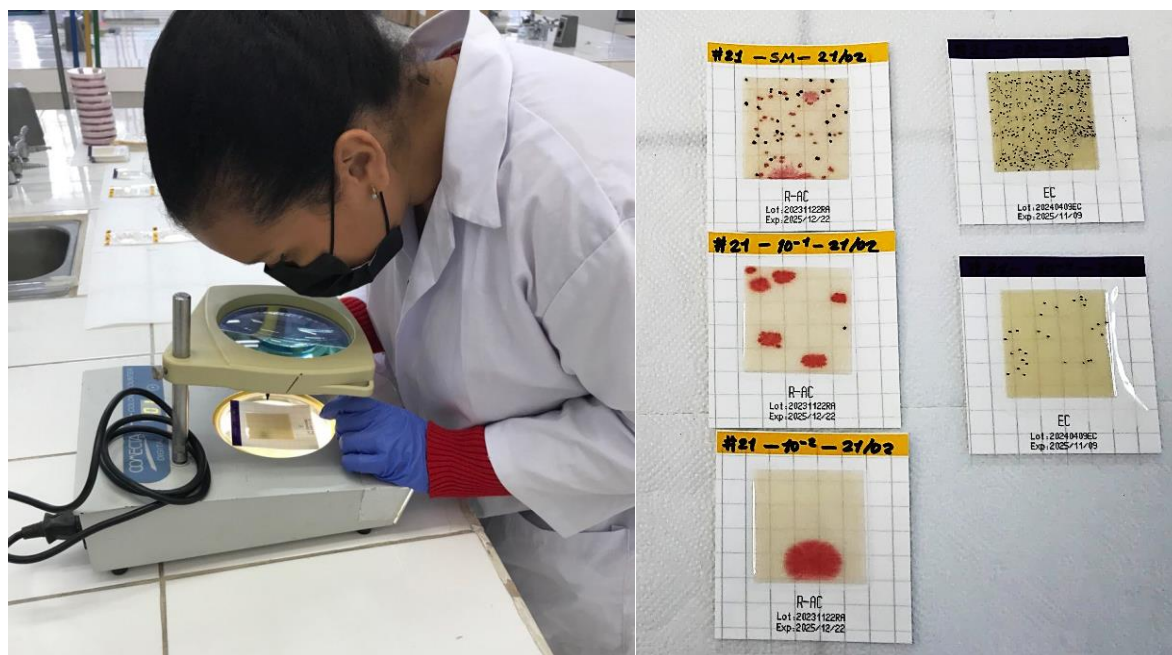
Anexo 4. A. Representación de soluciones madre de distintas muestras de miel en vasos químicos. B. Inoculación de muestra en almohadillas de recuento rápido.



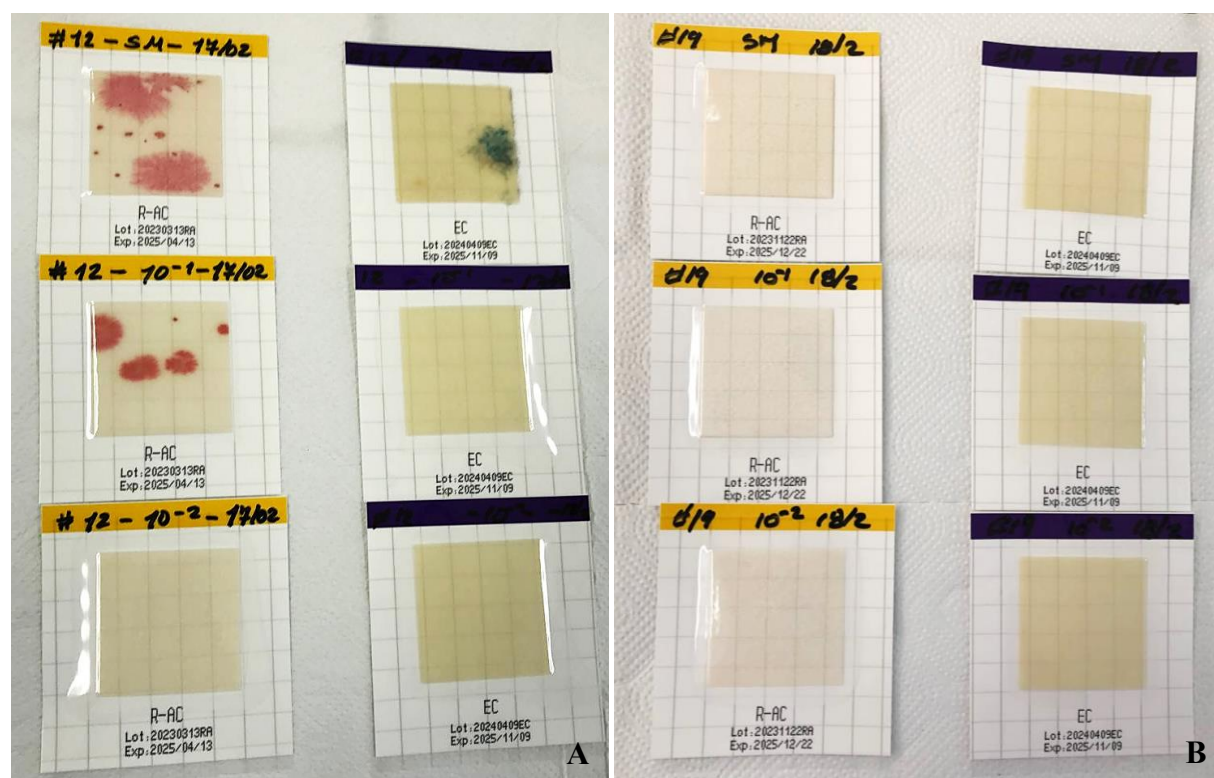
Anexo 5. Representación de resultados de las muestras No. 47, 50, 53, 55 y 57 en MC-Media para recuento de aerobios mesófilos (R-AC) después de 48 horas de incubación a 35 °C.



Anexo 6. Representación de resultados negativos de las muestras No. 47, 50, 53, 55 y 57 sobre MC-Media para recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* (EC) después de 48 horas de incubación a 37 °C.



Anexo 7. Representación del método de recuento mediante marcaje con tinta de las colonias formadas.



Anexo 8. A. Representación de posible contaminación (PC) observada en almohadilla rotulada como solución madre (SM) para coliformes totales y *E. coli*. B. Representación de ausencia de aerobios mesófilos y coliformes totales en muestra No. 19.



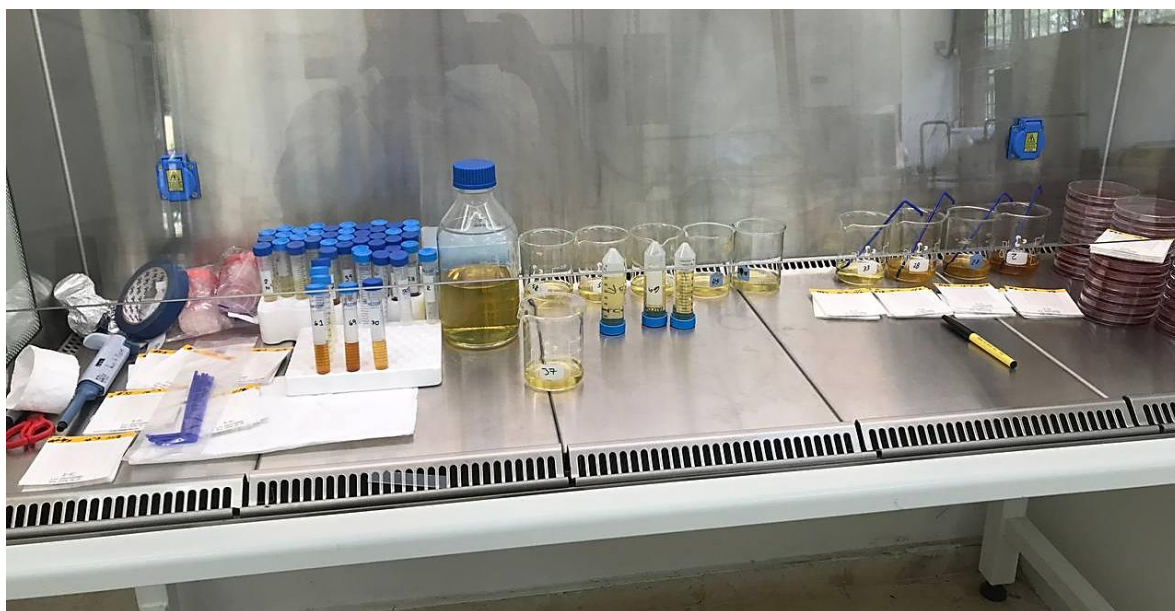
Anexo 9. Incubadoras graduadas a 35 °C para aerobios mesófilos y 37 °C para coliformes totales, *E. coli* y *Salmonella-Shigella*.



Anexo 10. Representación de incubación de platos Petri con Agar *Salmonella – Shigella* a 37° C.



Anexo 11. Material estéril utilizado para el procesamiento de miel: envases con muestra de miel (tapa roja) y agua peptonada (botella autoclavable con tapa azul), vasos de precipitado y tubos cónicos (estériles envueltos en aluminio) dentro de la cabina de bioseguridad (BioSafety Cabinet Telstar Bio II Advance).



Anexo 12. Imagen representativa del procesamiento de las muestras de miel de abeja.



Anexo 13. Imagen representativa del procesamiento de las muestras de miel de abejas. IZQ: soluciones madres: miel de abeja + agua peptonada; DER: platos Petri con Agar *Salmonella-Shigella* (SS).

Anexo 14. Recuento de aerobios mesófilos

Aerobios mesófilos							
No. de muestra	Códigos	Fecha de inoculación	Dilución	Colonias totales	<i>Bacillus</i>	Colonias Totales sin <i>Bacillus</i>	Col/g
1	0004-23P	12/02/25	SM	3	3	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
2	0007-23P	11/03/25	SM	3	3	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
3	0009-23P	17/02/25	SM	7	6	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
4	0010-23P	10/02/25	SM	6	2	4	4.00E+01
			10 ⁻¹	2	0	2	2.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
5	0011-23P	17/02/25	SM	4	2	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
6	0012-23P	17/02/25	SM	14	9	5	5.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
7	0013-23P	17/02/25	SM	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
8	0014-23P	17/02/25	SM	9	5	4	4.00E+01
			10 ⁻¹	3	2	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
9	0019-23P	12/02/25	SM	5	2	3	3.00E+01
			10 ⁻¹	4	2	2	2.00E+02
			10 ⁻²	2	0	2	2.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00

10	0020-23P	17/02/25	SM	5	3	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	5	5	0	0.00E+00
			10 ⁻²	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
11	0021-23P	17/02/25	SM	3	2	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	1	0	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
12	0026-23P	17/02/25	SM	11	7	4	4.00E+01
			10 ⁻¹	5	4	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
12	0026-23P	20/02/25	SM	11	9	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	5	5	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
13	0027-23P	18/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
14	0028-23P	18/02/25	SM	4	2	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	3	2	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
15	0032-23P	18/02/25	SM	1	0	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
16	0033-23P	10/02/25	SM	10	7	3	3.00E+01
			10 ⁻¹	5	3	2	2.00E+02
			10 ⁻²	1	0	1	1.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
17	0038-23P	18/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	3	3	0	0.00E+00
18	0039-23P	10/02/25	SM	3	1	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
19	0041-23P	18/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00

			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
20	0042-23P	18/02/25	SM	13	11	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	5	4	1	1.00E+02
			10 ⁻²	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
21	0045-23P	10/02/25	SM	48	18	30	3.00E+02
			10 ⁻¹	8	7	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
21	0045-23P	20/02/25	SM	64	36	28	2.80E+02
			10 ⁻¹	7	6	1	1.00E+02
			10 ⁻²	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
22	0047-23P	18/02/25	SM	7	6	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
23	0048-23P	18/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
24	0049-23P	18/02/25	SM	13	6	7	7.00E+01
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
25	0054-23P	18/02/25	SM	4	3	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
26	0285-23P	21/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
27	0470-23P	11/02/25	SM	5	3	2	2.00E+01
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
28	0471-23P	11/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00

			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
29	0613-23P	19/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	6	6	0	0.00E+00
			10^{-2}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
30	0614-23P	21/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
31	0615-23P	19/02/25	SM	15	12	3	3.00E+01
			10^{-1}	4	4	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
32	0616-23P	19/02/25	SM	1	1	0	0.00E+00
			10^{-1}	8	6	2	2.00E+02
			10^{-2}	2	2	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
33	0617-23P	11/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
34	0618-23P	10/02/25	SM	14	9	5	5.00E+01
			10^{-1}	5	4	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
35	0619-23P	12/02/25	SM	5	5	0	0.00E+00
			10^{-1}	5	5	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
36	0620-23P	21/02/25	SM	4	3	1	1.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
37	0621-23P	11/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
38	0622-23P	12/02/25	SM	8	4	4	4.00E+01
			10^{-1}	2	1	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00

			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
39	0623-23P	11/02/25	SM	10	7	3	3.00E+01
			10^{-1}	3	3	0	0.00E+00
			10^{-2}	3	3	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
40	0624-23P	19/02/25	SM	4	2	2	2.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
41	0626-23P	12/02/25	SM	4	1	3	3.00E+01
			10^{-1}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
42	0626-23P	10/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
43	0627-23P	11/02/25	SM	3	1	2	2.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
44	0628-23P	12/02/25	SM	8	4	4	4.00E+01
			10^{-1}	2	1	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
45	0629-23P	27/01/25	SM	2	0	2	2.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
45	0629-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	2	0	2	2.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
45	0629-23P	07/02/25	SM	3	3	0	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
46	0629-23P	27/01/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10^{-1}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-2}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00

46	0629-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻²	1	1	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
46	0629-23P	07/02/25	SM	1	0	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	2	1	1	1.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
47	0630-23P	27/01/25	SM	14	14	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	6	6	0	0.00E+00
			10 ⁻²	1	0	1	1.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
47	0630-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	15	15	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	6	6	0	0.00E+00
			10 ⁻²	1	0	1	1.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
47	0630-23P	04/02/25	SM	24	4	20	2.00E+02
			10 ⁻¹	11	9	2	2.00E+02
			10 ⁻²	3	3	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
48	0631-23P	11/02/25	SM	4	3	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	2	2	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
49	0632-23P	19/02/25	SM	6	6	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
50	0669-23P	30/01/25	SM	21	0	21	2.10E+02
			10 ⁻¹	2	0	2	2.00E+02
			10 ⁻²	2	0	2	2.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
50	0669-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	23	0	23	2.30E+02
			10 ⁻¹	3	0	3	3.00E+02
			10 ⁻²	2	0	2	2.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
50	0669-23P	04/02/25	SM	11	5	6	6.00E+01
			10 ⁻¹	6	2	4	4.00E+02
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
50	0669-23P	20/02/25	SM	11	4	7	7.00E+01

			10^{-1}	3	2	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
51	0670-23P	11/02/25	SM	11	4	7	7.00E+01
			10^{-1}	4	3	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
51	0670-23P	25/02/25	SM	10	0	10	1.00E+02
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
52	0671-23P	30/01/25	SM	10	0	10	1.00E+02
			10^{-1}	1	0	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
52	0671-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	10	0	10	1.00E+02
			10^{-1}	1	0	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
52	0671-23P	07/02/25	SM	8	7	1	1.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	2	2	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
53	0672-23P	04/02/25	SM	3	3	0	0.00E+00
			10^{-1}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
54	0673-23P	21/02/25	SM	2	1	1	1.00E+01
			10^{-1}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
55	0674-23P	04/02/25	SM	20	8	12	1.20E+02
			10^{-1}	4	3	1	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
56	0675-23P	07/02/25	SM	2	1	1	1.00E+01
			10^{-1}	1	1	0	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0	0.00E+00
57	0677-23P	04/02/25	SM	46	9	40	4.00E+02
			10^{-1}	15	8	7	7.00E+02

			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
57	0677-23P	20/02/25	SM	34	14	20	2.00E+02
			10 ⁻¹	7	4	3	3.00E+02
			10 ⁻²	3	2	1	1.00E+03
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
58	0679-23P	11/02/25	SM	2	1	1	1.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00
59	0680-23P	04/02/25	SM	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0	0.00E+00

PC-Posible Contaminación | Col/g- Colonia / gramos

Anexo 15. Recuento de coliformes totales y *Escherichia coli*

Coliformes totales							
No. de muestra	Códigos	Fecha de inoculación	Dilución	Colonias	<i>E. coli</i>	Coliformes Col/g	<i>E. coli</i> Col/g
1	0004-23P	12/02/25	SM	12	0	1.20E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
2	0007-23P	11/03/25	SM	1	0	1.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
3	0009-23P	17/02/25	SM	18	0	1.80E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
4	0010-23P	10/02/25	SM	40	0	4.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
5	0011-23P	17/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00

6	0012-23P	17/02/25	SM	26	0	2.60E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
7	0013-23P	17/02/25	SM	8	0	8.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
8	0014-23P	17/02/25	SM	48	0	4.80E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	3	0	3.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
9	0019-23P	12/02/25	SM	5	0	5.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
10	0020-23P	17/02/25	SM	8	0	8.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	2	0	2.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
11	0021-23P	17/02/25	SM	12	0	1.20E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	3	0	3.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
12	0026-23P	17/02/25	SM	14	0	1.40E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
12	0026-23P	20/02/25	SM	12	0	1.20E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
13	0027-23P	18/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
14	0028-23P	18/02/25	SM	2	0	2.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
15	0032-23P	18/02/25	SM	24	0	2.40E+02	0.00E+00

			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
16	0033-23P	10/02/25	SM	10	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
17	0038-23P	18/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
18	0039-23P	10/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
19	0041-23P	18/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
20	0042-23P	18/02/25	SM	10	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
21	0045-23P	10/02/25	SM	100	0	1.00E+03	0.00E+00
			10^{-1}	9	0	9.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
21	0045-23P	20/02/25	SM	194	0	1.94E+03	0.00E+00
			10^{-1}	29	0	2.90E+03	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
22	0047-23P	18/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
23	0048-23P	18/02/25	SM	1	0	1.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
24	0049-23P	18/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00

			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
25	0054-23P	18/02/25	SM	1	0	1.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
26	0285-23P	21/02/25	SM	15	0	1.50E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
27	0470-23P	11/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
28	0471-23P	11/02/25	SM	18	0	1.80E+02	0.00E+00
			10^{-1}	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
29	0613-23P	19/02/25	SM	5	0	5.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
30	0614-23P	21/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
31	0615-23P	19/02/25	SM	PC	PC	PC	PC
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
32	0616-23P	19/02/25	SM	4	0	4.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
33	0617-23P	11/02/25	SM	5	0	5.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	5	0	5.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	9	0	9.00E+03	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
34	0618-23P	10/02/25	SM	47	0	4.70E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00

			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
35	0619-23P	12/02/25	SM	8	0	8.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	3	0	3.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	1	0	1.00E+03	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
36	0620-23P	21/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
37	0621-23P	11/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
38	0622-23P	12/02/25	SM	9	0	9.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
39	0623-23P	11/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
40	0624-23P	19/02/25	SM	35	0	3.50E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
41	0626-23P	12/02/25	SM	24	0	2.40E+02	0.00E+00
			10^{-1}	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
42	0626-23P	10/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
43	0627-23P	11/02/25	SM	6	0	6.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
44	0628-23P	12/02/25	SM	14	0	1.40E+02	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00

45	0629-23P	27/01/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
45	0629-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
45	0629-23P	07/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
46	0629-23P	27/01/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
46	0629-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	PC	PC	PC	PC
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
46	0629-23P	07/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
47	0630-23P	27/01/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
47	0630-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	PC	PC	PC	PC
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
47	0630-23P	04/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
48	0631-23P	11/02/25	SM	5	0	5.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
49	0632-23P	19/02/25	SM	4	0	4.00E+01	0.00E+00

			10^{-1}	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
50	0669-23P	30/01/25	SM	1	1	1.00E+01	1.00E+01
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
50	0669-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	PC	PC	PC	PC
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
50	0669-23P	04/02/25	SM	1	1	1.00E+01	1.00E+01
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
50	0669-23P	20/02/25	SM	22	1	2.20E+02	1.00E+01
			10^{-1}	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
51	0670-23P	11/02/25	SM	9	0	9.00E+01	0.00E+00
			10^{-1}	1	1	1.00E+02	1.00E+02
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
51	0670-23P	25/02/25	SM	10	0	1.00E+02	0.00E+00
			10^{-1}	PC	PC	PC	PC
			10^{-2}	PC	PC	PC	PC
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
52	0671-23P	30/01/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
52	0671-23P	Muestra procesada en UDELAS	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
52	0671-23P	07/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-2}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-3}	0	0	0.00E+00	0.00E+00
53	0672-23P	04/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10^{-1}	0	0	0.00E+00	0.00E+00

			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
54	0673-23P	21/02/25	SM	2	0	2.00E+01	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
55	0674-23P	04/02/25	SM	PC	PC	PC	PC
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
56	0675-23P	07/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
57	0677-23P	04/02/25	SM	1	1	1.00E+01	1.00E+01
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
57	0677-23P	20/02/25	SM	12	0	1.20E+02	0.00E+00
			10 ⁻¹	1	0	1.00E+02	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
58	0679-23P	11/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00
59	0680-23P	04/02/25	SM	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻¹	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻²	0	0	0.00E+00	0.00E+00
			10 ⁻³	0	0	0.00E+00	0.00E+00

PC-Posible Contaminación | Col/g- Colonia / gramos