

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE ESPECIES DE LA
FAMILIA ANNONACEAE CONTRA PATÓGENOS PRESENTES EN ALIMENTOS**

POR:

SHELSSE ISELA BONILLAS GÓMEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

**ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE ESPECIES DE LA
FAMILIA ANNONACEAE CONTRA PATÓGENOS PRESENTES EN ALIMENTOS**

POR:

SHELSSE ISELA BONILLAS GÓMEZ

HECTOR ALONSO GÓMEZ GÓMEZ, PhD.

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuente de toda mi energía, quien siempre ha sido fiel y me ha mostrado su amor, tanto directamente como a través de las personas que ha puesto en mi camino. Le agradezco también por concederme la sabiduría necesaria para enfrentar y superar las dificultades que se presentaron a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTO

Hoy culmino un capítulo importante de mi vida, que resumo en años de esfuerzo y dedicación. Agradezco profundamente a Dios por permitirme alcanzar este objetivo y acompañarme en cada paso. A mis padres, Maura Gómez y Oscar Bonillas, gracias por ser parte fundamental en esta etapa; su apoyo y amor significaron mucho. A mis hermanos, Roxana Bonillas y Alessandro Bonillas, gracias por apoyarme y darme ánimo cuando más lo necesitaba. También agradezco a todas aquellas personas que Dios colocó en mi camino durante estos años, quienes fueron luz y apoyo; se les aprecia mucho.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	4
II.OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos Específicos.....	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3.1 La resistencia antimicrobiana como amenaza global.....	6
3.2 Desafíos y mitigación de la resistencia antimicrobiana	4
3.3 Cepas causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs)	5
3.4 Relevancia y clasificación de los antimicrobianos	6
3.5 Las plantas como fuente de antimicrobianos naturales.....	7
3.6 Especies de la Familia Annonaceae	8
3.7 Metabolitos secundarios presentes en las Annonaceae con actividad antimicrobiana.....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1 Etapa 1. Recolección de la materia prima.....	11
4.2 Etapa 2. Secado del material vegetal	12
4.3 Etapa 3. Elaboración de extractos botánicos.....	12
4.4 Etapa 4. Separación del solvente mediante destilación	12
4.5 Etapa 5. Evaluación microbiológica	13
4.5.1 Preparación de medios de cultivo y del inóculo bacteriano	13
4.5.2 Susceptibilidad antibacteriana mediante disco difusión en agar	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
5.1 Evaluación de la actividad antibacteriana de los extractos del género <i>Annona</i>	15
5.2 Efecto de la polaridad de los compuestos bioactivos y los solventes empleados .	16
5.3 Influencia de la estructura celular en la susceptibilidad de bacterias Gram positivas y Gram negativas	18
VI. CONCLUSIONES.....	12
VII. RECOMENDACIONES	20

VIII. BIBLIOGRAFÍAS	27
IX. ANEXOS.....	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Combinación de solventes y especies que conforman los tratamientos.....	14
Tabla 2: Resultados cualitativos de crecimiento bacteriano.....	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Especies de plantas del género <i>Annona</i>	11
Figura 2: Halos de inhibición del extracto acuoso de <i>Annona Diversifolia</i> Saff en <i>E. coli</i> (1) y <i>S. aureus</i> (2)	16

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Recolección de la materia prima.....	28
Anexo 2:Secado del material vegetal	28
Anexo 3: Elaboración de los extractos botánicos	29
Anexo 4: Separación del solvente mediante destilación	30
Anexo 5: Preparación de medios de cultivo y del inóculo bacteriano.....	30
Anexo 6: Susceptibilidad antibacteriana mediante disco difusión en agar	31

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana ha impulsado la búsqueda de nuevas alternativas para reducir la contaminación en productos alimenticios. El uso de extractos naturales ha cobrado relevancia debido a la presencia de compuestos bioactivos con potencial antimicrobiano. Diversas especies vegetales han sido estudiadas y dentro de estas están las de la familia Annonacea, por su contenido en metabolitos secundarios como alcaloides, flavonoides y acetogeninas entre otros. En este contexto el objetivo de este trabajo fue, evaluar la actividad antibacteriana de hojas de cuatro especies del género *Annona*: *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L., *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal y *Annona diversifolia* Saff., frente a patógenos presentes en la industria alimentaria. Las hojas se maceraron durante 48 horas con una proporción de extracción 1:10 (p/v), los extractos se sometieron a evaporación mediante destilación. Para la extracción se emplearon cuatro solventes; etanol, isopropanol, agua y acetona, los cuales se evaluaron mediante la prueba de susceptibilidad bacteriana por difusión en disco (método Kirby-Bauer) en tres cepas bacterianas: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp. Los resultados indicaron que el extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff, mostró actividad inhibitoria frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, con diámetros promedio de 15.17 mm y 13.75 mm, respectivamente. Aunque la mayoría de los extractos evaluados no generaron halos de inhibición debido al crecimiento bacteriano observado dentro de las zonas del disco, el extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff. destacó al presentar un efecto bacteriostático frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Este hallazgo sugiere la presencia de compuestos con potencial antimicrobiano y constituye un punto de partida sólido para futuras investigaciones.

Palabras claves: Alternativas naturales, metabolitos secundarios, actividad inhibitoria, bacteriostático.

I. INTRODUCCIÓN

La resistencia antimicrobiana se define como la capacidad de los microorganismos para resistir los efectos de los agentes antimicrobianos, ya sea por mecanismos inherentes o adquiridos durante su desarrollo (Giono *et al.* 2020). Este fenómeno representa uno de los mayores desafíos a nivel global, especialmente por el incremento de microorganismos multirresistentes que afectan la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y los sistemas productivos. En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) plantean un llamado a promover soluciones sostenibles que protejan el ambiente y garanticen el bienestar humano (López *et al.* 2022).

Al menos siete de estos objetivos están relacionados con la resistencia antimicrobiana, lo que evidencia la necesidad de abordarla desde un enfoque integral, que incluya tanto la gestión ambiental como el aprovechamiento de recursos naturales (López *et al.* 2022). Ante esta situación, se ha resaltado la importancia de buscar alternativas naturales y sostenibles, entre ellas los agentes antimicrobianos de origen vegetal. La familia Annonaceae han mostrado potencial frente a diversos microorganismos, algunas especies de esta familia, como *Annona muricata* L. (guanabana), *Annona diversifolia* Saff (anona blanca), *Annona squamosa* L. (chirimoya), y *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal (chinguya), contienen compuestos bioactivos presentes en hojas, raíces, corteza, frutos y semillas, que incluyen principalmente polifenoles, alcaloides y acetogeninas, metabolitos secundarios asociados a una amplia gama de actividades biológicas (López *et al.* 2022).

En busca de una respuesta a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto antimicrobiano de extractos vegetales obtenidos de cuatro especies de la familia Annonaceae frente a cepas bacterianas de interés en la industria alimentaria. Con el fin de determinar su capacidad inhibitoria y contribuir al desarrollo de alternativas naturales que reduzcan la presencia de microorganismos resistentes.

II.OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

- Evaluar la actividad antibacteriana de hojas de especies de la familia Annonaceae, contra patógenos presentes en la industria alimentaria.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar extractos a partir de hojas de especies de la familia Annonaceae.
- Evaluar la capacidad antibacteriana de los extractos frente a bacterias asociadas a enfermedades de transmisión alimentaria.
- Identificar los halos de inhibición de los extractos de hojas de Annonaceae frente a bacterias patógenas.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 La resistencia antimicrobiana como amenaza global

La resistencia antimicrobiana (RAM), definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella que se produce cuando los microorganismos (bacterias, hongos, virus y parásitos) sufren cambios al verse expuestos a los antimicrobianos, lo que provoca que los medicamentos se vuelvan ineficaces y las infecciones persistan (Lugo y Cureño 2023). La RAM no solo afecta a la salud humana, sino también a la salud animal, la seguridad alimentaria, el ambiente y la economía mundial. Una de las vías más preocupantes de transmisión es a través de los alimentos (Gagetti *et al.* 2020).

En la industria alimentaria, el consumo de alimentos contaminados contribuye al aumento de los fracasos en los tratamientos antimicrobianos, a una mayor gravedad de las infecciones y a un incremento en las tasas de mortalidad. Las bacterias resistentes son más persistentes en la cadena alimentaria y pueden colonizar el intestino humano, lo que provoca infecciones más difíciles de tratar (Chicaiza y Mayorga 2024). Este problema está estrechamente relacionado con el uso de antimicrobianos en animales destinados a la producción de alimentos, ya que su empleo favorece la aparición de microorganismos resistentes (Codex Alimentario, 2025).

El uso irresponsable y excesivo de antibióticos para el control de infecciones en animales, esto combinado con la administración a dosis subterapéuticas (como promotores del crecimiento) en animales sanos de granja a través de alimentos y agua ha intensificado la resistencia antimicrobiana (Lugo y Cureño 2023). Además las prácticas de cría intensiva y el uso de antibióticos de amplio espectro generan una presión selectiva que acelera la aparición de bacterias resistentes como; *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Campylobacter* y *E. coli*, que pueden transmitirse a los seres humanos a través del

consumo de carne y otros productos alimenticios contaminados (Chicaiza y Mayorga 2024).

En un estudio global realizado en 2019, evaluaron la carga de la resistencia antimicrobiana mediante la recopilación y análisis de datos provenientes de 204 países y territorios, abarcando 22 patógenos, lo que permitió generar estimaciones detalladas sobre el impacto actual. Los datos revelaron que, seis patógenos: *Escherichia coli*, seguida de *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa*, fueron responsables de 929, 000 muertes atribuibles y 3,57 millones muertes asociadas con la resistencia a los antimicrobianos. En un segundo grupo se engloban otros seis patógenos responsables entre 10,000 y 250,000 muertes asociadas con la resistencia a los antimicrobianos.: *Mycobacterium tuberculosis*, *Enterococcus faecium*, *Enterobacter spp.*, *Streptococcus agalactiae*, *Salmonella typhi* y *Enterococcus faecalis*. Siendo considerados de prioridad elevada (Murray *et al.* 2022).

Entre los factores que contribuyen al aumento de la resistencia a los antimicrobianos, se incluyen la falta de acceso a agua potable, saneamiento e higiene inadecuados para personas y animales; la insuficiente prevención y control de infecciones en hogares, centros de salud, el acceso limitado a vacunas, diagnósticos y medicamentos de calidad; así como la escasa concienciación pública y profesional sobre el problema. Las poblaciones que viven en entornos de bajos recursos se ven especialmente afectadas tanto por las causas como por las consecuencias de la RAM (OMS 2023).

3.2 Desafíos y mitigación de la resistencia antimicrobiana

Estas condiciones pueden observarse en Honduras, donde convergen múltiples factores de vulnerabilidad. Este país presenta altos índices de inseguridad alimentaria y nutricional, pobreza extrema y una baja calidad de vida, lo que agrava la exposición y susceptibilidad a enfermedades infecciosas (Sandoval 2024). Según la FAO (2009), la gastroenteritis es una de las enfermedades más comunes en Honduras causadas por alimentos contaminados, representando cerca del 99 % de las infecciones bacterianas registradas. De no aplicarse las medidas recomendadas por la OMS, se estima que para

2050 la resistencia a los antimicrobianos podría causar hasta 10 millones de muertes anuales.

Abordar la resistencia a los antibióticos requiere un enfoque multifacético: mejor vigilancia, programas de administración, descubrimiento de nuevos medicamentos y estrategias de tratamiento alternativas (Bhojyawal *et al.* 2024). En este sentido, el enfoque “Una sola salud” apoya la seguridad sanitaria mundial al mejorar la coordinación, la colaboración y la comunicación en la interfaz entre humanos, animales y medio ambiente para abordar amenazas sanitarias compartidas, como las enfermedades zoonóticas, la resistencia a los antimicrobianos y las enfermedades transmitidas por alimentos, ya que comprometen la seguridad alimentaria (Sinclair, 2019).

3.3 Cepas causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs)

Las ETAs son un gran problema para la industria de los alimentos, generalmente asociadas a la presencia de bacterias patógenas en los productos o superficies de los procesos productivos. La mayoría de los microorganismos patógenos como bacterias, hongos, virus, levaduras, entre otros pueden ocasionar distintos malestares en el ser humano e incluso pueden llegar a producir enfermedades a largo plazo, así como enfermedades a corto plazo (Sinclair, 2019). Entre los principales patógenos causantes de ETAs se encuentran *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*. Estos se transmiten de animales a humanos a través de la cadena alimentaria o contactos estrechos, que incluyen la manipulación y la interacción directa de animales. Muchos de estos patógenos son zoonóticos, lo que facilita su propagación a las personas (Cheng *et al.* 2019).

El género *Staphylococcus* comprende aproximadamente 50 especies diferentes de bacterias. Son cocos Gram positivos que tienden a agruparse en tétradas o racimos, y pueden ser aerobios o anaerobios facultativos. Esta bacteria es una de las principales causas de infección en los seres humanos (Parra *et al.* 2022). Los alimentos principalmente involucrados en intoxicaciones alimentarias de este tipo son productos cárnicos, productos de panadería, leche y productos lácteos. La intoxicación ocurre

debido a la ingestión de enterotoxinas producidas en los alimentos, debido a una manipulación y almacenamiento inadecuados a altas temperaturas (Abad *et al.* 2024).

Salmonella spp. son bacterias Gram negativas, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae (Demiray *et al.* 2024). Las especies de estas bacterias son uno de los patógenos transmitidos por los alimentos más comunes y un problema de salud pública en todo el mundo, causando importantes consecuencias económicas. La principal vía de transmisión de las infecciones por *Salmonella* es la oral, que implica el consumo de alimentos o bebidas contaminados, los huevos, las aves de corral y los productos lácteos son las fuentes más comunes (Hashemi *et al.* 2025). Asimismo, el hígado es un alimento común en la cocina tradicional; sin embargo, los métodos de cocción a baja temperatura, empleados para conservar su textura y color, pueden no alcanzar el calor necesario para eliminar los patógenos, lo que representa un riesgo para la seguridad alimentaria (Polat *et al.* 2025).

Escherichia coli, es una bacteria Gram negativa, se encuentra principalmente en las heces y en el tracto gastrointestinal (TGI) de todos los animales de carne y aves de corral. Este patógeno puede contaminar los alimentos de diversas maneras, incluyendo el procesamiento, la manipulación, la contaminación indirecta con agua contaminada y el envasado del producto terminado (Xu *et al.* 2022). Este patógeno es responsable de diversas complicaciones infecciosas, como insuficiencia renal, infección del tracto urinario, diarrea, gastroenteritis y septicemia. Esto ha convertido a esta bacteria en un problema de salud grave. Ante el aumento de ETAs ha crecido el interés por emplear compuestos antimicrobianos (Yadav y Yadav 2025).

3.4 Relevancia y clasificación de los antimicrobianos

Los antimicrobianos, incluidos los antibióticos, antivirales, antifúngicos y antiparasitarios, son compuestos fundamentales utilizados para prevenir y tratar una amplia variedad de enfermedades infecciosas en humanos, animales y plantas. Sin embargo, la aparición y propagación acelerada de patógenos resistentes a los antimicrobianos, amenaza seriamente la eficacia de estos tratamientos, comprometiendo

la capacidad del sistema de salud para controlar enfermedades que antes eran fácilmente tratables (OMS, 2023).

Los antimicrobianos pueden clasificarse según su modo de producción en tres grandes grupos: los naturales, que son generados por microorganismos (por ejemplo, la penicilina); los sintéticos, fabricados completamente por síntesis química (como las sulfonamidas); y los semisintéticos, que derivan de antimicrobianos naturales modificados químicamente para mejorar su eficacia, siendo estos últimos los más utilizados en la práctica clínica actual (Erraqui 2021). Entre esta clasificación destacan los antimicrobianos naturales que tienen propiedades antimicrobianas que se pueden obtener de diversas fuentes, desde plantas, animales, bacterias, algas y hongos (Román y Jiménez 2020).

3.5 Las plantas como fuente de antimicrobianos naturales

Diversos microorganismos producen metabolitos secundarios (MS), con propiedades antimicrobianas, como *Lactococcus lactis*, que genera nisina, un conservante natural usado en alimentos. También las algas y los hongos se perfilan como fuentes prometedoras de compuestos antibióticos. Por su parte, sustancias extraídas de la leche, como lactoferrinas, lípidos y lisozimas, destacan por su capacidad para inhibir microorganismos patógenos (Román y Jiménez 2020). Las plantas sintetizan metabolitos secundarios para neutralizar el exceso de las especies reactivas de oxígeno (ROS) y radicales libres para contrarrestar los posibles daños que puedas sufrir (Bubonja *et al.* 2020).

Los MS presentes en la plantas, desde el punto de vista biológico, se sabe que intervienen en los mecanismos de defensa y que interrelacionan con el ambiente en fenómenos de alelopatía (Vázquez 2023). Pueden clasificarse en cinco grupos principales: fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos y glucósidos. Estos pueden utilizarse para el tratamiento de otros organismos vivos que sufren daños cromosómicos, ultraestructurales y del ADN mediados por ROS (Bubonja *et al.* 2020).

Además, estos compuestos presentan efectos biológicos adicionales, como actividad antifúngica y antiviral, lo que contribuye a la protección de las plantas frente a diversos patógenos. Asimismo, estos compuestos funcionan como importantes absorbentes de radiación ultravioleta (UV), evitando daños graves en las hojas. El perfil químico de una planta puede variar dependiendo de las condiciones de estrés biótico y abiótico, cambios en las intensidades de irradiancia y cualidades como; temperatura, sequía, incluso la composición de nutrientes del suelo puede afectar las concentraciones de los metabolitos secundarios en las plantas (Bubonja *et al.* 2020).

Se han identificado alrededor de 1,300 especies vegetales que contienen compuestos antimicrobianos, lo que evidencia la gran diversidad química del reino vegetal (Román y Jiménez 2020). Se considera que las plantas que manifiestan altos niveles de acción antimicrobiana pueden ser buenas fuentes de extracción de compuestos que inhiban el crecimiento de patógenos alimentarios. Entre las familias vegetales con mayor potencial en este ámbito, destaca la familia Annonaceae (López *et al.* 2022).

3.6 Especies de la Familia Annonaceae

En los últimos años se han intensificado los estudios sobre la familia Annonaceae por ser fuente de importantes agentes fitoquímicos con amplio potencial (Rivera y Guerrero 2023). Esta familia engloba una amplia variedad de especies vegetales comestibles y no comestibles, de gran relevancia a nivel medicinal y nutricional, permitiendo la extracción de aceites de las semillas, hojas y frutos de diferentes especies, pudiendo ser utilizados como medicamentos (Rangel *et al.* 2024).

Dentro de esta familia, destaca el género *Annona* el cual es uno de los más importantes y representa un papel importante en la seguridad alimentaria (Rangel *et al.* 2024). Esta familia es la más grande del Orden Magnoliales, e incluyen árboles tropicales, arbustos y trepadoras (López *et al.* 2022). Son una familia de plantas compuesta por 130 géneros de los cuales se han identificado 2,300 especies que se encuentran distribuidos en los trópicos y subtrópicos de Centro y Sur América, África, Asia y Australia, con alternancia de estaciones secas y húmedas (Álvarez *et al.* 2024, Piedragil *et al.* 2023). Estas especies

se adaptan a climas tropicales y subtrópicos, lo que las hace especialmente relevantes en regiones como el Corredor Seco Centroamericano, donde la seguridad alimentaria y la resiliencia frente a condiciones climáticas extremas son una prioridad. El Corredor Seco es una franja de territorio que atraviesa Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala (FAO s. f.).

En Honduras, se han reconocido especies nativas del género *Annona*, entre ellas: *A. cherimola*, *A. glabra*, *A. holosericea*, *A. liebmänniana*, *A. montana*, *A. muricata* L, *A. reticulata*, *A. squamosa* L, *A. diversifolia* Saff y *A. purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal. Estas especies se distribuyen en los 18 departamentos del país (Ortega *et al.* 2024). *Annona squamosa* L, también conocida como anón y chirimoya, representa una especie tropical endémica. Los fitoquímicos presentes en los extractos de hojas de *A. squamosa* L. representaban un porcentaje significativo de su composición química (Moussa *et al.* 2024). En Honduras se encuentra distribuido mayormente en los departamentos de Choluteca, Comayagua, Francisco Morazán, La Paz y Olancho (Ortega *et al.* 2024).

Otra especie destacada es la *A. muricata* L, también conocido como guanábano, es una de las especies comestibles más importantes (Vázquez 2023). Dentro de esta especie, se han identificado más de 212 fitoquímicos en diferentes partes del árbol (Sosa *et al.* 2022). Es un fruto ovoide, de hasta 30 cm de largo, con proyecciones delgadas, curvas, equinadas, sin presencia de carpelos, con pulpa color blanca (Ortega *et al.* 2024). También se ha documentado el potencial de la *Annona diversifolia* Saff., conocida popularmente como “ilama, papauce, lamazapotl, anona blanca o chirimoya”, se utiliza en la medicina tradicional para tratar la inflamación, el dolor y la diabetes mellitus, así como analgésicos (Murrieta *et al.* 2024). El fruto mide aproximadamente 12 cm de largo y tiene una pulpa dulce, de color blanco, rosa o rojizo. Las semillas son cilíndricas, alargadas, de color café brillante y textura lisa (Sandoval 2024).

La *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal, se conoce con más de 60 nombres, estando entre los más generalizados “cabeza de negro”, “chinguya” y “sincuya” (Topete *et al.* 2020). Esta especie, produce metabolitos secundarios con actividad biológica sobre

hongos, por lo que los estudios de sus compuestos tienen amplio potencial, de las hojas, tallos y semillas (Vázquez 2023). Las hojas de esta especie son simples, con peciolo de 0.3 a 0.6 cm de largo; láminas de 10 a 30 cm de largo y de 4 a 15.5 cm de ancho, obovadas a elíptica-obovadas. En Honduras la distribución regional corresponde a los departamentos de Choluteca, Comayagua, Copán, Francisco Morazán, Olancho, Santa Bárbara y Valle (Ortega *et al.* 2024).

3.7 Metabolitos secundarios presentes en las Annonaceae con actividad antimicrobiana

La familia Annonaceae han sido ampliamente estudiadas por su composición fitoquímica y sus potenciales aplicaciones, los fitoquímicos presentes en esta familia incluyen alcaloides, acetogeninas, flavonoides, polifenoles, taninos, compuestos fenólicos, péptidos, saponinas y esteroides que están relacionados con múltiples actividades biológicas como efectos anticancerígenos, antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, anticonvulsivos, antidiarreicos, antiespasmódicos, antiparasitarios e insecticidas (Amador *et al.* 2022, López *et al.* 2022, Moussa *et al.* 2024; Murrieta *et al.* 2024; Sosa *et al.* 2022).

Los polifenoles, los alcaloides y las acetogeninas son los grupos más relevantes en esta familia (Álvarez *et al.* 2024). Además, los frutos de la familia Annonaceae son ricos en calorías, vitaminas y minerales (K, Ca, Na, Cu, Fe y Mg) (Piedragil *et al.* 2023). De este modo, se trata de una fruta con un notable valor, no solo por su sabor y características sensoriales, sino también por la presencia de compuestos bioactivos que contribuyen al desarrollo de alimentos funcionales (Moussa *et al.* 2024).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se dividió en 5 etapas, descritas a continuación.

4.1 Etapa 1. Recolección de la materia prima

Se estudiaron hojas de cuatro especies de plantas del género *Annona* pertenecientes a la familia Annonaceae: *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L., *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal, y *Annona diversifolia* Saff. La recolección se llevó a cabo en el corredor seco del territorio hondureño durante los meses de mayo-agosto del 2025. Se seleccionaron 300 gramos de hojas por especie, sin presentar daños físicos ni alteraciones biológicas visibles (ver Figura 1). Una vez recolectadas, las hojas se colocaron en papel de estraza y se etiquetaron individualmente con el nombre correspondiente a la especie. Las hojas fueron almacenadas en condiciones higiénicas para evitar la descomposición del material y luego trasladadas al laboratorio de Microbiología y el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Agricultura.

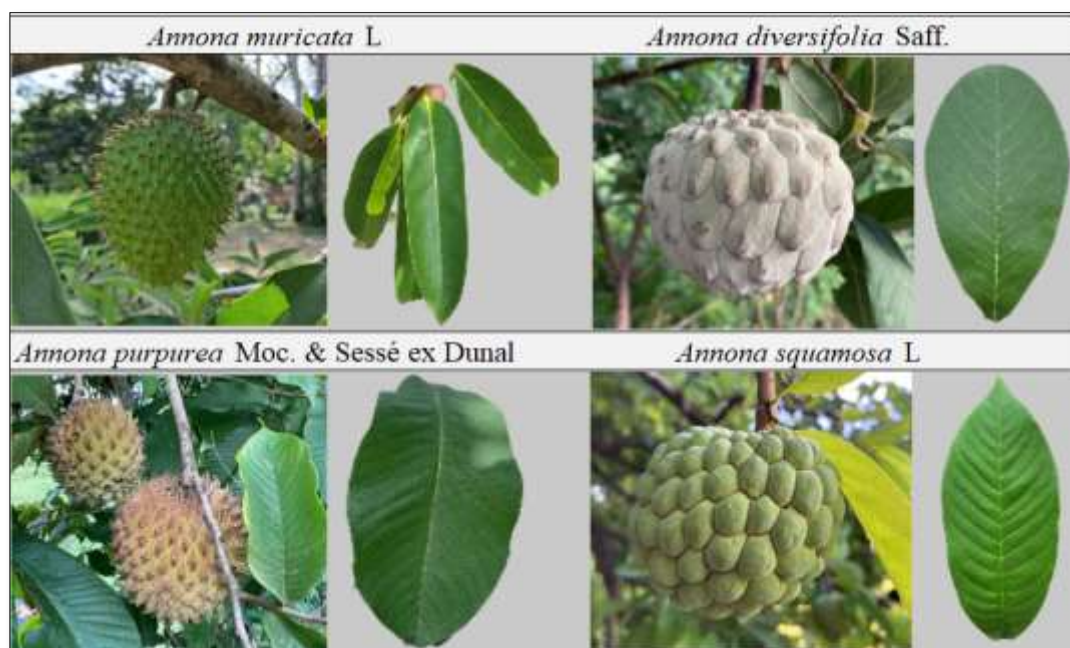


Figura 1: Especies de plantas del género *Annona*

4.2 Etapa 2. Secado del material vegetal

Como se observa en el Anexo 2, las hojas se lavaron con agua destilada para eliminar partículas extrañas. Posteriormente, se procedió a secarlas y colocarlas sobre papel absorbente para retirar la humedad, luego se realizó la deshidratación en un deshidratador marca Oster manteniendo la muestra a una temperatura constante de 45°C durante 2 horas., siguiendo la metodología de Ali *et al.* (2014). Después del secado, las hojas se sometieron a un proceso de molienda para obtener una partícula fina y facilitar el proceso de extracción de los compuestos bioactivos.

4.3 Etapa 3. Elaboración de extractos botánicos

La obtención de extractos se realizó mediante el método de maceración, empleando cuatro solventes de forma separada, agua, isopropanol, etanol y acetona, los puntos de ebullición fueron 100 °C, 80 °C, 77 °C y 56 °C. respectivamente de cada uno. En cada experimento se pesaron 30 g de hojas deshidratadas, las cuales se colocaron en un matraz, añadiendo 300 mL de solvente a una proporción de extracción de 1:10 p/v, siguiendo la metodología de Bubonja (2020). Las muestras se sometieron a un proceso de maceración durante 48 horas y sin mantener contacto directo con la luz. Transcurrido este periodo, el extracto fue filtrado tres veces utilizando papel de filtro (Whatman N.º 1), con el fin de eliminar sólidos y obtener una solución líquida (ver Anexo 3).

4.4 Etapa 4. Separación del solvente mediante destilación

Las muestras se sometieron a un proceso de destilación (ver Anexo 4), en el cual la temperatura alcanzada correspondió al punto de ebullición máximo de cada solvente. Este procedimiento permitió la evaporación controlada del solvente y la concentración del extracto. El tiempo de destilación dependió del solvente utilizado: agua, etanol, isopropanol y acetona presentaron tiempos de 60, 35, 20 y 15 minutos, respectivamente. Una vez completada la evaporación, las muestras se colocaron en frascos de vidrio ámbar, los cuales se almacenaron en refrigeración (4 °C) hasta su uso posterior.

4.5 Etapa 5. Evaluación microbiológica

4.5.1 Preparación de medios de cultivo y del inóculo bacteriano

Como se evidencia en el Anexo 5, se empleó el medio de cultivo agar Mueller-Hinton (MHA) el cual se preparó disolviendo 38 g del medio en 1000 mL de agua destilada, la disolución obtenida se llevó a una placa calefactora a 90 °C hasta disolver completamente el medio. Posteriormente para su esterilización, las soluciones obtenidas se colocaron en autoclave a una temperatura de 120 °C durante 15 minutos, según la metodología de Vargas *et al* (2023). Una vez esterilizado, se vertieron en placas de Petri estériles y se dejó solidificar, dentro de una campana de flujo laminar. Posteriormente se utilizaron cepas de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *Escherichia coli*, las cuales se inocularon por el método de siembra por estría en placas con agar nutriente. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas (Velasco *et al.* 2021).

Para la preparación de la suspensión bacteriana, se utilizó solución salina como medio de dilución. Se transfirieron 2 mL de esta solución a un tubo de ensayo haciendo uso de una jeringa. Posteriormente, mediante el uso de un asa bacteriológica previamente esterilizada, se tomó una pequeña porción de una colonia aislada proveniente de las placas con cultivo bacteriano en agar nutriente. La colonia fue cuidadosamente transferida al tubo de ensayo que contenía la solución salina, agitando suavemente, este procedimiento se repitió hasta alcanzar una turbidez visual equivalente al estándar 0.5 (1.5×10^8 UFC/mL) de McFarland (Bubonja *et al.* 2020).

4.5.2 Susceptibilidad antibacteriana mediante disco difusión en agar

El extracto vegetal se sometió a una prueba de susceptibilidad, para evaluar su capacidad antimicrobiana mediante la formación de halos de inhibición, aplicando el método de Kirby-Bauer (Zuraidawati *et al.* 2019). Para ello, se impregnaron discos de papel de filtro con 30 µL de cada extracto haciendo uso de una micropipeta, siguiendo la metodología Brocos (2024) y Vargas *et al* (2023). Posteriormente se colocaron con una pinza estéril

sobre la superficie de las placas con MHA previamente preparadas con el inóculo bacteriano haciendo uso de hisopos estériles para realizar una dispersión en la superficie de las placas. Seguidamente, las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas (Velasco *et al.* 2021). Tras la incubación, se procedió a la medición del diámetro de los halos de inhibición para determinar el crecimiento bacteriano alrededor de los discos impregnados con los extractos. La zona de inhibición se midió en milímetros (mm). Todos los tratamientos se realizaron por triplicado (ver Anexo 6).

Tabla 1: Combinación de solventes y especies que conforman los tratamientos

N° de tratamiento	Solvente	Especie
T1	Etanol	<i>Annona muricata</i> L.
T2	Isopropanol	
T3	Agua	
T4	Acetona	
T5	Etanol	<i>Annona squamosa</i> L
T6	Isopropanol	
T7	Agua	
T8	Acetona	
T9	Etanol	<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal.
T10	Isopropanol	
T11	Agua	
T12	Acetona	
T13	Etanol	<i>Annona diversifolia</i> Saff
T14	Isopropanol	
T15	Agua	
T16	Acetona	

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de la actividad antibacteriana de los extractos del género *Annona*

La Tabla 2 muestra los resultados de la actividad antibacteriana obtenida con los extractos, en función de las bacterias evaluadas. El extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff. (T15), presentó la mayor actividad inhibitoria. Los otros extractos correspondientes a las diferentes especies vegetales y los solventes empleados en su extracción, no mostraron actividad bactericida frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella*. Como se observa en la Figura 2, el extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff., mostró inhibición (–) frente a *S. aureus* y *E. coli*, mientras que en los otros tratamientos evaluados se observó crecimiento bacteriano (+).

Tabla 2: Resultados cualitativos de crecimiento bacteriano.

Especies	Solvente	<i>E. coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>Salmonella</i>
<i>Annona diversifolia</i> Saff	Agua	-	-	+
	Isopropanol	+	+	+
	Etanol	+	+	+
	Acetona	+	+	+
<i>Annona muricata</i> L.	Agua	+	+	+
	Isopropanol	+	+	+
	Etanol	+	+	+
	Acetona	+	+	+
<i>Annona squamosa</i> L	Agua	+	+	+
	Isopropanol	+	+	+
	Etanol	+	+	+
	Acetona	+	+	+
<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal.	Agua	+	+	+
	Isopropanol	+	+	+
	Etanol	+	+	+
	Acetona	+	+	+

Crecimiento bacteriano (+); Ausencia de crecimiento o inhibición (-).

Aunque la mayoría de los tratamientos elaborados a partir de las especies del género *Annona* no generaron halos de inhibición, el extracto acuoso de *A. diversifolia* Saff. mostró los mayores diámetros de inhibición contra *S. aureus* (13.75 mm) y *E. coli* (15.17 mm). Según Ishak *et al.* (2025) la presencia de crecimiento bacteriano dentro del área de inhibición sugiere que el extracto no ejerció un efecto bactericida, sino que limitó su multiplicación, lo que se interpreta como un efecto bacteriostático, ya que un agente se considera bacteriostático cuando inhibe el crecimiento bacteriano sin provocar la destrucción completa de las células, mientras que un agente bactericida causa la muerte total de las bacterias.



Figura 2: Halos de inhibición del extracto acuoso de *Annona Diversifolia* Saff en *E. coli* (1) y *S. aureus* (2)

La observación de una inhibición, indica que el extracto contiene compuestos con actividad antimicrobiana, capaces de limitar la multiplicación de las bacterias. En este caso, los resultados del tratamiento acuoso de *Annona diversifolia* Saff, evidencian un comportamiento inhibitorio, lo que respalda la interpretación de una acción bacteriostática. Según Górnaiak *et al* (2019) este efecto puede involucrar una lisis parcial, mediante la cual los compuestos bioactivos presentes en el extracto dañan parcialmente la membrana bacteriana, este daño puede favorecer la agregación bacteriana, probablemente debido a cambios en la superficie celular, reflejando la acción moduladora de los metabolitos secundarios.

5.2 Efecto de la polaridad de los compuestos bioactivos y los solventes empleados

Las Anonáceas, como todos los vegetales, poseen rutas metabólicas que forman compuestos de bajo peso molecular, llamados metabolitos secundarios (Vázquez 2023). Según Ngemenya *et al* (2022) la débil actividad observada en la prueba del disco podría deberse al bajo contenido de metabolitos secundarios presentes en el extracto. Afectando tanto la cantidad como la calidad de los compuestos bioactivos presentes (Zuraidawati *et al.* 2019). Asimismo, se ha demostrado que varios factores afectan el diámetro de la zona de inhibición en la prueba del disco, ya que esta técnica se basa en la difusión de los compuestos desde el disco hacia el medio. Para los extractos vegetales, un factor determinante es la polaridad de los compuestos donde muchos de ellos son no polares y se difunden lentamente en el agar, un medio acuoso, lo que limita su capacidad para formar halos detectables (Ngemenya *et al.* 2022).

Es por eso que la selección de los solventes durante el proceso de extracción influye significativamente en el tipo de compuestos bioactivos que se extraerán de la muestra, debido a que se rige el principio de similitud de polaridad, el cual determina la afinidad entre el solvente y las moléculas presentes. Los compuestos de alta polaridad tienen mayor probabilidad de ser extraídos con solventes polares, mientras que los solventes no polares tienden a extraer los compuestos de baja polaridad (Nilamsari *et al.* 2023). En la familia Annonaceae destacan principalmente compuestos de naturaleza polar, como los polifenoles y los alcaloides, cuya extracción se ve favorecida por solventes polares, así como las acetogeninas, caracterizadas por su baja polaridad y, por lo tanto, más afines a solventes menos polares (Álvarez *et al.* 2024).

Para la extracción de compuestos fenólicos, los solventes más empleados son el agua, el etanol y la acetona, debido a que su polaridad favorece la solubilización de este tipo de metabolitos (Alcântara *et al.* 2019). Asimismo, un estudio señaló que el isopropanol, por su carácter polar, actúa como un solvente adecuado para la extracción de compuestos fenólicos, ya que presenta afinidad con estas moléculas y permite una separación eficiente del material vegetal (Modzelewska *et al.* 2025). Los solventes utilizados por su naturaleza polar, facilitan la recuperación de metabolitos con características semejantes, como los flavonoides, cuya extracción se ve favorecida cuando existe compatibilidad entre la polaridad del solvente y la del compuesto (Alcântara *et al.* 2019). Esta propiedad química

no solo es útil para su obtención, sino que también influye en su actividad biológica (Górniak *et al.* 2019).

Dentro del género *Annona*, las acetogeninas destacan por su relevancia biológica, ya que constituyen uno de los grupos de metabolitos más característicos y estudiados. Aunque se originan de ácidos grasos de cadena larga, su estructura incorpora grupos hidroxilo que conforman un núcleo polar. Esta polaridad parcial favorece su extracción mediante solventes orgánicos polares, incluidos aquellos de naturaleza polar como el etanol y el metanol, que presentan afinidad con dichos compuestos y permiten recuperarlos de manera más eficiente (Durán *et al.* 2021). En el caso de los alcaloides, estos presentan grupos funcionales que les confieren cierta polaridad, característica que no solo determina su interacción con distintos tipos de solventes, sino que también permite su solubilidad en agua y, en consecuencia, facilita su extracción en medios acuosos, donde su recuperación suele ser más favorable (Nguyen *et al.* 2025).

Un estudio fitoquímico de *Lepidium sativum* demostró que la extracción asistida utilizando agua como solvente resultó ser la más eficaz para la obtención de polifenoles, debido a su alta polaridad (Rafińska *et al.* 2019). En otro estudio donde se utilizó *Annona muricata* Saff., se observó que el extracto acuoso presentó una inhibición moderada frente a una cepa de *Mycobacterium* MDR; sin embargo, este extracto no mostró efecto bactericida, pero sí un efecto bacteriostático (Ngemenya *et al.* 2022). De manera similar, al extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff. que presentó actividad bacteriostática. Según Ngemenya *et al.* (2022) esto es relevante, ya que un efecto bacteriostático puede no generar un halo visible en las pruebas de difusión, especialmente cuando la concentración es baja.

5.3 Influencia de la estructura celular en la susceptibilidad de bacterias Gram positivas y Gram negativas

Diversos estudios han señalado que las bacterias Gram negativas presentan una mayor complejidad y resistencia frente a los antimicrobianos en comparación con las Gram positivas (Alhumaid *et al.* 2021). Esto se debe a que las bacterias Gram negativas poseen

una estructura celular compuesta por tres capas. La primera capa es la membrana externa (ME), una característica protectora y distintiva que diferencia a las bacterias Gram negativas de las Gram positivas, esta capa es la principal razón por la que estas bacterias pueden resistir muchos tipos de antimicrobianos (sintéticos, semisintéticos o naturales) (Breijyeh *et al.* 2020). Asimismo, a diferencia de las bacterias Gram positivas, las Gram negativas son resistentes a los antibióticos sintéticos, principalmente debido a la baja permeabilidad de su membrana celular (Górniak *et al.* 2019).

Se ha reportado que las plantas de la familia Annonaceae tienen una alta actividad contra diversas cepas bacterianas, tanto Gram positivas como Gram negativas, debido a la presencia de metabolitos secundarios con propiedades bioactivas, entre los cuales destacan los flavonoides, estos compuestos han sido ampliamente estudiados por sus propiedades antimicrobianas en estos dos tipos de bacterias, lo que explica su relevancia dentro del efecto antibacteriano observado en la familia (Górniak *et al.* 2019). Estas bacterias incluyen microorganismos comúnmente asociados a enfermedades de transmisión alimentaria, lo que incrementa su importancia desde el punto de vista sanitario (Bubonja *et al.* 2020).

S. aureus, una bacteria Gram positiva, así como *E. coli* y *Salmonella*, ambas bacterias Gram negativas, se encuentran entre los microorganismos patógenos multirresistentes más comunes (Harahap *et al.* 2022). Los resultados en esta investigación mostraron actividad inhibitoria en el extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff, frente a *S. aureus* y *E. coli*, lo que indica que dicho extracto posee compuestos capaces de interferir con el crecimiento de estas bacterias. En el caso de *Salmonella* no se observó ningún efecto. Según Górniak *et al.* (2019) este comportamiento sugiere que, aunque algunas bacterias Gram negativas pueden responder al tratamiento, en general tienden a presentar una mayor resistencia que las Gram positivas, debido a las diferencias estructurales en su pared celular, las cuales dificultan la penetración de los compuestos bioactivos y limitan su acción antimicrobiana.

Para evaluar la actividad antimicrobiana de extractos vegetales es necesario considerar la posible influencia de los solventes en el medio de cultivo (Bubonja *et al.* 2020). Siguiendo las recomendaciones de Eloff (2019), se incorporaron controles positivos y negativos,

como controles positivos se empleó antibiótico sintético: ciprofloxacina para *Salmonella* spp., cefotaxima para *Staphylococcus aureus* y amikacina para *Escherichia coli*, los cuales generaron zonas de inhibición claras y definidas. El control negativo, consistente en la aplicación del disco, sin presencia del extracto ni disolvente, como era esperado, este no produjo zonas de inhibición (ver Figura 2). Es importante considerar que factores como el tipo de bacteria evaluada y el solvente empleado en la extracción pueden influir significativamente en la obtención de compuestos bioactivos.

VI. CONCLUSIONES

Se evidenció efecto bacteriostático en el extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff., mientras que los demás extractos de hojas de especies de la familia Annonaceae no mostraron ninguna actividad en las bacterias evaluadas.

Se logró elaborar los extractos de las cuatro especies del género *Annona* seleccionadas empleando agua, etanol, isopropanol y acetona como solventes.

El extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff., fue el tratamiento que mostró halos de inhibición frente a *E. coli* y *S. aureus*.

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, dado que los extractos no presentaron efecto bactericida sobre los microorganismos patógenos evaluados.

VII. RECOMENDACIONES

Dar continuidad al estudio del potencial antimicrobiano de las especies del género *Annona*.

Profundizar en la evaluación del extracto acuoso de *Annona diversifolia* Saff. dado que este extracto fue el que mostró efecto bacteriostático.

Considerar la evaluación futura del género *Annona* frente a otros microorganismos de interés alimentario.

Ampliar la investigación hacia la caracterización de los compuestos presentes en los extractos de Annonaceae.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

Abad, I; Bailac, A; Pérez, M; Carramiñana, J; Calvo, M; Sánchez, L. 2024. La digestión gastrointestinal y los tratamientos tecnológicos modifican la actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus*. International Dairy Journal 153:105899. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105899>.

Alcântara, M; Lima, I; Albuquerque, B; Lima, A; Silva, J. 2019. Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. Food Chemistry . Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.133>.

Alhumaid, S; Mutair, A; Al Alawi, Z; Alzahrani, A. 2021. Antimicrobial susceptibility of gram-positive and gram-negative bacteria. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials 20(1):43. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12941-021-00450-x>.

Álvarez, R; Morales, M; Quen, P; Canche, G. 2024. Metabolitos secundarios presentes en plantas de la familia Annonaceae. Brazilian Applied Science Review 8(2):e75565-e75565. Disponible en: <https://doi.org/10.34115/basrv8n2-023>.

Bhojyawal, V; Kesarwani, M; Gupta, S. 2024. The Rise of Antibiotic Resistance: Current Scenario and Future Prospective. Singapore, Springer Nature. p. 261-275. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-981-97-5272-0_12.

Breijyeh, Z; Jubeh, B; Karaman, R. 2020. Resistance of Gram-Negative Bacteria to Current Antibacterial Agents and Approaches to Resolve It. Molecules 25(6):1340. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25061340>

Bubonja, M; Knežević, S; Abram, M. 2020. Challenges to Antimicrobial Susceptibility Testing of Plant-derived Polyphenolic Compounds. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 71(4):300-311. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/aiht-2020-71-3396>.

Cheng, A; Ning, J; Ahmed, S; Huang, J; Ullah, R; An, B; Hao, H; Dai, M; Huang, L; Wang, X; Yuan, Z. 2019. Selection and dissemination of antimicrobial resistance in Agri-food production. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* 8(1):158. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0623-2>.

Chicaiza, A; Mayorga, A. 2024. Revisión bibliográfica: Factores que contribuyen a la propagación de resistencia antimicrobiana (RAM) en la fauna silvestre. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 8(6):7927-7952. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15477.

Demiray, E; Sayar, B; Demiray, E; Sayar, B. 2024. Salmonella Disease with a Health Management Perspective. s.l., IntechOpen. Disponible en: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005026>.

Eloff, J. 2019. Avoiding pitfalls in determining antimicrobial activity of plant extracts and publishing the results. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 19(1):106. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2519-3>.

FAO. 2025. Corredor Seco, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (sitio web). Disponible en: <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1415695/>.

Gagetti, P; Pasteran, F; Ceriana, P; Prieto, M; Cipolla, L; Tuduri, E; Bruinsma, N; Galas, M; Pardo, P; Corso, A. 2020. Evolución del desempeño de Laboratorios de Referencia de América Latina en la detección de mecanismos de resistencia a los antimicrobianos.

Revista Panamericana de Salud Pública 44:42. Disponible en: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.42>.

Giono, S; Santos, J; Rayo, M; Torres, F. 2020. Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. Gaceta médica de México 156(2):172-180. Disponible en: <https://doi.org/10.24875/gmm.20005624>.

Górniak, I; Bartoszewski, R; Króliczewski, J. 2019. Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. Phytochemistry Reviews 18(1):241-272. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9591-z>.

Harahap, D; Niaci, S; Mardina, V; Zaura, B; Qanita, I; Purnama, A; Puspita, K; Rizki, D; Iqhrammullah, M. 2022. Antibacterial activities of seven ethnomedicinal plants from family Annonaceae. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research 13(3):148. Disponible en: https://doi.org/10.4103/japtr.japtr_111_22.

Hashemi, M; Erfani, A; Asadi, F; Doustinouri, M; Shahraki, A; Afshari, A. 2025. Identificación de Salmonella Enteritidis, Salmonella Typhimurium, Bacillus cereus, Bacillus subtilis y Clostridium perfringens en alimentos hospitalarios. Revista Argentina de Microbiología 57(1):78-85. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2024.11.005>.

Ishak, A; Mazonakis, N; Spervasilis, N; Akinosoglou, K; Tsioutis, C. 2025. Bactericidal versus bacteriostatic antibacterials: clinical significance, differences and synergistic potential in clinical practice. Journal of Antimicrobial Chemotherapy 80(1):1-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jac/dkae380>.

López, C; García, M; Martínez, M; Sánchez, L. 2022. Calidad nutricional y nutracéutica del fruto de tres especies de Annonaceae: guanábana, chirimoya y chincuya. Nova scientia 14(28). Disponible en: <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.2925>.

Lugo, G; Cureño, M. 2023. La resistencia antimicrobiana, una amenaza en tres dimensiones. Salud Pública de México 65:323-324. Disponible en: <https://doi.org/10.21149/15141>.

Modzelewska, A; Jackowski, M; Trusek, A. 2025. Extraction of Valuable Compounds from Spent Hops, Including Xanthohumol. The Influence of the Solvent's Polarity Index. Food and Bioprocess Technology 18(11):9369-9377. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11947-025-03977-5>.

Moussa, A; Siddiqui, S; Elhawary, E; Guo, K; Anwar, S; Xu, B. 2024. Componentes fitoquímicos, bioactividades y aplicaciones de la chirimoya (*Annona squamosa* L.) : Una revisión narrativa. Food Chemistry 459:140363. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140363>.

Murray, C *et al.* 2022. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. The Lancet 399(10325):629-655. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).

Murrieta, U; Calzada, F; Barbosa, E; Valdés, M; Reyes, B; Zuleta, H; Guerra, D; Río, F. 2024. Antiprotozoal Activity Against *Entamoeba histolytica* and *Giardia lamblia* of Cyclopeptides Isolated from *Annona diversifolia* Saff. MDPI 29(23):5636. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules29235636>.

Nguyen, K; Le, N; Dang, V; Koshovyi, O; Raal, A. 2025. Alkaloid Extraction from *Coptis chinensis* Franch. Using Ultrasound-Assisted Aqueous Solutions of Surfactants, Organic Acids, Deep Eutectic Solvents, and Supramolecular Deep Eutectic Solvents. Molecules 30(7):1418. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules30071418>.

Nilamsari, E; Nugroho, L; Sukirno, S. 2023. Bioactive Compound Profile of Muntingia Calabura Leaf Extract with Different Polarity Solvent. Syntax Literate 8(10):6035-6046. Disponible en: <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i10.13819>.

Ortega, J; Medina, M; Oyuela, O. 2024. Sinopsis del género Annona L. (Annonaceae) en Honduras. Revista Forestal del Perú 39(2):391-420. Disponible en: <https://doi.org/10.21704/rfp.v39i2.1232>.

Parra, J; Martínez, A; Fuentes, S. 2022. Infecciones por estafilococos. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado 13(49):2873-2882. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.med.2022.02.013>.

Piedragil, B; Saucedo, C; Otero, M; López, A; Calderón, G; Zuleta, H. 2023. La Ilama (*Annona diversifolia* Saff.) una especie subcaducifolia endémica de México. Journal Agro-Divulgación. 3. Disponible en: <https://doi.org/10.54767/ad.v3i4.233>.

Polat, I; Gungor, I; Burhan, S. 2025. Prevalence of Salmonella enterica Serotypes Isolated From Broiler Liver and Their Antibiotic Resistance Profiles. Journal of Food Protection 88(7):100535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2025.100535>.

Rafińska, K; Pomastowski, P; Rudnicka, J; Krakowska, A; Maruška, A; Narkute, M; Buszewski, B. 2019. Efecto del solvente y la técnica de extracción sobre la composición y la actividad biológica de los extractos de *Lepidium sativum*. Food Chemistry 289:16-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.025>.

Rangel, J; Liberal, Â; Catarino, S; Costa, J; Romeiras, M; Fernandes, Â. 2024. Phytochemical and bioactive potentials of African Annonaceae species. Food Chemistry 448:139048. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139048>.

Rivera, A; Guerrero, G. 2023. Antibacterial activity of seed extracts of various species of the Annonaceae family cultivated in Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 17(1): Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/15689

Sandoval, V. 2024. Actividad antihiper glucemiante de tisanas de *Annona diversifolia* Safford en modelo murino diabético experimental. BUAP . Disponible en: <https://doi.org/20240221123505-3952-TL.pdf>.

Sinclair, J. 2019. Importance of a One Health approach in advancing global health security and the Sustainable Development Goals. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)* 38(1):145-154. Disponible en: <https://doi.org/10.20506/rst.38.1.2949>.

Topete, C; Cuevas, R; Sánchez, E; Moreno, A; Morales, J; Núñez, N. 2020. Estructura poblacional y hábitat de un árbol tropical con frutos comestibles, *Annona purpurea* (Annonaceae), en el occidente de México. 68(4):1171-1184. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.42195>.

Vázquez, G; Ortega, E; Cobo, A; Pérez, B. 2023. Actividad antimicrobiana y antibiopelícula del extracto vegetal *Sambucus canadensis* en bacterias patógenas transmitidas por alimentos. *Biotecnia* 25(3):176-183. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.2115>.

Velasco, W; Pabón, L; Hernández, P; Velasco, W; Pabón, L. 2021. Potencial antimicrobiano de extractos de plantas medicinales y sus mezclas frente a bacterias asociadas con conjuntivitis. *publicación científica En Ciencias biomédicas* 19(36):95-108. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/24629448.5294>.

Wilkie, E; Oluwadamilola, P; Olufunke, A; Oluwapelumi, J. 2023. Antibacterial Potential of *Annona muricata* (Linn.) Leaf Extract: A Promising Natural Source for Novel Antibacterial Therapies. *South Asian Journal of Research in Microbiology* 16:34-44. Disponible en: <https://doi.org/10.9734/sajrm/2023/v16i1300>.

Xu, X; Rothrock, M; Reeves, J; Dev Kumar, G; Mishra, A. 2022. Comparación entre los métodos LASSO y RT para la predicción de la concentración genérica de *E. coli* en granjas avícolas con pastoreo. *Food Research International* 161:111860. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111860>.

Yadav, S; Yadav, S. 2025. Síntesis química de la unidad repetitiva de tetrasacárido lista para conjugación del antígeno O50 de *Escherichia coli*. *Carbohydrate Research* 553:109485. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2025.109485>.

Yu, H; Han, X; Quiñones Pérez, D; Yu, H; Han, X; Quiñones, D. 2021. La humanidad enfrenta un desastre: la resistencia antimicrobiana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1729519X2021000300020&lng=es&nrm=iso&tlng=pt.

Zuraidawati, Z; Dewi, M; Darmawi, D; Sugito, S; Hamzah, A; Winaruddin, W. 2019. Phytochemistry and Antibacterial Activity Test of Ethanol Extracts of Soursop flower (*Annona muricata* L.) against *Salmonella enteritidis*. 13(1):132-137. Disponible en: <https://doi.org/10.21157/j.med.vet..v13i1.8885>.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Recolección de la materia prima



Anexo 2: Secado del material vegetal

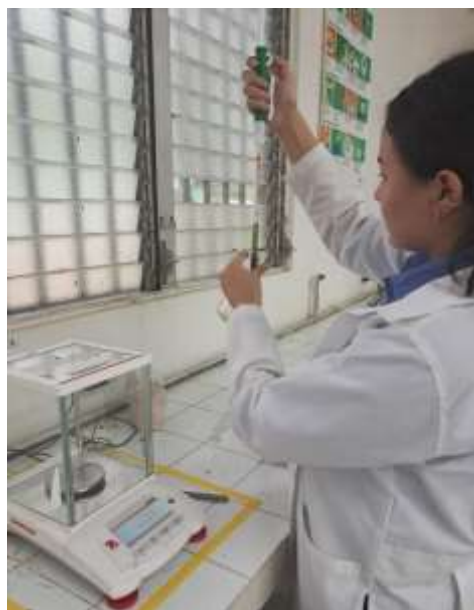




Anexo 3: Elaboración de los extractos botánicos

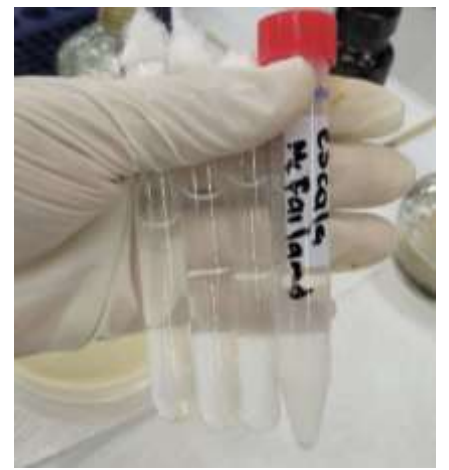


Anexo 4: Separación del solvente mediante destilación



Anexo 5: Preparación de medios de cultivo y del inóculo bacteriano





Anexo 6: Susceptibilidad antibacteriana mediante disco difusión en agar

