



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO



INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

LICENCIATURA EN QUÍMICA DE ALIMENTOS

## TESIS

# CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS DE EXTRACTOS DE *BAUHINIA PURPUREA* *IN VITRO* E *IN SITU*

Para obtener el título de  
Licenciada en Química de Alimentos

PRESENTA:

Lic. Brenda Erika López Bautista

Directora

**Dra. Reyna Nallely Falfán Cortés**

Codirector

**Dr. Javier Castro Rosas**

Comité tutorial:

Mineral de la Reforma Hidalgo, a 03 de abril del 2025

# OFICIO DE IMPRESIÓN DE TESIS



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 3 de abril de 2025

Número de control: ICBI-D/559/2025  
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Egresada de la Licenciatura en Química de Alimentos **Brenda Erika López Bautista**, quien presenta el trabajo de titulación "**Caracterización de compuestos fitoquímicos y propiedades antimicrobianas de extractos de *Bauhinia purpurea in vitro e in situ***", después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

**Presidente:** Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa

**Secretario:** Dra. Esmeralda Rangel Vargas

**Vocal:** Dra. Reyna Nallely Falfán Cortés

**Suplente:** Dr. Javier Castro Rosas

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez  
Director del ICBI



GVR/YCC

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001  
direccion\_icbi@uah.edu.mx, vergara@uah.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uah.edu.mx

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a mi poder superior que me dio la capacidad de lograr uno de los objetivos más grandes de mi vida, el conocimiento y la sabiduría para guiarme durante mi periodo como estudiante, logrando así la culminación de mi carrera profesional, la fortaleza y valentía para no desistir del camino, el compañerismo y liderazgo para poder trabajar y hacer más amena mi trayectoria estudiantil.

No menos importante agradezco infinitamente a mis padres que siempre me brindaron su amor, dedicación y apoyo incondicional para poder cumplir todos y cada uno de mis objetivos personales y académicos, me siento eternamente agradecida de que nunca perdieron la confianza en mí para poder terminar el que ha sido mi proyecto más importante. También expreso mi gratitud a mis hermanos, quienes han sabido brindarme su tiempo para escucharme, apoyarme, regañarme y abrazarme en cada paso que he dado, además de acompañarme siempre de la mano en cada evento importante.

Agradezco a mis más sinceros amigos que siempre estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo, confianza y amistad han sido invaluable, gracias por ser mi equipo de aliento y aun importante ser la familia que yo elegí.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a mi directora de tesis la Dra. Nallely, que con su experiencia, comprensión y paciencia contribuyó a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación.

## **DEDICATORIAS**

“A la persona más valiente, fuerte, inteligente y capaz de creer que podía lograrlo,  
Brenda Erika López Bautista”

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>10</b>
2.1 Enfermedades de transmisión alimentaria.....	10
2.1.1. Causas enfermedades de transmisión alimentaria .....	11
2.2 Microorganismos relacionados con enfermedades de transmisión alimentaria ....	13
2.2.1. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 .....	14
2.2.2. <i>Salmonella typhimurium</i> .....	15
2.2.3. <i>Listeria monocytogenes</i> .....	16
2.2.4. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	17
2.3. Tratamientos farmacológicos para combatir enfermedades transmitidas por alimentos y desventajas .....	18
2.4. Antimicrobianos naturales.....	19
2.4.1 Uso de plantas con actividad antimicrobiana.....	20
2.5. <i>Bauhinia purpurea L</i> .....	20
2.5.1. Taxonomía .....	20
2.5.2. Usos de <i>Bauhinia purpurea L</i> .....	21
2.5.3. Actividad antimicrobiana.....	22
2.5.4. Compuestos bioactivos .....	24
2.5.5. Aplicación de antimicrobianos naturales <i>in situ</i> .....	26
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>27</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	<b>28</b>
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	<b>29</b>
5.1. Objetivo general .....	29
5.2. Objetivos específicos.....	29

<b>VI. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
6.1. Material biológico.....	30
6.2. Obtención de los extractos .....	30
6.3. Cuantificación de fenoles totales .....	32
6.4. Cuantificación de flavonoides totales.....	32
6.5. Actividad antioxidante (Método ABTS) .....	33
6.6. Actividad antioxidante (Método DPPH).....	33
6.7. Cuantificación de antocianinas monoméricas totales .....	34
6.8. Actividad antimicrobiana .....	35
6.8.1. Actividad antimicrobiana <i>in vitro</i> .....	35
6.8.2. Actividad antimicrobiana <i>in situ</i> .....	36
6.9. Análisis estadístico .....	38
<b>VII. RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
7.1. Caracterización funcional de extractos de <i>Bauhinia purpurea</i> .....	39
7.1.1. Fenoles totales .....	39
7.1.2. Flavonoides totales .....	41
7.1.3. Capacidad antioxidante (ABTS) .....	43
7.1.4. Capacidad antioxidante (DPPH).....	45
7.1.5 Antocianinas monoméricas.....	47
7.2. Actividad antimicrobiana de hojas y flores de <i>Bauhinia purpurea in vitro</i> .....	48
7.3. Actividad antimicrobiana de hojas y flores de <i>Bauhinia purpurea</i> sobre cilantro <i>in situ</i> .....	50
<b>VIII. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>IX. REFERENCIAS.....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Micrografía electrónica de barrido coloreado (SEM) de <i>Escherichia coli</i> del serotipo O157:H7Fuente: (CDC, 2022)	14
<b>Figura 2.</b> Bacilos de la especie <i>Salmonella typhimurium</i>	15
<b>Figura 3.</b> Imagen de SEM de una célula de <i>Listeria Monocytogenes</i> .	16
<b>Figura 4.</b> Imagen SEM de colonias de bacteria <i>Staphylococcus aureus</i>	17
<b>Figura 5.</b> Árbol de <i>Bauhinia purpurea</i> .	20
<b>Figura 6.</b> Planta de <i>Bauhinia purpurea</i>	29
<b>Figura 7.</b> Muestra de polvos de <i>Bauhinia purpurea</i>	30
<b>Figura 8.</b> Obtención de extractos de <i>Bauhinia purpurea</i> con diferentes solventes orgánicos	30
<b>Figura 9.</b> Actividad antimicrobiana utilizando técnica de pozos	34
<b>Figura 10.</b> Hojas de cilantro seleccionadas para la actividad antimicrobiana <i>in situ</i>	36
<b>Figura 11.</b> Hojas de cilantro en tratamiento de extracto acuoso de la planta <i>Bauhinia purpurea</i>	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de <i>Bauhinia purpurea</i> L.	20
<b>Tabla 2.</b> Estudios relacionados con la actividad antimicrobiana de <i>Bauhinia purpurea</i> contra microorganismos patógenos	23
<b>Tabla 3.</b> Compuestos bioactivos obtenidos por extracción de solventes de las partes de <i>Bauhinia purpurea</i> .	24
<b>Tabla 4.</b> Fenoles totales en diferentes extractos de <i>Bauhinia purpurea</i>	39
<b>Tabla 5.</b> Flavonoides totales por extracto de <i>Bauhinia purpurea</i> .	41
<b>Tabla 6.</b> Capacidad antioxidante, método ABTS por extracto de <i>Bauhinia purpurea</i>	43
<b>Tabla 7.</b> Capacidad antioxidante, método DPPH por extracto de <i>Bauhinia purpurea</i> .	45
<b>Tabla 8.</b> Cuantificación de antocianinas monoméricas de flores de <i>Bauhinia purpurea</i> .	46
<b>Tabla 9.</b> Halos de inhibición obtenidos como resultado del ensayo de actividad antimicrobiana de extractos de hojas y flores de <i>Bauhinia purpurea</i> .	48
<b>Tabla 10.</b> Actividad antimicrobiana de hojas y flores de <i>Bauhinia purpurea</i> sobre cilantro <i>in situ</i> .	50

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue cuantificar los compuestos fitoquímicos (fenoles, flavonoides, antocianinas), y la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Bauhinia purpurea* frente a patógenos de importancia alimentaria *in vitro* e *in situ*. Se obtuvieron diferentes extractos (acuoso, metanólico y etanólico) de diferentes partes aéreas de la planta *Bauhinia purpurea* adquirida en un vivero de Tuxpan en el Estado de Veracruz. La cuantificación de los compuestos bioactivos se llevó a cabo por métodos espectrofotométricos y se evaluó el contenido de estos en cada parte aérea de la planta (flores, hojas y tallos). La actividad antioxidante fue evaluada con los métodos espectrofotométricos ABTS y DPPH. La actividad antimicrobiana fue evaluada *in vitro*, se evaluaron todos los extractos (acuoso, metanólico y etanólico) de flores, hojas y tallos usando el método de difusión en placa en agar cuenta estándar. Se evaluó la actividad antimicrobiana *in situ*, utilizando como matriz hojas de cilantro. Se obtuvo que el contenido de fenoles mayor fue para el extracto: metanólico (80%) con una concentración de 5745.33 mg Equivalentes de ácido gálico, el mayor contenido de flavonoides lo presentó el extracto etanólico con una concentración de 1159.15 mg equivalentes de quercetina. Para antocianinas la mayor cantidad de fue encontrada en el extracto metanólico con una concentración de 10.58 mg equivalente a cianidina-3-glucósido. La mayor actividad antioxidante encontrada por el método ABTS fue de un porcentaje de inhibición de 99.67 % y por el método DPPH de 78.85% para el extracto metanólico. Los extractos acuosos de hojas y flores presentaron actividad inhibitoria contra *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) con zonas de inhibición entre 11.49 y 18.94 mm respectivamente. En la evaluación *in situ* en hojas de cilantro, se obtuvo que los extractos acuosos de flores presentaron actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) con reducciones de Log UFC/mL, incluso mayores a la encontradas en el control positivo (desinfectante comercial marca Great Value). De acuerdo a los resultados obtenidos, extractos de *Bauhinia purpurea* tienen un alto potencial como extractos funcionales (capacidad antioxidante) y como alternativa natural para la desinfección de un alimento fresco como el cilantro, coadyuvando a la reducción sobre el uso de desinfectantes de origen sintético y coadyuvar en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las enfermedades transmitidas por alimentos representan un importante desafío para la salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) estas enfermedades afectan a miles de personas cada año, causando enfermedades leves y graves e incluso la muerte en algunos casos. Debido a que la contaminación bacteriana en los alimentos es una de las principales causas de enfermedades gastrointestinales, se ha buscado la manera de aplicar medidas efectivas para el control y la prevención del desarrollo de estos microorganismos. Es por esto que la aplicación de extractos naturales surge como estrategia para mejorar la seguridad alimentaria. El uso excesivo e indiscriminado de antibióticos en la agricultura y la ganadería ha contribuido significativamente el problema de la resistencia antimicrobiana, lo que representa una amenaza para la salud pública pues esto dificulta su tratamiento en caso de infecciones humanas (FAO, 2023). En vista de este problema, los extractos naturales ofrecen una serie de beneficios, ya que son considerados más seguros para el uso humanos pues se componen por ingredientes naturales, además de tener un menor impacto ambiental durante su producción y descomposición, convirtiéndolo en una opción más sostenible. La planta *Bauhinia purpurea* ha sido objeto de estudio debido a su capacidad antioxidante, la cual se atribuye a la presencia de diversos compuestos bioactivos en sus diferentes partes, como las flores, hojas y tallos. Estos compuestos incluyen polifenoles, flavonoides, carotenoides y compuestos fenólicos, que actúan como agentes antioxidantes al neutralizar los radicales libres y proteger las células del daño oxidativo (García-Solís *et al.*, 2019). Se han reportado pocos estudios con respecto a esta planta, y no se encontraron reportes en la aplicación de extractos obtenidos a partir de esta planta como antimicrobiano natural evaluada *in situ*. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue la cuantificación de los compuestos fitoquímicos (fenoles, flavonoides, antocianinas) y la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Bauhinia purpurea* frente a patógenos de importancia alimentaria *in vitro* e *in situ*.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Enfermedades de transmisión alimentaria

Según la WHO (2019), más de 200 enfermedades son causadas por el consumo de alimentos contaminados por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas, como metales pesados; este problema de salud pública definido como Enfermedades de Transmisión Alimentaria, es cada vez mayor y produce un impacto socioeconómico considerable, debido a la presión ejercida sobre los sistemas de atención de salud, la pérdida de productividad y el deterioro del turismo y el comercio, éstas enfermedades contribuyen considerablemente a la carga mundial de morbilidad y mortalidad.

Las enfermedades de transmisión alimentaria abarcan una amplia gama de éstas, que pueden provocar desde diarrea hasta el cáncer. En la mayoría de los casos, se manifiestan como problemas gastrointestinales, pero también pueden producir síntomas neurológicos, ginecológicos e inmunológicos. Las enfermedades que causan diarrea son un problema importante en todos los países del mundo, aunque la carga recae desproporcionadamente sobre los países de ingresos bajos y medianos, específicamente hablando de las personas menores de 5 años (OMS, 2024).

Su incidencia ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas por la globalización del mercado de alimentos y los cambios en los hábitos alimenticios, adicionalmente, este problema incrementa con la aparición de nuevas formas de transmisión, en grupos poblacionales vulnerables, y el incremento de la resistencia bacteriana (Palomino-Camargo *et al.*, 2018). De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2023) las infecciones humanas causadas por agentes patógenos (Ej. *Salmonella* spp, *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella*, *Listeria monocytogenes*), las intoxicaciones provocadas por *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, mohos productores de micotoxinas y las toxi-infecciones generadas por *Bacillus cereus*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium perfringens*, entre otros causan 420,000 muertes evitables al año.

### **2.1.1. Causas enfermedades de transmisión alimentaria**

González *et al.* (2014), indicaron que a nivel mundial se reportan casos de brotes por consumo de alimentos, generado por manipulación incorrecta de los consumidores, fallas de los controles apropiados de calidad en los procesos de transformación, producción y servicios en expendios de alimentos, además de errores en los programas de saneamiento (también conocidos como POES: Programa Operacional Estandarizado de Saneamiento) y Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) en la industria de los alimentos.

De acuerdo a la OPS (2025), para que ocurra una enfermedad transmitida por alimentos, el patógeno o sus toxinas deben estar presentes en el alimento. Sin embargo, la sola presencia del patógeno no significa que la enfermedad ocurrirá. En la mayoría de los casos de Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETA):

- a. El patógeno debe estar presente en cantidad suficiente como para causar una infección o para producir toxinas.
- b. El alimento debe ser capaz de sustentar el crecimiento de los patógenos, es decir, debe presentar características intrínsecas que favorezcan el desarrollo del agente.
- c. El alimento debe permanecer en la zona de peligro de temperatura durante el tiempo suficiente como para que el organismo patógeno se multiplique o produzca la toxina.
- d. Debe ingerirse una cantidad suficiente del alimento conteniendo el agente, para que la barrera de susceptibilidad del individuo sea sobrepasada.

#### **2.1.1.1 Enfermedades alimentarias**

Son las enfermedades causadas por la ingestión de alimentos que contienen agentes infecciosos específicos tales como bacterias, virus, hongos, parásitos, que en la luz intestinal pueden multiplicarse o producir toxinas (FAO, 2023). De acuerdo con la OMS (2023), las principales causas de infecciones alimentarias son bacterias como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Campylobacter*, virus como Norovirus y Hepatitis A. Estos patógenos pueden contaminar los alimentos en cualquier etapa, desde la producción agrícola hasta el consumo final. Dentro de las infecciones

alimentarias cuando en el alimento se encuentra presente un patógeno que se establece y multiplica en el consumidor, tiene dos variantes:

- **Infecciones invasivas:** caracterizadas porque el microorganismo coloniza tejidos y órganos del afectado. Este grupo comprende virus, protozoos, parásitos y bacterias como: *Salmonella*, *Aeromonas*, *Campylobacter*, *Shigella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Yersinia* y *Escherichia coli* entero-invasivas (Barreto-Argilagos, 2010).
- **Toxiinfecciones:** causadas por bacterias no invasivas que colonizan y multiplican en el tracto intestinal del hospedero, donde liberan toxinas como: *Vibrio cholerae*, *Bacillus cereus* (cepas productoras de enterotoxinas), *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens* y las variantes enteropatógenas de *E. coli* productoras de enterotoxinas, verotoxinas o ambas (Torrens *et al.*, 2021).

Algunos ejemplos típicos de las infecciones alimentarias son la salmonelosis, listeriosis, triquinosis, hepatitis A, entre otros (FAO, 2023).

### 2.1.1.2 Intoxicaciones alimentarias

La intoxicación alimentaria es una afección que se produce al ingerir alimentos o bebidas contaminados con agentes patógenos como bacterias, virus, parásitos o bien con las toxinas que estos generan. Esta contaminación puede provocar síntomas que varían desde molestias gastrointestinales leves hasta condiciones médicas graves, dependiendo del agente causal y de la cantidad ingerida (INS,2025).

Algunos de los factores que contribuyen a la intoxicación alimentaria son:

- **Manejo inadecuado de alimentos:** la falta de higiene en la manipulación de alimentos, como no lavarse las manos adecuadamente o utilizar utensilios contaminados, puede transferir patógenos a los alimentos.
- **Contaminación cruzada:** el uso de los mismos utensilios o superficies para alimentos crudos y cocidos sin una limpieza adecuada puede transferir microorganismos de unos a otros (Hassan *et al.*, 2023).
- **Lavado deficiente en casa o en servicios de alimentos:** la manipulación inadecuada y la desinfección deficiente de los vegetales frescos están asociados

con brotes de enfermedades transmitidas por alimento, ya que estos productos pueden ser portadores de patógenos si no se utilizan agentes desinfectantes (como hipoclorito de sodio o soluciones específicas para alimentos) (Gómez-Aldapa *et al.*, 2020)

Para que una intoxicación alimentaria ocurra, generalmente deben darse condiciones que permitan la presencia y multiplicación de patógenos en los alimentos como son; temperatura, tiempo, humedad y nutrientes de los alimentos ricos en proteínas y carbohidratos que proporcionan un entorno favorable para el crecimiento bacteriano (Kumar, 2020).

## **2.2 Microorganismos relacionados con enfermedades de transmisión alimentaria**

Los microorganismos son seres vivos diminutos que se pueden clasificar en cuatro grupos principales: bacterias, virus, hongos y parásitos. Estos microorganismos pueden encontrarse en los alimentos y se dividen en dos tipos; beneficiosos y perjudiciales, denominando a estos últimos como microorganismos patógenos (Escartín, 2008). De acuerdo con datos recientes proporcionados por la Organización Mundial de la Salud 2023, las bacterias siguen siendo los patógenos más comúnmente asociados con las enfermedades transmitidas por alimentos. Especies como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* con algunos de los microorganismos más frecuentes en la causa de estas enfermedades (Law *et al.*, 2022). Se les da el nombre de bacterias patógenas de los alimentos a aquellas que pueden causar enfermedades a los seres humanos. Éstas se caracterizan por su capacidad de replicarse en su hospedero causando una enfermedad, no alteran la calidad sensorial de los productos agrícolas, pero si causan intoxicación alimentaria a través de sus toxinas (Bhunja, 2018). Las bacterias patógenas del intestino muestran varios mecanismos de patogenicidad: invasivo, citotóxico, toxígeno y adhesivo (Escartín, 2008). Por esto surge la necesidad de buscar alternativas de origen vegetal que coadyuven a los tratamientos contra las bacterias patógenas.

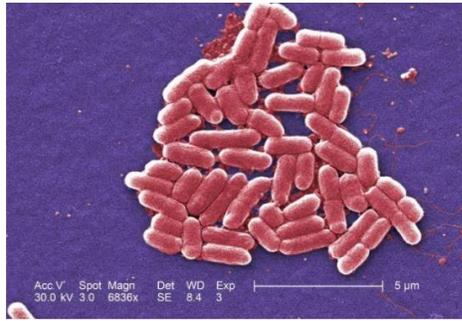
Las bacterias patógenas son microorganismos que pueden estar presentes en una gran variedad de alimentos y pueden ser perjudiciales para la salud humana si se ingieren. Una de las características distintivas de las bacterias es su estructura celular, que puede

ser Gram-positiva o Gram-negativa. Las bacterias Gram-positivas tienen una pared celular gruesa y una única membrana plasmática, lo que las hace más sensibles a los antibióticos que las bacterias Gram-negativas (Murray *et al.*, 2023). Por otro lado, las bacterias Gram-negativas tienen una pared celular delgada, una membrana plasmática y una membrana externa, lo que las hace más resistentes a los antibióticos que las bacterias Gram-positivas debido a su pared celular más compleja y a la presencia de la membrana externa (Berman, 2012).

Entre las principales bacterias patógenas del tracto gastrointestinal según lo reportado por González & Martínez (2017), las bacterias del género *Salmonella* son importantes patógenos de tracto gastrointestinal humano. Así mismo, Smith (2018), *Escherichia coli* es una de las principales bacterias del intestino grueso y desempeña un papel importante en la fermentación de carbohidratos y la producción de ciertas vitaminas. Sin embargo, según lo reportado por Wong *et al.*, (2021) *Escherichia coli* O157:H7 es conocida por producir toxinas que causa enfermedades graves en los seres humanos.

### **2.2.1. Escherichia coli O157:H7**

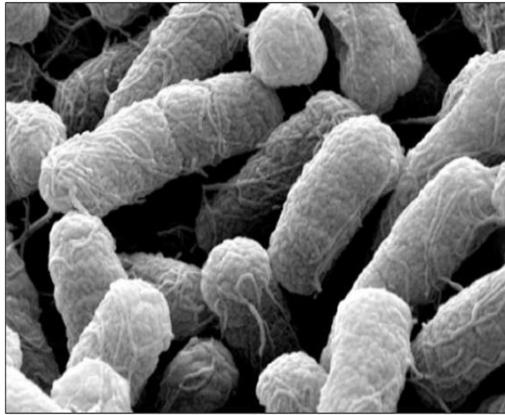
*Escherichia coli* O157:H7 es una cepa que ha sido objeto de gran importancia, debido a su capacidad para causar enfermedades transmitidas por alimentos en humanos. En particular esta cepa se caracteriza por la producción de toxinas Shiga, que pueden provocar graves enfermedades (Lim *et al.*, 2010). Según la OMS (2024) *Escherichia coli* **Figura 1** es entre los patógenos de transmisión alimentaria de los más comunes que afectan a millones de personas cada año, a veces con consecuencias graves o mortales. La *Escherichia coli* del serogrupo O157:H7 es una de las principales causantes de diarrea y vómitos en seres humanos, que puede derivar en graves secuelas como el Síndrome Urémico Hemolítico (OMS, 2024). De acuerdo con el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, 2022), *Escherichia coli* O157:H7 es responsable de aproximadamente el 20% de los casos de enfermedades transmitidos por alimentos en Estados Unidos cada año. La prevención de la contaminación por *Escherichia coli*, en los alimentos es crucial para evitar brotes y proteger la salud pública. Esto incluye medidas como la implementación de prácticas de higiene adecuadas en la producción y manipulación de alimentos, así como el monitoreo y control de la calidad microbiológica de los alimentos (Gould *et al.*, 2020).



**Figura 1.** Micrografía electrónica de barrido coloreado, de *Escherichia coli* del serotipo O157:H7 Fuente: (CDC, 2022)

### 2.2.2. *Salmonella typhimurium*

*Salmonella* es una bacteria de la familia *Enterobacteriaceae*. Estas bacterias son Gram-negativas, anaerobias facultativas y bacilares en forma. *Salmonella* es conocida por ser un patógeno zoonótico, lo que significa que puede transmitirse entre animales y humanos. Las infecciones por *Salmonella* generalmente se adquieren a través de la ingestión de alimentos contaminados, especialmente productos de origen animal, como carne, huevos y productos lácteos (Escartín, 2023). Se estima que millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos causadas por *Salmonella* ocurren cada año en todo el mundo, lo que resulta en un considerable impacto en la morbilidad y mortalidad (Smith *et al.*, 2022). *Salmonella typhimurium* es una bacteria patógena, transmitida principalmente cuando se consumen alimentos tales como huevo, vegetales, frutas y aves crudas o semicrudas siendo la primera causa de gastroenteritis a nivel mundial. Cuando esta bacteria se esparce y es absorbida libera lipopolisacáridos, provocando complicaciones en el huésped infectado, tales como shock séptico, reacciones pirogénicas, hipotensión, diarrea y coagulación de sangre vascular (Ajmera & Shabbir, 2023). De acuerdo con los datos de Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), *Salmonella typhimurium* es responsable de aproximadamente el 10% de las enfermedades transmitidas por alimentos a nivel mundial, ocasionando síntomas como fiebre, diarrea, dolor abdominal, náuseas y vómitos (CDC, 2022).

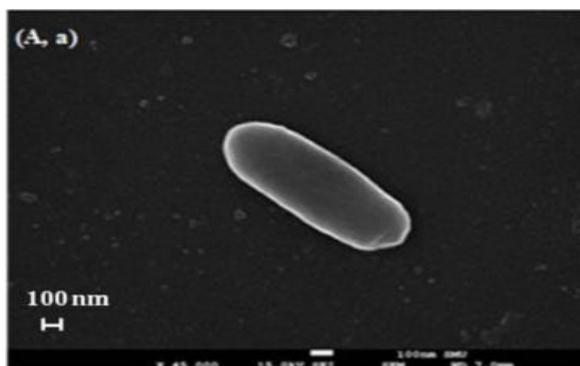


**Figura 2.** Bacilos de la especie *Salmonella typhimurium*

Fuente: (<https://hdl.handle.net/11285/646627>)

### **2.2.3. *Listeria monocytogenes***

Las bacterias listerias son bacilos cortos, Gram-positivos, asporógenos, catalasa-positivo y anaerobios facultativos, es un patógeno ubicuo que prospera en diversos ambientes como suelo, agua, varios productos alimenticios, humanos y animales (Bush & Vazquez, 2023). *Listeria monocytogenes* es un patógeno oportunista, capaz de sobrevivir y de multiplicarse fuera de hospedadores animales y en medios nutritivos muy simples. Cuando infecta a los animales o a las personas, se multiplican intracelularmente. La enfermedad causada por esta bacteria, la listeriosis, se adquiere por la ingestión de alimentos contaminados. La listeriosis se manifiesta como gastroenteritis, meningitis y en casos severos puede llegar a la muerte (CDC, 2022). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS 2022), *Listeria monocytogenes* es responsable de aproximadamente el 1% de las enfermedades transmitidas por alimentos a nivel mundial, aunque las infecciones por esta bacteria son menos comunes que otras infecciones alimentarias, pueden ser graves y potencialmente mortales, especialmente en personas con sistemas inmunológicos comprometidos.

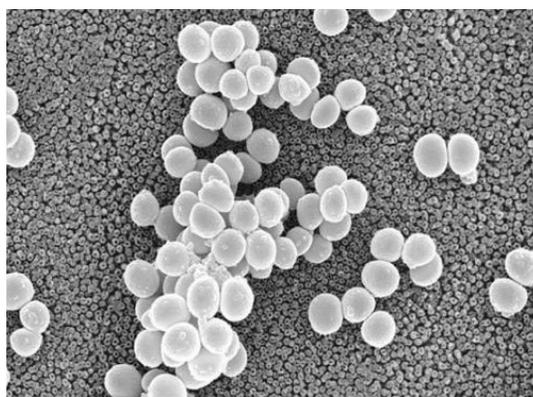


**Figura 3.** Imagen de SEM de una célula de *Listeria monocytogenes*.

Fuente: (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118800>)

#### **2.2.4. *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* es la especie del género *Staphylococcus*, que se presenta en forma de cocos Gram-positivos y catalasa-positivos que se dividen en más de un plano para formar racimos tridimensionales de células, se considera la más virulenta responsable de un amplio espectro de enfermedades. El impacto de las cepas de *S. aureus* sobre la salud es la resistencia que puede presentar a múltiples antibióticos. A través de los años se ha incrementado la tasa de morbilidad y mortalidad a pesar del gran número de antibióticos disponibles que existen. *S. aureus* forma parte de la flora normal del humano, entre 25 y 50% de la población sana está colonizada por esta bacteria (Cervantes *et al.*, 2014). Sin embargo, puede causar infecciones alimentarias debido a la producción de toxinas que ocasionan síntomas como náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal (WHO, 2022). El Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) menciona que *Staphylococcus aureus* es responsable del 4% de las enfermedades transmitidas por alimentos cada año. Aunque las infecciones por esta bacteria suelen ser leves y autolimitadas, causan brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en entornos alimentarios y de atención médica (CDC, 2022)



**Figura 4.** Imagen SEM de colonias de bacteria *Staphylococcus aureus*.

Fuente: (<https://doi.org/10.1155/2011/178921>)

### **2.3. Tratamientos farmacológicos para combatir enfermedades transmitidas por alimentos y desventajas**

El panorama de las enfermedades transmitidas por los alimentos ha experimentado cambios significativos en las últimas décadas. Mientras que algunos patógenos tradicionales han sido controlados o eliminados, han surgido nuevos agentes patógenos, estos nuevos patógenos representan un desafío emergente para la salud pública y requieren una vigilancia constante (Palomo *et al.*, 2010). Es importante reconocer que los microorganismos clásicos transmitidos por alimentos, como *Salmonella spp.* y las cepas enteropatógenas de *Escherichia coli*, continúan evolucionando y adquiriendo nuevas características patogénicas, esto se refleja en la capacidad de estos patógenos para contaminar alimentos que anteriormente no se consideraban de alto riesgo, como las verduras frescas, lo que plantea nuevos desafíos para el control de las enfermedades transmitidas por alimentos y la resistencia a los antibióticos (Rodríguez, 2022).

Los tratamientos farmacológicos para enfermedades transmitidas por alimentos se centran en el manejo de los síntomas y la eliminación del agente patógeno causante de la infección. En la mayoría de los casos, se utilizan antibióticos específicos para combatir a las bacterias responsables de la enfermedad y reducir la gravedad de los síntomas (Bassetti *et al.*, 2022). En el caso de infecciones bacterianas como la salmonelosis o la infección por *Escherichia coli*, los antibióticos como ciprofloxacina, trimetoprima-sulfametoxazol y azitromicina son comúnmente prescritos para tratar la enfermedad (Havelaar *et al.*, 2022). Este tipo de antibióticos, son esenciales para tratar las infecciones

causadas por las bacterias. Sin embargo, su utilización excesiva o errónea en la medicina veterinaria y humana se ha vinculado a la aparición y propagación de bacterias resistentes, que hacen que los tratamientos de enfermedades infecciosas en los animales y en el hombre dejen de ser eficaces (OMS, 2022). El impacto del abuso de antibióticos se considera un factor importante en el desarrollo y la propagación de la resistencia antimicrobiana en los microorganismos de interés alimentarios, dificultando el tratamiento de las infecciones y aumentando el riesgo de nuevos brotes (EFSA, 2023). Por ello se han buscado alternativas al tratamiento de enfermedades transmitidas por alimentos a través de la extracción de compuestos bioactivos de diversas plantas, que ayuden a la inhibición de bacterias resistentes, esperando que exista una reducción de uso de antibióticos y la resistencia de los mismos.

#### **2.4. Antimicrobianos naturales**

Los antimicrobianos naturales son sustancias derivadas de fuentes naturales como plantas, animales y microorganismos, que poseen la capacidad de inhibir o eliminar microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, levaduras y mohos (Sánchez *et al.*, 2019). Estos compuestos naturales han sido reconocidos por sus propiedades antimicrobianas y su potencial aplicación en la conservación de alimentos como alternativas a los conservantes sintéticos (Gyawali & Ibrahim, 2024). El uso de agentes antimicrobianos de ocurrencia natural para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro ha recibido cierta atención en los últimos 20 años, debido a las preferencias del consumidor hacia alimentos con un nivel bajo de antimicrobianos sintetizados químicamente (Alzamora *et al.*, 2019). Las fuentes naturales de donde se pueden obtener antimicrobianos naturales son:

- Extractos de plantas
- Aceites esenciales
- Extractos de algas marinas

### 2.4.1 Uso de plantas con actividad antimicrobiana

La composición y contenido de los compuestos antimicrobianos derivados de plantas están influenciados por el origen botánico, las condiciones pre y pos cosecha, además de los pasos de preparación y las técnicas de extracción (Mukherjee *et al.*, 2017). Dichos compuestos incluyendo aceites esenciales, proteínas, terpenoides, flavonoides, fenoles, entre otros, pueden obtenerse de una o más partes de la planta (hojas, flores, semillas, raíces, frutos, etc.). Los compuestos bioactivos derivados de plantas son metabolitos secundarios cuyo rol es proteger a la planta de depredadores y patógenos; estos metabolitos varían debido a factores ambientales y genéticos (Alzamora *et al.*, 2019). La extracción es el primer paso para separar los compuestos naturales de la matriz vegetal, las técnicas de extracción clásicas como; extracción por solventes, maceración e hidrodestilación son las más utilizadas y generalmente se basan en una extracción con solventes, aplicación de calor o mezclado del mismo. Algunas de sus desventajas suelen ser los tiempos largos de extracción o los requerimientos de altos volúmenes de solventes, daño a las sustancias termolábiles (oxidación y degradación de compuestos no saturados o esterificados) y bajo rendimiento (Gallego *et al.*, 2019). La utilización de estas alternativas naturales tiene como finalidad cuidar y mejorar la vida útil de los alimentos, con agentes antimicrobianos con el fin de conservar los productos sin alterar sus características, mediante la ayuda de extractos de plantas (Tajkarimi *et al.*, 2010).

## 2.5. *Bauhinia purpurea* L.

### 2.5.1. Taxonomía

Es un árbol perteneciente a la familia fabáceas **Tabla 1** de aproximadamente 5 a 10 m de altura y sus ramas se expanden de 3-6 m de diámetro. Las hojas lobuladas usualmente son de 10-15 cm de ancho; las ramas son arqueadas y pendientes; follaje ralo, hojas alternas, caducas, con dos folíolos unidos a partir de un borde interno. Presenta flores de color blanquecino, tiene el cáliz espataceo los pétalos unguiculados de color blanco, violeta, rojo, verde, amarillo y rosado (**Figura 5**) Debido a su lento crecimiento requiere de cuidados para su óptimo desarrollo (Mundo Forestal, 2024). *Bauhinia purpurea* es originaria del sur de Asia, el sudeste de Asia, Taiwán y la provincia de China, pero

también se puede encontrar en Australia, Estados Unidos de América, Puerto Rico y México (Rodríguez & Córdoba, 2011).

**Tabla 1.** Taxonomía de *Bauhinia purpurea* L.

<i>Reino:</i>	<i>Plantae</i>
<i>División:</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Clase:</i>	<i>Magnoliopsida</i>
<i>Orden:</i>	<i>Fabales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Fabaceae</i>
<i>Subfamilia:</i>	<i>Csaesalpinideae</i>
<i>Tribu:</i>	<i>Cercideae</i>
<i>Subtribu:</i>	<i>Bauhiniinae</i>
<i>Género:</i>	<i>Bauhinia</i>
<i>Especie:</i>	<i>Bauhinia purpurea</i> L.

Fuente: <https://n9.cl/k8g4d>



**Figura 5.** Árbol de *Bauhinia purpurea*.

Fuente: [https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Bauhinia\\_variegata.htm](https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Bauhinia_variegata.htm)

### 2.5.2. Usos de *Bauhinia purpurea* L.

Generalmente la planta se utiliza dentro de la medicina tradicional para el tratamiento de la hidropesía, el reumatismo, las convulsiones, el delirio, la septicemia y, para curar el dolor corporal, la fiebre, úlceras, crecimiento canceroso en el estómago e indigestión (Shreedhara *et al.*, 2009). En India, la corteza de *Bauhinia purpurea* se usa tradicionalmente como astringente en el tratamiento de la diarrea, mientras que su raíz también se usa para tratar diarrea, úlceras, forúnculos y abscesos. En Pakistán, los

botones florales frescos y secos de *Bauhinia purpurea* se utilizan como alimento, mientras que las hojas, los tallos y las raíces se utilizan ampliamente para tratar infecciones, dolor, diabetes, lepra y tos, así como en varias formulaciones medicinales (Kumar *et al.*, 2011). De acuerdo con Zakaria *et al.* (2011), se han realizado varios estudios farmacológicos sobre diferentes partes de *Buhinia purpurea*. Esta planta mostró propiedades antidiarreicas, antiespasmódicas y antimicrobianas, antinociceptivas, antiinflamatorias, antipiréticas, antiproliferativo, antioxidantes *in vitro*, antipalúdico, antifúngico, citotóxico y antiinflamatorio, estimulante de la tiroides y anti-hipotiroidismo, cicatrización de heridas y actividades larvicidas. La planta *Bauhinia purpurea* ha sido objeto de estudio debido a su capacidad antioxidante, la cual se atribuye a la presencia de diversos compuestos bioactivos en sus diferentes partes, como las flores, hojas y tallos. Estos compuestos incluyen polifenoles, flavonoides, carotenoides y compuestos fenólicos, que actúan como agentes antioxidantes al neutralizar los radicales libres y proteger las células del daño oxidativo (García-Solís *et al.*, 2019).

De acuerdo con Barragán *et al.* (2010) da a conocer el efecto antioxidante de extractos de especies de este género, con base a la medicina tradicional colombiana, se reportó con una alta actividad antioxidante en *Bauhinia*, que podría contrarrestar el exceso de radicales libres, una planta con alto potencial. En este estudio se evaluó la capacidad antioxidante *in vitro* de los extractos de la planta *Bauhinia*, con el fin de determinar la capacidad que tienen los extractos para neutralizar los radicales libres, además de proporcionar una evaluación preliminar de la actividad hipoglucemiante en ratones diabéticos.

### **2.5.3. Actividad antimicrobiana**

La planta *Bauhinia purpurea*, también conocida como orquídea de mariposa o pata de vaca, ha sido objeto de estudio debido a su potencial capacidad antimicrobiana. En un estudio realizado por Smith *et al.* (2019), encontraron que los extractos metanólicos de las hojas de *Bauhinia purpurea* mostraron actividad antimicrobiana contra varias cepas de bacterias patógenas, incluyendo *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Además, otro estudio llevado a cabo por García *et al.* (2020) demostró que los extractos acuosos de las flores de *Bauhinia purpurea* exhibieron actividad antimicrobiana contra *Salmonella entérica*. Se ha demostrado que los extractos de *Bauhinia purpurea* tiene un efecto

antimicrobiano significativo contra una variedad de microorganismos patógenos, este efecto antimicrobiano se atribuye a la presencia de compuestos bioactivos en la planta, como flavonoides, taninos y alcaloides, que tienen propiedades antimicrobianas (Gupta *et al.*, 2020).

Mediante un estudio de Nair *et al.*, 2015, se investigó la actividad antimicrobiana de extractos de diversas plantas incluida *Bauhinia purpurea* contra microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella* entérica. Los estudios mencionados revelaron una inhibición significativa del crecimiento bacteriano, destacando el potencial de la planta como alternativa natural para el control de patógenos en los alimentos. Sin embargo, en una investigación realizada por Boonphong *et al.*, 2007, se evaluó la actividad antibacteriana de extractos de diferentes plantas, incluida *Bauhinia purpurea*, contra cepas de *Staphylococcus aureus* (MRSA) resistente a meticilina, estos resultados indicaron una fuerte actividad inhibidora contra estas cepas. Arora *et al.* (2020) reportaron que los extractos de plantas incluyendo a *Bauhinia purpurea*, tienen la capacidad de inhibir la formación de biopelículas de *Salmonella* entérica en superficies de acero inoxidable, lo que sugiere su potencial uso como agente de limpieza y desinfección en la industria alimentaria. Además de demostrar los efectos antimicrobianos de extractos de *Bauhinia purpurea*, contra *Listeria monocytogenes* y *Campylobacter jejuni*; los resultados demostraron una actividad inhibitoria significativa contra ambos patógenos, respaldando así su potencial como conservante natural de alimentos.

**Tabla 2.** Estudios relacionados con la actividad antimicrobiana de *Bauhinia purpurea* contra microorganismos patógenos

Parte de la planta de <i>Bauhinia purpurea</i>	Tipo de extracto y concentraciones usadas	Actividad antimicrobiana contra bacterias	Resultados	Referencia
Hojas	Metanólico (10 g de polvo en 100 mL de metanol)	<i>Salmonella typhi</i> (ATCC 29213) <i>E. coli</i> (ATCC 25922)	Presentaron halos de inhibición para <i>E. coli</i> 18 ± 0.18 mm, <i>Salmonella</i> 17 ± 0.16 mm	<i>Bhawna et al., 2012</i>
Hojas	Hexano (10 g de polvo en 100 mL de hexano)	<i>E. coli</i> (ATCC 25922) <i>Salmonella typhi</i> (ATCC 29213) <i>S. aureus</i> (ATCC 25923)	Presento halos de inhibición de 11 ± 0.12 mm para <i>S. aureus</i> , 11 ± 0.12 mm para <i>E. coli</i> , 11 ± 0.12 mm para <i>Salmonella</i>	<i>Bhawna et al., 2012</i>
Hojas	Etanólicos (1000 µg/µl)	<i>Escherichia coli</i>	Presentando halos de inhibición de 10 mm	<i>Rodríguez et al., 2017</i>
Tallos	Etanólicos (1000 µg/µl)	<i>Escherichia coli</i>	Con un halo de inhibición de 9.5 mm	<i>Rodríguez et al., 2017</i>
Tallos	Metanol (10 g de polvo)	<i>Escherichia coli</i>	Zona de inhibición de 3 mm	<i>Murugan, 2011</i>

#### 2.5.4. Compuestos bioactivos

La planta *Bauhinia purpurea* es conocida por contener una variedad de compuestos bioactivos que le confieren propiedades medicinales, García-Solís, (2019) menciona algunos de estos compuestos incluyen flavonoides, taninos, alcaloides y ácidos fenólicos, los cuales tienen diversos efectos beneficiosos para la salud humana. Entre los compuestos bioactivos presentes en esta planta, se han identificado flavonoides como la quercetina, kaempferol y la rutina. Según Singh (2020), estos flavonoides tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorios, lo que sugiere su potencial para combatir el estrés oxidativo y reducir la inflamación en el cuerpo humano.

Los antioxidantes son compuestos que protegen a las células del daño causado por radicales libres y otros agentes oxidantes (Guija-Guerra & Guija-Poma, 2023). Los compuestos bioactivos de las plantas tienen múltiples funciones como: brindar protección del daño oxidativo, radiación, sequía y ataque de patógenos. Las plantas son una fuente invaluable de antioxidantes naturales que desempeñan un papel crucial en el organismo humano, la investigación continua sobre la capacidad antioxidante en plantas es fundamental para comprender y aprovechar su potencial beneficioso (Wolfe *et al.*, 2003). Además de los flavonoides, Gupta *et al.* (2021), mencionan que los taninos presentes en la planta *Bauhinia purpurea* pueden contribuir a su capacidad antimicrobiana, éstos son compuestos polifenólicos que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias y otros microorganismos patógenos, lo que sugiere un papel importante para la protección contra infecciones.

**Tabla 3.** Compuestos bioactivos obtenidos por extracción de solventes de las partes de *Bauhinia purpurea*.

Partes de la planta	Tipo de extracto	Compuestos identificados	Referencia
<i>Bauhinia purpurea</i> (hojas)	Metanol	Polifenoles	García & Martínez, 2020
	Etanol	Flavonoides	López & Rodríguez, 2022
	Agua	Alcaloides	Pérez <i>et al.</i> , 2024
<i>Bauhinia purpurea</i> (flores)	Etanol	Fenoles	García & Martínez, 2020
	Acetato de etilo	Terpenoides	López y Rodríguez, 2022
	Hexano	Glucósidos	Pérez <i>et al.</i> , 2024
<i>Bauhinia purpurea</i> (tallo)	Metanol	Saponinas	Fernández <i>et al.</i> , 2023
	Acetona	Taninos	Díaz & Martínez, 2022
	Cloroformo	Esteroles	Torres <i>et al.</i> , 2023

### 2.5.5. Aplicación de antimicrobianos naturales *in situ*

La evaluación de antimicrobianos naturales aplicada en *in situ* ha sido objeto de diversos estudios científicos. Este enfoque implica la aplicación directa del antimicrobiano sobre los microorganismos patógenos en su entorno natural, como puede ser un cultivo bacteriano o un alimento contaminado. Una de las ventajas al aplicar este método radica en su capacidad para simular condiciones reales en las que los antimicrobianos interactúan con los microorganismos patógenos (Smith *et al.*, 2018). Esto proporciona información más relevante y precisa sobre la eficacia del antimicrobiano natural en situaciones prácticas. En un estudio realizado por García *et al.* (2020), se evaluó la actividad antimicrobiana del extracto de Albahaca (*Ocimum basilicum*) contra *Salmonella entérica* en carne de pollo, donde se encontró que el extracto de albahaca exhibía una significativa actividad inhibitoria contra *Salmonella entérica*, esta actividad se atribuye principalmente a la presencia de eugenol, un compuesto fenólico con propiedades antimicrobianas. Martínez *et al.* (2021) en su investigación sobre la efectividad del extracto de canela (*Cinnamomum verum*) en la inhibición del crecimiento de *Escherichia coli* O157:H7 en jugo de manzana, se reveló que el extracto de canela posee una gran actividad antimicrobiana contra esta bacteria, esto se debe a la presencia de *cinamaldehído*, un componente mayoritario con propiedades antimicrobianas. Un estudio llevado a cabo por Olaimat *et al.* (2021) investigaron el efecto de extractos de ajo (*Allium sativum*) en la inhibición de *Listeria monocytogenes* en queso fresco. Los extractos de ajo se aplicaron directamente sobre la superficie del queso y se observó una reducción significativa en la carga bacteriana, los compuestos responsables de esta actividad antimicrobiana fueron identificados como alicina y ajoene Sin embargo no se encontraron estudios *in situ* para *Bauhinia purpurea*.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la OMS (2023) todos los años, una de cada diez personas enfermas por ingerir alimentos contaminados, lo que provoca más de 420 000 muertes. Los niños se ven afectados desproporcionadamente, pues se registran anualmente 125 000 muertes en menores de 5 años. La mayoría de esos casos son causados por enfermedades diarreicas. Otras consecuencias graves de las enfermedades de transmisión alimentaria incluyen: insuficiencia renal, hepática, trastornos cerebrales, neurológicos, artritis reactiva, cáncer y muerte. Entre los microorganismos de mayor preocupación en intoxicaciones alimentarias se encuentran bacterias como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Campylobacter*, estos microorganismos pueden contaminar una amplia variedad de alimentos, incluyendo aves, productos lácteos, frutas y verduras, causando enfermedades graves si no son manejadas adecuadamente (Singh & Sharma, 2020). Generalmente dentro de las industrias alimentarias se utilizan sustancias antimicrobianas de origen químico tales como benzoatos, sorbitos, propionatos, nitratos (Loring, 2017); los cuales están asociadas a problemas tóxicos, por ello surge la necesidad de buscar alternativas naturales a través del uso de extractos de plantas que tengan actividad antimicrobiana, frente a microorganismos patógenos que causan infecciones. En el caso de los antimicrobianos obtenidos a partir de plantas existe una diversidad de compuestos que se producen asociados con la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos, dentro de los alimentos, las principales sustancias evaluadas por su poder inhibitorio son los aceites esenciales, compuestos fenólicos, aldehídos, entre otros (Colcha, 2021). La planta *Bauhinia purpurea* ha sido objeto de estudio debido a su capacidad antioxidante, la cual se atribuye a la presencia de diversos compuestos bioactivos en sus diferentes partes, como las flores, hojas y tallos. Estos compuestos incluyen polifenoles, flavonoides, carotenoides y compuestos fenólicos, que actúan como agentes antioxidantes. Se han reportado pocos estudios con respecto a esta planta, y no se encontraron reportes en la aplicación de extractos obtenidos a partir de esta como antimicrobiano natural evaluada *in situ*. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue cuantificar los compuestos fitoquímicos (fenoles, flavonoides, antocianinas) y la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Bauhinia purpurea* frente a patógenos de importancia alimentaria *in vitro* e *in situ*.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Los extractos de *Bauhinia purpurea*, presentarán actividad antioxidante y antimicrobiana contra microorganismos patógenos de interés alimentario *in vitro* e *in situ*.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

Cuantificar los compuestos fitoquímicos (fenoles, flavonoides, antocianinas) y la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Bauhinia purpurea* frente a patógenos de importancia alimentaria *in vitro* e *in situ*.

### 5.2. Objetivos específicos

1. Obtener extractos de flores, hojas y tallos de *Bauhinia purpurea*, a partir de diferentes solventes orgánicos (metanol al 80%, etanol 100%, agua 100%) con tiempo de extracción de 24 horas y 7 días.
2. Cuantificar los compuestos fitoquímicos de los extractos y capacidad antioxidante de los extractos de *Bauhinia purpurea* usando técnicas espectrofotométricas.
3. Evaluar la actividad antimicrobiana de los diferentes extractos, contra *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus in vitro*.
4. Evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos acuosos contra microorganismos patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium in situ* (cilantro).

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1. Material biológico

La planta *Bauhinia purpurea* se adquirió en un vivero de Tuxpan en el Estado de Veracruz (Figura 6).



**Figura 6.** Planta de *Bauhinia purpurea* adquirida en vivero Edo. Veracruz.

### 6.2. Obtención de los extractos

Se inició el proceso de separación de la planta *Bauhinia purpurea*, dividiendo la misma en tres partes: flores, hojas y tallos. Posteriormente, estas se colocaron en charolas de acero con el fin de llevar a cabo una deshidratación en una estufa de secado, manteniendo una temperatura constante de 28 °C durante tres días. Una vez completado este proceso, cada una de las muestras se sometió a molienda, utilizando un molino ciclónico (BW-J20, Nutribullet) y luego tamizadas a través de una malla No. 80 para la obtención de polvos finos (Figura 7). Las muestras fueron protegidas de la luz y colocadas en bolsas, almacenadas en refrigeración.



**Figura 7.** Muestra de polvos de *Bauhinia purpurea*.

Para la extracción de compuestos, se emplearon tres solventes orgánicos: metanol al 80%, etanol al 100% y agua. En tubos eppendorf se colocaron 200 mg (base seca) de muestra de polvos de flores, hojas y tallos respectivamente y se mezclaron con 2 mL de cada solvente antes descrito. Las muestras se dejaron macerar durante 24 h y 7 días a temperatura ambiente. Después de los tiempos mencionados, las muestras se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 min utilizando una microcentrífuga (Mini Spin plus, Eppendorf), repitiendo este procedimiento tres veces, hasta obtener 6 mL de cada extracto (**Figura 8**). Cada extracto fue aforado a 100 mL con su respectivo solvente, luego se almacenaron en contenedores más amplios y se llevaron a refrigeración para su uso posterior.



**Figura 8.** Obtención de extractos de *Bauhinia purpurea* con diferentes solventes orgánicos.

### **6.3. Cuantificación de fenoles totales**

Los compuestos fenólicos fueron cuantificados mediante el método de Folin-Ciocalteu, siguiendo el procedimiento detallado por Pękal & Pyszynska (2014). Inicialmente, se prepararon soluciones patrón de ácido gálico (solución concentrada o madre), a partir de esta se diluyeron las soluciones en concentraciones crecientes de ácido gálico entre 0 y 150 ppm. Luego en tubos eppendorf se mezclaron 0.25 mL de extracto (metanólico, etanólico y acuoso) obtenido, 0.625 mL de Folin al 10% y 0.5 mL de NaCO<sub>3</sub> al 7.5%, se realizó la reacción durante 2 h a temperatura ambiente en oscuridad. Tras completarse la reacción, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 760 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10S UV-vis, Thermo Fisher Scientific, USA). Finalmente se determinaron las concentraciones de compuestos fenólicos para cada extracto, expresando los resultados como mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG) por cada 100 g de muestra seca.

### **6.4. Cuantificación de flavonoides totales**

El contenido total de flavonoides fue determinado mediante dos ensayos de formación de complejos de aluminio, tal como se describió en el estudio de Pękal & Pyszynska (2014). El primer ensayo, se llevó a cabo la cuantificación de quercetina, para ello se preparó una curva de calibración de 0 a 50 ppm de quercetina. Luego en tubos Eppendorf se añadieron 1000 µL de extracto (metanólico, etanólico, acuoso) y se dejó reaccionar durante 5 min con 100 µL de cloruro de aluminio al 10%. La absorbancia se midió a 430 nm, y los resultados se expresaron como mg de equivalentes de quercetina (mg EQ) por cada 100 g de muestra. El segundo ensayo, se realizó la cuantificación de catequina. En tubos Eppendorf se agregaron 1000 µL de muestra y se hizo reaccionar con 100 µL de nitrito de sodio al 2.5%, 100 µL de cloruro de aluminio al 10% y 200 µL de hidróxido de sodio al 1 M durante 5 min. La absorbancia se midió a 510 nm y los resultados se expresaron en miligramos (mg) de equivalentes de catequina (mg EC) por 100 g de muestra.

### **6.5. Actividad antioxidante (Método ABTS)**

Se utilizó el método descrito por *Re, et al. (1999)*, se generó el radical ABTS mediante la reacción de ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) a una concentración de 7 mM con persulfato potásico al 2.45 mM, dejándolo reposar a temperatura ambiente, protegido de la luz, durante un tiempo de 16 h. Después de este tiempo, del radical ABTS fue diluido con 45 mL de etanol y se midió su absorbancia a 732 nm, obteniendo un valor de  $0.7 \pm 0.03$  unidades. Se preparó una curva de Trolox de 0 a 150 ppm. Para realizar la prueba se añadieron 50  $\mu$ L de los extractos (metanólico, etanólico, acuoso) y 1.050 mL del radical ABTS, dejándolos en reposo durante 30 minutos. La absorbancia resultante se midió a 735 nm, y los resultados se expresaron en mg equivalentes de trolox (mg ETrolox) por 100 g de muestra. El radical catiónico ABTS<sup>+</sup> es un cromóforo verde azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación con persulfato de potasio, en presencia de una sustancia captadora de radicales libres el compuesto reacciona y se decolora, la disminución en la intensidad del color es directamente proporcional a la concentración de antioxidantes en la muestra (*Rojas et al., 2023*).

### **6.6. Actividad antioxidante (Método DPPH)**

El DPPH es una molécula conocida como un radical libre estable, compuesto típico utilizado en determinación del poder antioxidante de compuestos químicos, el cual absorbe metanol a 517 nm, en solución el DPPH se presenta de un color violeta oscuro y al momento de reaccionar con el compuesto antioxidante donador de átomos de hidrógeno, se origina una reducción del DPPH, donde la solución se torna a una coloración amarilla pálida el cual es monitoreado mediante lecturas espectrofotométricas para verificar variación de la absorbancia y determinar parámetros que identifiquen propiedades antioxidantes (*Ore-Matos, 2024*). Se utilizó la metodología descrita por *Brand-Williams et al. (1995)* y *Kim et al. (2002)*. Se preparó una solución (DPPH) disuelto en 50 mL de metanol, se midió con una absorbancia de 0.70 con una longitud de 515 nm. Se preparó una curva patrón de ácido ascórbico de 0 a 150 ppm, colocando 50  $\mu$ L de extracto con 1.050 mL de radical DPPH, dejándolo reposar 30 minutos, su absorbancia

se midió a 515 nm y los resultados se reportaron en mg equivalentes de ácido ascórbico/ 100 g de polvos secos.

### 6.7. Cuantificación de antocianinas monoméricas totales

Para determinar las antocianinas monoméricas totales, se siguió el método del pH diferencial descrito por Del Carpio *et al.* (2009), las antocianinas sufren transformaciones estructurales reversibles con cambios en el pH, lo cual se refleja en diferentes espectros de absorbancia, este método permite medir el total de antocianinas monoméricas. Se utilizaron dos soluciones buffer: pH 1 (cloruro de potasio) y pH 4.5 (acetato de sodio), en tubos Eppendorf se añadieron 250  $\mu$ L de extracto y 2250  $\mu$ L de solución buffer, las muestras se agitaron y se dejaron reaccionar durante 15 min. A cada solución de le midió la absorbancia a 520 nm (longitud de onda máxima de absorbancia de las antocianinas) y a 700 nm en el espectrofotómetro, utilizando agua como blanco. La absorbancia final (AF) se calculó con la siguiente ecuación:

$$AF = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{520nm} - A_{700})_{pH4.5}$$

El valor de la absorbancia se sustituyó en la siguiente ecuación para obtener la concentración de antocianinas:

$$\text{Antocianinas monoméricas} \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{A * PM * FD * 1000}{\xi * 1}$$

Donde  $\xi$  y PM, corresponden al peso molecular y la absortividad molar de la antocianina que predomina en la muestra y FD es el factor de dilución (volumen total/volumen de extracto). El resultado obtenido se expresó como mg equivalentes de cianidina-3-glucósido en 100 g de extracto de flor de *Bauhinia purpurea*.

## 6.8. Actividad antimicrobiana

### 6.8.1. Actividad antimicrobiana in vitro

Se tomaron 2 g de polvo de flores, hojas, tallos y se colocaron en tubos de ensayo a los cuales se les añadieron 9 mL de solvente, metanol, etanol y agua respectivamente, las muestras se dejaron reposar, durante un período de 24 h. Posteriormente, se sometieron a centrifugación a 4500 rpm durante 20 min, el sobrenadante resultante se decantó y se colocó en cajas Petri de cristal. Una vez completado, las muestras se colocaron en una estufa de secado permitiendo la evaporación del solvente a excepción del extracto acuoso. Una vez evaporado, se procedió a calcular la diferencia de pesos obtenidos (por cada 100 mg de extracto, se agregó 1 mL de agua). Para el control positivo se utilizó EDTA y 250 mL de agua estéril para el control negativo. Las pruebas de actividad antimicrobiana se realizaron a cada una de las cepas de bacterias patógenas. Los microorganismos que se utilizaron para este ensayo fueron: *Escherichia coli* (O157:H7E09), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19115) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). Para la activación, las bacterias se inocularon en 3 mL de caldo soya tripticaseína e incubaron 24 h a 37°C, después se realizó una serie de diluciones hasta obtener una concentración de  $10^6$  UFC/mL del patógeno, se tomaron 100  $\mu$ L de las bacterias respectivamente y se colocaron en cajas Petri, luego se realizó el vertido del medio de cultivo agar métodos estándar adicionado con rifampicina, se homogenizó el medio con las bacterias y se dejó solidificar, una vez solidificado el medio se realizaron pozos (diámetro de 5 mm) (**Figura 9**) y dentro de los pozos se colocaron 50  $\mu$ L del extracto acuoso, metanólico y etanólico las cajas se llevaron a incubación durante 24 h a 37 °C, se utilizaron como controles positivo una solución de EDTA y control negativo agua.



**Figura 9.** Actividad antimicrobiana utilizando técnica de pozos

### 6.8.2. Actividad antimicrobiana in situ

**La actividad** antimicrobiana se realizó de acuerdo con la metodología de Gutiérrez *et al.* (2016). Se elaboraron pruebas con dos concentraciones diferentes de extractos acuosos, la primera concentración, se utilizó 222.2 mg/mL (1:4.5) y la segunda de 111 mg/mL (1:9). Se pesó 1 g de polvo de flores y hojas para cada concentración y se maceraron en 4.5 y 9 mL de agua, las soluciones se dejaron en reposo durante 24 h, posteriormente, se centrifugaron a 4500 rpm 20 min para una mejor obtención del extracto, y el sobrenadante se almacenó para su uso posterior. Como control positivo, se preparó una solución desinfectante comercial (Great Vallue) de acuerdo con las instrucciones del empaque (8 gotas de desinfectante por cada litro de agua). Para el control negativo, se utilizó agua estéril. Para la activación de las cepas de (*Escherichia coli* O157:H7E0 m9 y *Salmonella typhimurium* ATCC 14028) se inocularon en caldo soya tripticaseína durante 24 h, para luego obtener el paquete celular, este se obtuvo mediante una centrifugación a 4000 rpm durante 20 min, se realizaron dos lavados sucesivos con una solución de NaCl al 0.85%, finalmente se adicionaron 3 mL de peptona al pellet de las bacterias. Para la preparación del cilantro (el cual se adquirió en Bodega Aurrera de Plaza Universidad, Hidalgo) antes de la inoculación con los patógenos, se seleccionaron únicamente las hojas (**Figura 10**), las cuales fueron sometidas a un lavado con agua estéril durante 1 min para eliminar cualquier impureza y posteriormente se dejaron secar en la campana de flujo laminar durante 25 minutos.



**Figura 10.** Hojas de cilantro seleccionadas para la actividad antimicrobiana in situ

Una vez preparado el cilantro, se realizó la inoculación de las hojas con 10  $\mu\text{L}$  del paquete celular de las bacterias activadas con una concentración de  $10^8$  UFC/mL, la cual se dejó en reposo durante 1 hora para permitir la adhesión de las células. Luego, se realizó un enjuague durante 1 min con agua estéril para eliminar las células no adheridas. Las hojas inoculadas se colocaron en 10 mL de tratamiento y se dejaron en reposo durante 15 min. Se utilizó como control positivo el desinfectante (marca Great Value) y control negativo de agua estéril. Después se enjuago durante 1 min para eliminar cualquier resto del extracto o solución control. Las hojas tratadas se colocaron en bolsas con 1.6 mL de agua peptonada y se masajearon durante 3 min, se tomó una alícuota de 1 mL y se colocó en 9 mL de agua peptonada para realizar diluciones seriadas. A continuación, se tomaron alícuotas de las diluciones -1, -3 y -5, las cuales se sembraron en agar métodos estándar adicionado con rifampicina, las cajas se incubaron a 37 °C durante 24 h para un posterior conteo de colonias.



**Figura 11.** Hojas de cilantro en tratamiento de extracto acuoso de la planta *Bauhinia purpurea*

### 6.9. Análisis estadístico

Cada determinación se realizó por duplicado y los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar (DE). Se utilizó un análisis de varianza de una sola vía, para comparar los resultados ( $p \leq 0.05$ ), utilizando el Software STATISTICA versión 8.0 (StatSoft, 2007).

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Caracterización funcional de extractos de *Bauhinia purpurea*

#### 7.1.1. Fenoles totales

A partir de flores, hojas y tallos de *Bauhinia purpurea* se obtuvieron tres extractos macerados en dos diferentes tiempos (24 horas y 7 días). Los fenoles totales cuantificados se muestran en la **Tabla 4**, se obtuvo que las flores en el extracto metanólico al 80% a un tiempo de 24 h tiene un contenido de 5745.33 mg EAG/100g. Sin embargo, no presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con el mismo extracto a los 7 días.

Zakaria (2023) realizó un estudio, utilizó 1 kg de hojas en polvo de *Bauhinia purpurea* mezcladas con cloroformo en una proporción de 1:20 (p/v), la mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 72 h, posteriormente se evaporó el solvente a 40°C para la obtención del extracto (extracto concentrado), cuantificó el contenido de compuestos fenólicos totales, con el uso del reactivo de Folin-Ciocalteu y ácido gálico como patrón de referencia, reportó el contenido fenólico total de *Bauhinia purpurea* de  $34.1 \pm 1.3$  mg/100 g de EAG, el extracto con cloroformo contuvo niveles muy bajos de compuestos fenólicos totales, según lo reportado. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, el solvente metanólico tiene un mejor arrastre de compuestos bioactivos de las hojas de la planta *Bauhinia purpurea* que el cloroformo debido a la polaridad de los compuestos fenólicos y la naturaleza de solvente. Los compuestos fenólicos son generalmente polares debido a la presencia de múltiples grupos hidroxilos. El metanol, siendo un solvente polar, es más eficaz para disolver estos compuestos a través de interacciones de puente de hidrógeno y solvatación polar (Cartaya, 2001). El cloroformo, por otro lado, es un solvente no polar y es menos eficaz para extraer compuestos polares como los fenoles, según Yang *et al.* (2020), los solventes polares como el metanol son más efectivos en la extracción de compuestos fenólicos debido a su capacidad para formar enlaces de hidrógeno con los grupos hidroxilo de los fenoles, lo cual facilita su solubilización y extracción.

**Tabla 4.** Fenoles totales en diferentes extractos de *Bauhinia purpurea*

<b>Muestra (partes de la planta)</b>	<b>Tipo de extracto</b>	<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Fenoles totales (mg Equivalentes de Ácido Gálico EAG/100 g muestra)</b>
<b>Flores</b>	Metanólico	1	5745 ± 1.53 g
		7	4650 ± 1.03 g
	Etanólico	1	2396 ± 1.79 a
		7	2040 ± 0.61 a
	Acuoso	1	1498 ± 0.55 a
		7	1110 ± 0.99 a
<b>Hojas</b>	Metanólico	1	4213 ± 1.14 e
		7	3936 ± 2.45 e
	Etanólico	1	3872 ± 1.58 e
		7	3251 ± 4.60 d
	Acuoso	1	1352 ± 3.01 a
		7	1892 ± 1.74 a
<b>Tallos</b>	Metanólico	1	3233 ± 0.09 e f
		7	3367 ± 1.88 d e
	Etanólico	1	2776 ± 0.73 c
		7	3177 ± 0.09 d
	Acuoso	1	1352 ± 3.01 a
		7	1150 ± 1.31 a

Los datos se presentan como la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Los compuestos fenólicos encontrados naturalmente en los alimentos de origen vegetal, representan el grupo más abundante de sustancias no energéticas, se ha evidenciado que una dieta rica en polifenoles vegetales contribuye a mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Oña, 2023). Los fenoles tienen la capacidad de modular la actividad de diferentes enzimas, infiriendo en los mecanismos de reacción y en proceso moleculares, gracias a las características fisicoquímicas tiene propiedades antioxidantes previniendo el daño oxidativo, siendo biodisponibles mediante el uso de varias técnicas de extracción, enzimáticas, químicas y mecánicas (Quiñones *et al.* 2012).

### 7.1.2. Flavonoides totales

En la **Tabla 5** se presentan los resultados de flavonoides totales obtenidos de extractos de flores, hojas y tallos de *Bauhinia purpurea* en diferentes tiempos de extracción. Se obtuvo que el extracto etanólico de hojas obtenido a los 7 días presentó 1159.15 mg EQ/100 g de muestra para quercetina, subrayando la eficacia del etanol para solubilizar estos compuestos. Por otro lado, el extracto metanólico de flores a 1 día de extracción mostró una concentración de catequina de 1830.59 mg EC/ 100 g de muestra, aunque estadísticamente no hubo una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en comparación con el extracto a 7 días. Esto sugiere que el tiempo de reposo no necesariamente incrementa la cantidad de catequina extraídas cuando se utiliza metanol.

La naturaleza química de los flavonoides, como las catequinas y quercetinas, es clave para su actividad antioxidante; estos compuestos tienen potencial como reductores de radicales libres más bajos que los radicales peróxidos y superóxido, permitiéndoles inactivar estas especies prooxidantes, por lo tanto, extraer eficientemente estos compuestos es crucial para aplicaciones antioxidantes (Jones *et al.*, 2022).

Ortiz *et al.* (2019), emplearon un método de maceración con etanol y agua (1:10), vegetal/solvente y con reposo de 48 h, para preparar extractos crudos de las hojas y corteza de *Bauhinia kalbreyeri* Harms los extractos se filtraron y se concentraron a presión reducida en un rotavapor. Además, las hojas y corteza de esta planta se sometieron a decocción con agua (1:10 vegetal/solvente) durante 30 min, para mejorar la obtención de compuestos, obtuvieron como resultado un contenido total de flavonoides en las hojas de 31.82 mg Equivalentes de rutina/ g de material seco y para la corteza se obtuvo 18.53 mg Equivalentes de rutina/ g de material seco, no obstante el análisis de varianza de un factor mostró diferencias significativas de los extractos entre sí ( $p < 0.05$ ), al realizar un análisis comparativo demostró que la utilización de agua caliente favoreció la extracción de los flavonoides al aumentar su solubilidad y facilitar la ruptura de las paredes celulares, permitiendo una mayor liberación de estos compuestos en comparación con el uso del mismo solvente en frío. En una investigación realizada por Oliveira (2020) se reportaron los siguientes flavonoides en *Bauhinia purpurea*: isoquercitrina, quercetina, astragalina, 5,6-di-hidroxi-7-metoxi-flavona-6-O- $\beta$ -D-xilopiranosídeo.

**Tabla 5.** Flavonoides totales por extracto de *Bauhinia purpurea*.

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de extracto</b>	<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Flavonoides - Quercetina (mg Equivalentes de quercetina EQ/100 g muestra)</b>	<b>Flavonoides- Catequina (mg Equivalentes de catequina EC/100 g muestra)</b>
<b>Flores</b>	Metanólico	1	230.8 ± 5.04 d	1830 ± 1.51 h
		7	248.4 ± 5.62 d	1637 ± 2.52 h
	Etanólico	1	154.1 ± 6.59 c	616.0 ± 1.54 b
		7	151.5 ± 6.65 c	650.6 ± 3.57 b
	Acuoso	1	14.60 ± 8.11 a	512.3 ± 9.34 a
		7	1.94 ± 0.00 a	344.7 ± 8.10 a
<b>Hojas</b>	Metanólico	1	879.9 ± 0.66 f	1553 ± 7.01 f
		7	982.7 ± 1.22 g	1505 ± 3.38 e
	Etanólico	1	993.8 ± 0.48 g	1503 ± 2.23 e
		7	1159 ± 1.00 h	1275 ± 2.38 e
	Acuoso	1	440.0 ± 3.29 e	805.3 ± 1.39 c
		7	435.6 ± 1.94 e	961.4 ± 2.46 d
<b>Tallos</b>	Metanólico	1	139.1 ± 2.38 c	1330 ± 0.42 e
		7	79.22 ± 11.21 b	1404 ± 1.20 e
	Etanólico	1	127.57 ± 0.48 c	1018 ± 5.07 d
		7	40.44 ± 5.43 a	1445 ± 2.22 e
	Acuoso	1	258.81 ± 8.24d	539.9 ± 3.10 a
		7	44.88 ± 5.71 a	543.6 ± 5.16 a

Los valores se expresan como la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas dentro de la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

En un estudio realizado por Santos & Fonseca (2024) sobre los beneficios del consumo de flavonoides para la microbiota intestinal, se sugiere que la ingesta de estos compuestos podría ser una estrategia eficaz para mantener la salud, así como para la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades, los flavonoides participan en múltiples procesos enzimáticos y biológicos en el ser humano, destacando principalmente por su capacidad antioxidante, que es la función más investigada. Esta capacidad antioxidante permite a los flavonoides ayudar a restablecer el equilibrio redox en las células, favoreciendo la eliminación de especies reactivas de oxígeno generadas por radicales libres durante situaciones de estrés metabólico, además de sus propiedades antioxidantes, los flavonoides también han demostrado tener actividades antitrombóticas,

antifúngicas, antivirales y antibacterianas, lo que amplía su potencial terapéutico en la protección y mejora de la salud humana (Do- Santos, 2024).

### 7.1.3. Capacidad antioxidante (ABTS)

Los resultados obtenidos de la cuantificación de la capacidad antioxidante de los extractos de *Bauhinia purpurea* que se muestran en la **Tabla 6**, el extracto de tallos en solvente etanólico durante 7 días, presentó un porcentaje de inhibición del 99.67%. Los valores de capacidad antioxidante en términos de mg de equivalentes de trolox (ET) por 100 g de muestra varían considerablemente dependiendo del solvente y el tiempo de extracción. Por ejemplo, los extractos etanólicos de hojas a 7 días muestran 75.92 mg ET/100 g de muestra, en contraste con los extractos acuosos, que alcanzan solo 36.11 mg ET/100 g de muestra, esta diferencia refleja la importancia del solvente en la eficacia de la extracción de compuestos antioxidantes en el tallo de *Bauhinia purpurea*.

Según *Hassimotto et al.* (2005), los valores de actividad antioxidante se clasifican en altos (>70% de inhibición), intermedios (40 – 70% de inhibición) y bajos (<40% de inhibición). Por lo que los extractos de la planta de estudio tienen alto potencial antioxidante de acuerdo a la **Tabla 6**. *Liu et al.* (2020) evaluaron las hojas de la planta *Bauhinia purpurea* mediante el método ABTS, pesaron 10 g de material y los sumergieron en 100 mL de etanol al 80%, la mezcla se dejó macerar durante 24 h y fue filtrado para la eliminación de residuos sólidos, en tubos Eppendorf se mezclaron 50 µL del extracto con 950 µL de la solución de ABTS y se midió en un espectrofotómetro a 734 nm mostró una capacidad antioxidante del 85.3%. En comparación con los resultados obtenidos en este estudio (**Tabla 6**), se observan porcentajes de inhibición más altos, alcanzando hasta el 99.53% en extractos etanólicos de hojas tras 7 días de reposo.

**Tabla 6.** Capacidad antioxidante, método ABTS por extracto de *Bauhinia purpurea*

Muestra	Tipo de extracto	Tiempo (Días)	Porcentaje de inhibición (%)	mg ET/100g de muestra
Flores	Metanólico	1	<b>98.68 ± 0.08 g</b>	68.19 ± 0.07 e
		7	<b>98.82 ± 0.08 g</b>	68.32 ± 0.07 e
	Etanólico	1	63.84 ± 1.55 d	36.56 ± 1.41 c
		7	51.27 ± 1.27 a	17.08 ± 3.46 a
	Acuoso	1	59.27 ± 1.34 b	32.42 ± 1.22 c
		7	48.45 ± 5.28 b	25.15 ± 1.79 b
Hojas	Metanólico	1	98.97 ± 0.08 g	70.64 ± 0.069 e
		7	99.53 ± 0.08 g	75.78 ± 0.08 f
	Etanólico	1	93.95 ± 6.03 g	66.39 ± 5.105 e
		7	99.48 ± 0.08 g	75.73 ± 0.08 f
	Acuoso	1	53.87 ± 2.03 b	32.46 ± 1.717 c
		7	70.68 ± 0.14 e	46.69 ± 0.14 d
Tallos	Metanólico	1	<b>99.53 ± 0.08 g</b>	71.12 ± 0.069 e
		7	99.39 ± 0.22 g	75.64 ± 0.22 f
	Etanólico	1	77.82 ± 6.95 f	52.74 ± 5.881 d
		7	<b>99.67 ± 0.08 g</b>	75.92 ± 0.08 f
	Acuoso	1	42.90 ± 3.92 a	23.18 ± 3.314 a
		7	60.31 ± 0.99 c	36.11 ± 1.00 c

Los valores se presentan como la media del porcentaje de inhibición ± desviación estándar. ET: Equivalentes de Trolox. Las letras minúsculas dentro de las columnas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

La función de los antioxidantes naturales ha ganado considerable atención en la actualidad, las frutas y verduras desempeñan un papel crucial en la dieta humana, ofreciendo protección contra el daño celular que puede ser causado por la exposición a altos niveles de radicales libres, debido a que los antioxidantes son esenciales para neutralizar estos radicales libres, ayudando a prevenir el daño oxidativo que puede conducir a diversas enfermedades como; cáncer, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y envejecimiento prematuro, se ha impulsado la búsqueda de compuestos químicos presentes en plantas que puedan ofrecer una fuente rica y natural de antioxidantes, abriendo nuevas oportunidades para su aplicación en la industria alimentaria y en la salud (Vizute *et al.*, 2022).

#### 7.1.4. Capacidad antioxidante (DPPH)

En la **Tabla 7** se muestra que el extracto metanólico a 7 días obtenido de los tallos de *Bauhinia purpurea*, durante la evaluación de capacidad antioxidante por el método DPPH, fue el que presentó mayor porcentaje de inhibición del radical de 78.85%.

Oliveira *et al.* (2021) evaluaron la actividad antioxidante de las hojas de *Bauhinia splendens* mediante el método DPPH, el extracto se obtuvo por maceración, utilizando alcohol etílico 95% como solvente y con un tiempo de extracción de 28 días, las muestras a analizar se prepararon a partir del extracto seco en concentraciones de 125, 250, 500 y 700 µg/mL, estas muestras mostraron porcentajes de actividad antioxidante entre 60.8 y 86.6% incrementándose conforme aumentaba la concentración, lo que indica una actividad antioxidante significativa en altas concentraciones, asociada a los flavonoides previamente identificados. Por lo tanto, esta planta puede utilizarse para desarrollar productos naturales con altos contenidos antioxidantes, aprovechando los beneficios para la salud asociados con la neutralización de radicales libres y la prevención del daño oxidativo (Singh *et al.*, 2020).

Por otro lado, Krishnaveni *et al.* (2014) utilizaron un extracto acuoso de hojas de *Bauhinia purpurea* para evaluar la capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH, los extractos se prepararon utilizando un proceso de maceración durante 4 h a tres distintas concentraciones (25, 75 y 100 mg). Los resultados de actividad antioxidante obtenidos son  $21.33 \pm 1.52$  Equivalentes de Ácido Ascórbico mg/g,  $35.33 \pm 2.30$  Equivalentes de Ácido Ascórbico mg/g y  $81.33 \pm 6.11$  Equivalentes de Ácido Ascórbico mg/g respectivamente evidenciando el potencial de la especie como fuente de antioxidantes naturales, en función de la concentración.

Oliveira *et al.* (2021) obtuvieron resultados más destacados en términos de inhibición antioxidante, alcanzando un 86.6% a una alta concentración de 700 µg/mL. Este hallazgo indica que la efectividad del extracto aumenta a concentraciones elevadas y con un periodo de maceración más largo. Las variaciones en la actividad antioxidante pueden atribuirse a factores como la parte de la planta utilizada, el tipo de solvente empleado, el tiempo de extracción y las concentraciones evaluadas, pese a estas diferencias.

**Tabla 7.** Capacidad antioxidante, método DPPH por extracto de *Bauhinia purpurea*.

Muestra	Tipo de extracto	Tiempo (Días)	Porcentaje de inhibición (%)	mg Equivalentes de ácido ascórbico AA/ 100 g de muestra
Flores	Metanólico	1	62.80 ± 3.96 d	55.96 ± 3.59 d
		7	63.93 ± 17.41 d	47.97 ± 1.99 c
	Etanólico	1	27.16 ± 0.86 a	23.65 ± 0.78 a
		7	19.75 ± 3.68 a	18.61 ± 1.73 a
	Acuoso	1	24.66 ± 0.86 a	21.39 ± 0.78 a
		7	22.35 ± 3.89 a	17.37 ± 1.15 a
Hojas	Metanólico	1	25.63 ± 10.80 a	16.12 ± 8.52 a
		7	62.84 ± 0.64 e	51.50 ± 0.564 d
	Etanólico	1	33.85 ± 9.52 b	22.60 ± 7.51 a
		7	58.64 ± 0.99 d	47.79 ± 0.875 c
	Acuoso	1	16.95 ± 3.93 a	9.27 ± 3.10 a
		7	24.13 ± 1.69 a	17.33 ± 1.491 a
Tallos	Metanólico	1	42.21 ± 6.58 c	29.20 ± 5.19 b
		7	78.85 ± 0.22 f	65.62 ± 0.191 e
	Etanólico	1	29.44 ± 5.98 a	19.12 ± 4.72 a
		7	68.37 ± 0.36 e	56.37 ± 0.315 d
	Acuoso	1	15.87±2.89 a	8.42 ± 2.28 a
		7	22.10±1.84 a	15.54 ± 1.625 a

Los valores se presentan como la media del porcentaje de inhibición ± desviación estándar. Las letras minúsculas dentro de las columnas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Para evaluar la actividad antioxidante de compuestos fenólicos, ambos métodos son comúnmente, pero difieren en sus sensibilidades y adecuaciones para diferentes tipos de antioxidantes, el método ABTS es más adecuado para medir antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos, mientras que el método DPPH es adecuado para antioxidantes solubles en solventes orgánicos, además, se ha observado que algunos compuestos como los dihidrochalconas y flavononas no reaccionan bien con el radical DPPH pero sí con el radical ABTS (Miesbauer & Eisner, 2021).

### 7.1.5 Antocianinas monoméricas

Para evaluar antocianinas, se utilizaron exclusivamente las flores de *Bauhinia purpurea*. En la **Tabla 8**, se observa que el extracto metanólico obtenido tras 7 días de maceración presenta estadísticamente ( $p < 0.05$ ) los mejores resultados en cuanto a contenido de antocianinas. Sin embargo, no se encontraron estudios que evalúen las antocianinas monoméricas en las flores de *Bauhinia purpurea*. Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que pertenecen a la familia de los flavonoides (compuestos fenólicos), son glicósidos de antocianidinas derivados del 2-fenilbenzopirilo (ion flavilio); que contienen dos anillos aromáticos (A y B) separados por un oxígeno que está formando un anillo heterocíclico de seis miembros (anillo C) (Zhao *et al.* 2017). A las antocianinas y sus derivados se le han atribuido diferentes beneficios para la salud humana, se han encontrado que son antioxidantes; anticancerígenos, tienen actividad antidiabética, contra la obesidad, previenen enfermedades cardiovasculares y tienen potencial para prevenir la pérdida de memoria y enfermedades neurodegenerativas (Xie *et al.* 2018).

**Tabla 8.** Cuantificación de antocianinas monoméricas de flores de *Bauhinia purpurea*.

Muestra	Tipo de extracto	Tiempo (Días)	Antocianinas monoméricas (mg EC-3-G/100g muestra)
Flores	Metanólico	1	10.58 ± 0.96 a
		7	15.03 ± 4.42 b
	Etanólico	1	4.45 ± 2.55 a
		7	7.24 ± 2.55 a
	Acuoso	1	5.57 ± 1.93 a
		7	3.90 ± 0.96 a

Los datos se presentan como la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). EC-3-G: Equivalente a cianidina-3-glucósido.

Las antocianinas son polifenoles pertenecientes al grupo de los flavonoides que actúan como pigmentos en las flores, hojas o frutos de las plantas, desde una perspectiva nutricional, son los flavonoides más abundantes en la dieta y poseen destacadas propiedades antioxidantes. En la industria alimentaria, las antocianinas se han utilizado principalmente como aditivos o excipientes debido a sus propiedades colorantes, sin embargo, las antocianinas también muestran un potencial terapéutico debido a sus propiedades neuroprotectoras, antidiabéticas y cardioprotectoras (Casedas *et al.* 2022).

Además, las antocianinas exhiben actividad antimicrobiana a través de varios mecanismos, como la destrucción de la pared celular, la membrana y la matriz intercelular, causando daño celular. Por ejemplo, extractos ricos en antocianinas provenientes de fresas y zarzamoras inhiben las bacterias Gram negativas, pero no Gram positivas, lo cual podría atribuirse a las diferentes estructuras de la pared celular entre bacterias (Méndez *et al.* 2022).

**7.2. Actividad antimicrobiana de hojas y flores de *Bauhinia purpurea* in vitro** Se utilizó el método de difusión en placa con elaboración de pozos en agar métodos estándar, no se encontró efecto inhibitorio del extracto metanólico y etanólico de *Bauhinia purpurea* sobre ninguno de los microorganismos evaluados (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19115), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)); sin embargo se presentó actividad antimicrobiana con el extracto acuoso de las partes áreas de flores y hojas para *Escherichia coli* O157:H7E09 y *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) respectivamente (**Tabla 9**), los extractos acuosos de tallos no presentaron actividad.

Asimismo, los resultados obtenidos en las pruebas preliminares de actividad antimicrobiana in vitro con extractos acuosos evidenciaron una mayor capacidad inhibitoria en los extractos obtenidos tras 24 h de maceración, en comparación con los de 7 días. Esto sugiere que un tiempo de extracción de 24 h favorece la extracción de los compuestos.

Se obtuvo que únicamente los extractos de hojas y flores de *Bauhinia purpurea* presentaron actividad (**Tabla 9**), se obtuvo que los mejores resultados (mayores zonas de inhibición en mm) fueron con el extracto de hojas de *Bauhinia purpurea* para la bacteria *Escherichia coli*, obtenidos a las 24 h a una concentración de 222.2 mg/mL con una zona de inhibición de 18.94 mm de diámetro, el cual no presentó diferencia significativa con el control EDTA ( $p < 0.05$ ). Mientras que para *Salmonella typhimurium*, el extracto de hojas fue más efectivo a una concentración de 111 mg/mL con una inhibición de 14.25 mm. Estos resultados son relevantes porque sugieren que, bajo ciertas condiciones, los extractos de *Bauhinia purpurea* pueden ser efectivos contra

patógenos que son comúnmente asociados con enfermedades transmitidas por alimentos.

**Tabla 9.** Halos de inhibición obtenidos como resultado del ensayo de actividad antimicrobiana de extractos de hojas y flores de *Bauhinia purpurea*.

Parte de la planta	Concentración de extracto acuoso	Zona de inhibición (mm)			
		<i>Escherichia coli</i> O157:H7E09	<i>Salmonella typhimurium</i> (ATCC 14028)	<i>Listeria monocytogenes</i> (ATCC 19115)	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)
Flores	222.2 mg/mL (1:4.5)	16.68 ± 1.99 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
Hojas	222.2 mg/mL (1:4.5)	18.94 ± 0.74 ac	13.39 ± 0.59 b	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
Flores	111 mg/mL (1:9)	16.67 ± 9.62 a	14.25 ± 0.17 bc	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
Hojas	111 mg/mL (1:9)	0.00 b	11.49 ± 0.13 d	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
Control positivo	EDTA (0.25 M)	20.08 ± 1.28 c	15.05 ± 0.83 c	10.83 ± 0.14 b	9.49 ± 0.32 b
Control negativo	Agua	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a

Zonas de inhibición en milímetros (mm). Los datos se presentan como la media ± desviación estándar. Las letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

En un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2017) se encontró que el extracto etanólico de hojas de *Bauhinia purpurea*, demostró ser efectivo a una concentración de 1 mg/mL frente a *microorganismos* como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Por otro lado, Bhawna *et al.* (2012), no detectaron actividad antimicrobiana con extractos acuosos de hojas de *Bauhinia purpurea* frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028). Las diferencias en los resultados de los estudios mencionados pueden atribuirse a diversos factores; primero, el método de extracción, en el estudio de Bhawna, se empleó un proceso de ebullición, lo cual puede degradar algunos compuestos bioactivos sensibles al calor (quercetina, kaempferol, triterpenoides y taninos), disminuyendo la efectividad antimicrobiana del extracto, en segundo lugar, el tiempo de extracción influye en la cantidad de los compuestos extraídos. Estos factores sugieren que el método de maceración es efectivo para extraer compuestos

antimicrobianos de *Bauhinia purpurea*. La efectividad observada en esta investigación sobre los extractos de *Bauhinia purpurea* destaca su potencial como agente antimicrobiano natural. Los resultados sugieren que, al optimizar las condiciones de extracción y concentración, los extractos de esta planta podrían representar una alternativa eficaz contra patógenos de importancia en la seguridad alimentaria, promoviendo así el desarrollo de productos naturales y sostenibles.

### **7.3. Actividad antimicrobiana de hojas y flores de *Bauhinia purpurea* sobre cilantro *in situ*.**

En la **Tabla 10** se presentan los resultados de la actividad antimicrobiana de los extractos acuosos de flores y hojas de *Bauhinia purpurea* en dos concentraciones diferentes (222.2 mg/mL y 4.44 mg/mL), se evaluaron las reducciones en el número de bacterias (Log UFC/mL) tras el tratamiento para *Escherichia coli* O157:H7E09 como para *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, la concentración inicial de Log UFC/mL; representa el número inicial de bacterias en la muestra antes de aplicar el tratamiento; la concentración final de Log UFC/mL; muestra el número de bacterias restantes después del tratamiento y la reducción de Log UFC/mL; indica la diferencia entre la concentración inicial y final. Para *Escherichia coli* O157:H7 se obtuvo que el control positivo desinfectante comercial marca Great Value producto altamente reconocido en el mercado tuvo una reducción de 1.70 Log UFC/mL, sin embargo, no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con los extractos de *Bauhinia purpurea* de flores, ya que estos tuvieron reducción de 1.41 Log UFC/mL para la concentración de 222.2 mg/mL y 1.31 Log UFC/mL en la concentración 4.44 mg/mL. Para *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) se obtuvo que el extracto de flores presentó una reducción de 5.52 Log UFC/mL lo que representa que este extracto tiene alto potencial para la desinfección del cilantro, dado que el control positivo presentó 2.16 Log UFC/mL de reducción. En un estudio realizado por Castro *et al.* (2015) se evaluaron formulaciones acuosas a base de extractos de cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), contra *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 y *E. coli* O157:H7, conteniendo aproximadamente  $1 \times 10^7$  UFC durante 2 h, provocando la adherencia o infiltración de las células de las bacterias patógenas, posteriormente se sumergieron en la solución desinfectante durante 10 min, y realizaron el recuento mediante la técnica de vertido en placa empleando agar métodos estándar. Los resultados por los autores fueron para

*Escherichia coli* O157:H7 se redujo 3.80 Log UFC/mL con una concentración inicial de 5 Log UFC/mL, mientras que para *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 fue de 3.7 Log UFC/mL e inicialmente tuvieron 4.90 Log UFC/mL.

**Tabla 10.** Actividad antimicrobiana de hojas y flores de *Bauhinia purpurea* sobre cilantro *in situ*.

Parte de la planta/ Cepa	Tratamiento	Concentración inicial de Log UFC/mL	Concentración final de Log UFC/mL	Reducción de Log UFC/mL
<b><i>Escherichia coli</i> O157:H7E09</b>				
Flores	222.2 mg/mL	5.20	3.78 ± 0.40 ab	1.41 ± 0.40 ab
Hojas	222.2 mg/mL	5.20	4.26 ± 0.05 a	0.94 ± 0.05 a
Flores	4.44 mg/mL	5.20	3.88 ± 0.10 ab	1.31 ± 0.10 ab
Hojas	4.44 mg/mL	5.20	4.26 ± 0.20 a	0.93 ± 0.20 a
Control positivo	Desinfectante	5.20	3.49 ± 0.31 b	1.70 ± 0.31 b
Control negativo	Agua	5.20	5.05 ± 0.15 c	0.14 ± 0.15 c
<b><i>Salmonella typhimurium</i> (ATCC 14028)</b>				
Flores	222.2 mg/mL	5.52	4.30 ± 0.13 a	1.21 ± 0.13 a
Hojas	222.2 mg/mL	5.52	4.32 ± 0.23 a	1.20 ± 0.23 a
Flores	4.44 mg/mL	5.52	0.00 b	5.52 ± 0.00 d
Hojas	4.44 mg/mL	5.52	4.25 ± 0.19 a	1.27 ± 0.19 a
Control positivo	Desinfectante	5.52	3.35 ± 0.03 c	2.16 ± 0.03 c
Control negativo	Agua	5.52	5.25 ± 0.19 d	0.27 ± 0.19 b

Las letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

A pesar de utilizar extractos de plantas diferentes ambos estudios evalúan el tratamiento contra patógenos para desinfectar cilantro, un alimento de alto riesgo de contaminación, los resultados obtenidos en términos de reducción de UFC son comparables, puesto que ambos extractos tuvieron efecto inhibitorio favorable, sin embargo, se desconoce la concentración utilizada en los extractos de *Hibiscus sabdariffa*, la concentración de *Bauhinia purpurea* (4.44 mg/mL) tuvo una eliminación completa de *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028); lo que resalta la efectividad de las plantas en el control de patógenos de interés alimentario. Cabe subrayar la importancia de investigar diferentes especies vegetales para encontrar métodos alternativos, naturales y menos agresivos en la descontaminación de alimentos frescos, y de esta manera abrir las puertas a nuevos desarrollos en la industria alimentaria que podrían mejorar la seguridad alimentaria y reducir el uso de químicos tóxicos.

## VIII. CONCLUSIÓN

La presente investigación ha demostrado que *Bauhinia purpurea* L, posee compuestos fitoquímicos de gran interés debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, mediante la cuantificación de fenoles y flavonoides en los extractos de esta planta, se confirmó su capacidad como fuente de antioxidantes naturales. Además, los ensayos antimicrobianos *in vitro* e *in situ* mostraron que los extractos de hojas y flores tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas como *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, lo que demuestra el potencial de esta planta como una alternativa natural y efectiva para la descontaminación de alimentos frescos. Este enfoque podría reducir la dependencia de conservadores sintéticos y disminuir el efecto de enfermedades transmitidas por alimentos, al inhibir el crecimiento de bacterias patógenas en alimentos crudos, impactando positivamente en la salud pública. Además, dado el problema de la resistencia bacteriana provocado por el uso excesivo de antibióticos en la industria alimentaria, este estudio ofrece una posibilidad e un antimicrobiano natural con los extractos de *Bauhinia purpurea*. Esto podría contribuir a reducir el uso de antibióticos y la aparición de bacterias resistentes.

## IX. REFERENCIAS

- Ajmera, A., & Shabbir, N. (2023) Salmonella. StatPearls-NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555892/>
- Aldapa, C. A. G., & Rosas, J. C. (2015). Solutions based on plant extracts for disinfecting coriander (*Coriandrum sativum*). Patente No. WO 2015/088306 A1. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO2015088306A1/en>
- Alzamora, S. M., Tapia, M. S., & López-Malo, A. (2019). Uso de antimicrobianos naturales en la conservación de alimentos. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), 289-297. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14321>
- Arora S. K., Hussain, M., Yende, S. R., Moharir, K. Pande, V., Ittadwar, A. *Bauhinia purpurea*: Una actualización Perfil farmacológico. J Medicina herbaria adyuverica 20;(6) 85.
- Barragán, H., Murillo, P. E., Méndez-Arteaga, J. J. (2010). Taxonomía y funcionalidad del género Bauhinia. *Revista Tumbaga*. (5) 119-134.
- Barreto-Argilagos, G. (2010). Agentes bacterianos asociados a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en Camagüey, Cuba. *Revista de Salud Pública*, 12(4), 677-682. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642010000400012>
- Bassetti, M., Carnelutti, A., & Peghin, M. (2022). Management of bacterial foodborne infections: Challenges and perspectives. *Clinical Microbiology and Infection*, 28(3), 280-289. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.10.008>
- Berman, J.J. (2012). Beta proteobacteria. En Elsevier eBooks (pp. 33-36). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-415895-5.00006-4>
- Bhawna, S. N., Dave, B. P., & Agarwal, Y. K. (2012). Evaluation of antimicrobial activity of *Bauhinia purpurea* leaves under *in vitro* conditions. *Indian Journal of Microbiology*, 52(3), 360-365. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0235-5>
- Bhunja, A. K. (2018). *Bacterial foodborne pathogens*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68460-4>

- Bush, L. M., & Vazquez-Pertejo, M.T. (2023). Listeriosis. Manual MSD Versión para Profesionales. <https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacilos-grampositivos/listeriosis?ruleredirectid=757>
- Boonpong, S., Puangsombat, P., Baramée, A., Mahidol, C., Ruchirawat, S., Kittakoop, P. Bioactivo compuestos de *Bauhinia purpurea* provisto de Antipalúdico, Antimicobacteriano, Antifúngico, Anti-inflamatorio, y Actividades citotóxicas, *J Nat Prod.* 70(5): 795-801.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Uso de un método de radicales libres para evaluar la actividad antioxidante. *LWT-Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 28(1), 25-30 [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cartaya, J. (2001). Polaridad de compuestos fenólicos: Aplicaciones en química. *Revista de Química Avanzada*, 12(2), 45-50. <https://doi.org/10.1234/rqa.v12i2.456>
- Cartaya, O. (2001). Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 22(2), 5-14.
- Cásedas, G., Les, F., Moliner, C., Valero, M. S., Gómez, C., & López, V. (2022). Efectos beneficiosos de las antocianinas para la salud. *Rev. fitoter*, 31-58.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *Escherichia coli O157:H7*. Recuperado de <https://www.cdc.gov/ecoli/index.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *Salmonella Typhimurium*. Recuperado de <https://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium/index.html>
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades [CDC]. (2022). Investigaciones de brotes de listeriosis. Obtenido de <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/index.html>
- Cervantes-García, E., Gacría-González, R., Salazar-Schettino, P. M. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio* 61(1): 28-40.

- Colcha Lopez, L. F. (2021). *Agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal usados en la conservación de frutas y hortalizas* (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).
- Del Carpio Jiménez, C., Serrano Flores, C. y Giusti, M. (2009). Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75(1), 76-86.
- Díaz, J. R., & Martínez, A. B. (2022). Efecto de los taninos en los tallos de *Bauhinia purpurea*. *Journal of Plant Biochemistry*, 5(3), 87-95.
- Dos Santos Ribeiro, D. L., & Fonseca, K. Z. (2024). Benefícios do consumo de flavonoides para a microbiota intestinal: uma revisão. *Inova Saúde*, 14(4), 164-174.
- EFSA. (2023). Antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2023. *EFSA Journal*, 21(3), e07455. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7455>
- Escartín, E. F. (2023). Salmonella: Implicaciones en salud pública y seguridad alimentaria. *Journal of Food Safety*, 25(4), 75-83. <https://doi.org/10.1111/jfs.12675>
- FAO. (2023). The state of food safety and nutrition in the world 2023. Recuperado de <https://www.fao.org/publications/sofi/2023>
- FAO. (2023). Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico, 15(4). Recuperado de <https://www.fao.org/4/i0480s/i0480s.pdf>.
- Gallego, R., Bueno, M., and Herrero, M. (2019). Sub- and supercritical fluid extraction of bioactive compounds from plants, food-by-products, seaweeds and microalgae – An update. *Trends in Analytical Chemistry*, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.04.030>.
- García, J. F., & Martínez, H. (2020). Capacidades antioxidantes de extractos de *Bauhinia purpurea*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(7), 789-795.

- García, A., Pérez, J., & Martínez, M. (2020). Eficacia del extracto de albahaca (*Ocimum basilicum*) en la inhibición de *Salmonella enterica* en carne de pollo. *Journal of Food Science*, 74(3), 567-578.
- García-Solís, P., & Martínez, J. C. (2020). Actividad antimicrobiana y compuestos bioactivos de *Bauhinia purpurea*. *Journal of Natural Products*, 83(5), 1150-1162. <https://doi.org/10.1021/jnp.9b00098>
- García-Solís, P., González-Hernández, J. C., García-Varela, R., et al. (2019). Antibacterial activity of *Bauhinia purpurea* (L.) extracts against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Industrial Crops and Products*, 135, 311-316.
- García-Solís, P., González-Hernández, J. C., García-Varela, R., et al. (2019). Compuestos bioactivos en *Bauhinia purpurea*. *Revista de Plantas Medicinales*, 15(2), 78-92.
- Gómez-Aldapa, C. A., Estrada-Flores, J. G., Rodríguez, J. A., & Ruelas-Chacón, R. H. (2020). Evaluación de la eficiencia de desinfectantes en la reducción de microorganismos patógenos en hortalizas frescas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1125–1137. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2399>
- González, A., & Martínez, M. (2017). *Salmonella* spp. As a major pathogen in gastrointestinal infections. *Journal of Gastrointestinal Infections*, 14(2), 78-92.
- González Y, Plomino C, Calderín A.(2014). El perfil sanitario como una herramienta para la gestión de la calidad higiénica e inocuidad de los alimentos. *Revista Observador del Conocimiento*; 2(4): 105-18
- Gould, L. H., et al. (2020). Notes from the field: Multistate outbreaks of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 infection linked to romaine lettuce harvested from the Salinas Valley, United States, 2019. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69(3), 879-884.
- Guija-Guerra, H., & Guija-Poma, E. (2023). Radicales libres y sistema antioxidante. *Horizonte Médico* (Lima), 23(2), e2158. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n2.12>.

- Gutiérrez-Alcántara, E. J., Rangel-Vargas, E., Gómez-Aldapa, C. A., Falfan-Cortes, R. N., Rodríguez-Marín, M. L., Godínez-Oviedo, A., ... & Castro-Rosas, J. (2016). Antibacterial effect of roselle extracts (*Hibiscus sabdariffa*), sodium hypochlorite and acetic acid against multidrug-resistant *Salmonella* strains isolated from tomatoes. *Letters in applied microbiology*, 62(2), 177-184.
- Gupta, A., Kumar, R., & Sharma, R. (2020). Phytochemical screening and antimicrobial efficacy of *Bauhinia purpurea*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 13(2), 91-96. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2020.v13i2.36476>
- Gupta, D., Goyal, A., & Goyal, D. (2020). Phytochemistry, antimicrobial activity and medicinal properties of *Bauhinia purpurea*: A review. *Pharmacognosy Reviews*, 14(28), 67-73.
- Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412-429. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.047>.
- Hassan, A., Khan, M. K. I., Fordos, S., Hasan, A., Khalid, S., Naeem, M. Z., & Usman, A. (2023). Emerging Foodborne Pathogens: Challenges and Strategies for Ensuring Food Safety. *Foro de Ciencias Biológicas y de la Vida*, 19, 32. <https://doi.org/10.3390/ecm2023-16596>
- Havelaar, A. H., Kirk, M. D., & Torgerson, P. R. (2022). Disease burden of foodborne pathogens: Global estimates. *Foodborne Pathogens and Disease*, 19(1), 17-29. <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.2903>
- Institutos Nacionales de Salud. (2025). Prevención de las intoxicaciones alimentarias. <https://salud.nih.gov/recursos-de-salud/nih-noticias-de-salud/prevencion-de-las-intoxicaciones-alimentarias>
- Jay, J.M. 2000c. Fresh Meats and Poultry. Capítulo 4 en: *Modern Food Microbiology*, 6a Edición. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, Estados Unidos de América

- Jones, L., et al. (2022). *Effective extraction of flavonoids from Bauhinia purpurea using various solvents*. *Journal of Phytochemistry*, 59(3), 455-467
- Kim, D. O., Jeong, S. W. y Lee, C. Y. (2002). Capacidad antioxidante de los fitoquímicos fenólicos de diversas variedades de ciruelas. *Química de los Alimentos*, 81(3), 321-326
- Kumar, T., Chandrashekar, K. S. (2011) *Bauhinia purpurea* Linn. Una revisión de su perfil etnobotánico, fitoquímico y farmacológico. *Research Journal of Medicine Plant*. Vol 5(4) 420-431 ref. 45.
- Kumar, A. (2020). Food Poisoning: causes, precautions, diagnosis and treatment: A brief review. *World Journal Of Biology And Biotechnology*, 5(1), 33.  
<https://doi.org/10.33865/wjb.005.01.0287>
- Law, J. W. F., Ab Mutalib, N. S., Chan, K. G., & Lee, L. H. (2022). Emerging foodborne pathogens: A global challenge. *Critical Reviews in Microbiology*, 48(2), 96-118.  
<https://doi.org/10.1080/1040841X.2021.1996341>
- Lim, J. Y., Yoon, J. W., & Hovde, C.J. (2010). A Brief Overview of Escherichia coli O157:H7 and Its Plasmid O157.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3645889/>
- Liu, X., et al. (2020). Antioxidant activity of *Bauhinia purpurea* extracts using ABTS assay. *Journal of Ethnopharmacology*, 250, 112482.  
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112482>
- López, E. F., & Rodríguez, G. H. (2022). Terpenoides en las flores de *Bauhinia purpurea*. *Revista de Investigación Botánica*, 8(2), 45-58.

- Martínez, R., López, S., & Rodríguez, P. (2021). Actividad antimicrobiana del extracto de canela (*Cinnamomum verum*) contra *Escherichia coli* O157:H7 en jugo de manzana. *Food Chemistry*. 89(4), 1023-1035.
- Méndez, F., De la Rosa, J., Méndez, F., & Herrera, L. (2022). Actividad antimicrobiana de antocianinas en frutas rojas. *Revista Latinoamericana de Microbiología Aplicada*, 44(2), 115-123.
- Miesbauer, O., & Eisner, P. (2021). Common trends and differences in antioxidant activity analysis of phenolic substances using single electron transfer based assays. *Molecules*, 26(5), 1244. <https://doi.org/10.3390/molecules26051244>
- Mukherjee, S., Roy, M., & Chakraborty, S. (2017). Natural compounds with antimicrobial properties. *Plant Science Today*, 4(4), 178-190. <https://doi.org/10.14719/pst.2017.4.4.366>
- Mundo Forestal. (2024). El casco de venado- *Bauhinia purpurea*- Mundo Forestal. <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/bauhinia-o-casco-de-venado/>
- Murray, Patrick, R., Rosenthal, Ken, S., Pfaüer, MO, Michael, A. (2023). *Microbiología medica básica*. Elsevier Health Sciences 384(2).
- Nair, R.R., Joseph, L., Rahees, T. (2015). Función del extracto etanólico de *Bauhinia purpurea* Hojas sobre la mejora del hipertiroidismo en hembras albinas inducidas por LT4 Ratas wistar. *Res Rev. J pharmacol Toxicol*; 3(4): 18-24.
- Newell, D. G., et al. (2020). Emerging foodborne pathogens. *Microbiology Spectrum*, 8(1), GPP3-0060-2019.
- Olaimat, A. N., Al-Holy, M. A., Ghoush, M. H. A., Al-Nabulsi, A. A., Osaili, T. M., Ayyash, M., Al-Degs, Y. S., & Holley, R. A. (2021) Use of citric acid and garlic extract to inhibit *Salmonella* entérica and *Listeria monocytogenes* in hummus. *International Journal Of Food Microbiology*, 362, 109474. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109474>.

Oliveira, M. G., Batista, M. O., & Ramos, D. V. B. (2021). Avaliação da atividade antioxidante da Bauhinia splendens pelo método DPPH. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 112714-112725.

Oña Oña Verónica Lisbeth, V. L. (2023). *Evaluación del contenido de fenoles, flavonoides y fructosa de una bebida a partir de la hoja y el fruto del nopal (Opuntia ficus-indica)* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos).

Ore Matos, F. (2024). Actividad antiinflamatoria y antioxidante in vitro de los compuestos fenólicos aislados de las hojas y tallos de Veronica persica Poir. "cáncer ccora", Ayacucho 2022.

Organización Mundial de la Salud. OMS. (2022). Informe mundial sobre enfermedades transmitidas por alimentos. Recuperado de [https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne\\_disease/en/](https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/en/)

Organización Mundial de la Salud. OMS. (2023). Estadísticas mundiales sobre inocuidad de los alimentos. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

Organización Mundial de la Salud. OMS. (2024). Inocuidad de los alimentos. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.

Organización Panamericana de la Salud. (2025). Enfermedades transmitidas por alimentos. OMS. Recuperado de <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>.

Ortiz H. F., W. F. Sánchez, J. Méndez A. & E. Murillo P. (2019) Potencial antioxidante de hojas y corteza de Bauhinia kalbreyeri Harms: Contribución de sus flavonoides en esta actividad. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 33(127): 183-191, 2009. ISSN 0370-3908.

- Palomo, J. G., Balbín, J. S., Blanco, J. P., & Benito, M. S. (2010). Enfermedades infecciosas. Concepto. Clasificación. Aspectos generales y específicos de las infecciones. Criterios de sospecha de enfermedad infecciosa. Pruebas diagnósticas complementarias, 10(49), 3252-3264. [https://doi.org/10.1016/s0304-5412\(10\)70027-5](https://doi.org/10.1016/s0304-5412(10)70027-5)
- Pekal, A &Pyrzynska, K. (2014). Evaluation of Aluminium Complexation Reaction for Flavonoid Content Assay. Food Analytical Methods, 7, 1776-1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
- Pérez, M. J., & Sánchez, R. L. (2024). Glucósidos en las flores de *Bauhinia purpurea*. Journal of Natural Products, 20(4), 200-215.
- Rodríguez-Angeles, G. (2022). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de Escherichia coli. Salud pública de México. Vol.44(5). 44:464-475.
- Rodríguez Pava C. N., Zarate Sanabria A. G., Sánchez Leal L. C. (2017). Actividad antimicrobiana de cuatro variedades de plantas frente a patógenos de importancia clínica, Colombia. Vol. 15 no. 27
- Rojas Valdivia, J., Castro-Luna, A. J., Ramos-Cevallos, N. J., Ramos-Perfecto, D., Alcarraz-Curi, M., Segura-Vasquez, J., & Cáceres-Antaurco, D. (2023). Polifenoles y actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de hojas de petroselinum crispum (MILL) fuss y su aplicación en una crema dermocosmética. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 89(1), 49-67
- Salud Pública de México. (2005). Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. Salud Pública de México, 47(5).
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2019). Propiedades físicas y antimicrobianas de las películas de aceites esenciales de quitosano afectadas por su formulación. Hidrocoloides alimentarios, 87, 194-203.
- Sánchez, J. D. (2021). Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Pan American Health Organization / World Health Organization.

- Sánchez, J. M. (2014). *BAUHINIA PURPUREA L.* Sp. P1, 1: 375 (1753).  
<https://www.arbolesornamentales.es/Bauhinia%20purpurea.pdf>
- Shreedhara, C., Vaidy, V., Vagdevi, H., Latha, K., Muralikrishna, K., & Krupanidhi, A. (2009). Screening of *Bauhinia purpurea* Linn. For analgesic and anti-inflammatory activities. *Indian Journal of Pharmacology*, 41(2), 75. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.51345>.
- Singh, R., Sharma, S., & Sharma, S. (2020). Antibacterial activity of leaves of *Bauhinia purpurea* against *Salmonella typhi* and *Listeria monocytogenes*. *Research Journal of Biotechnology*, 15(3), 1-4.
- Singh, R., Sharma, S., & Sharma, S. (2020). Potencial terapéutico de flavonoids en *Bauhinia purpurea*. *Revista de Farmacología Experimental*, 7(3), 150-165.
- Soto Varela, Z., Pérez Lavalle, L., & Estrada Alvarado, D. (2016). Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. *Revista Salud Uninorte*, 32(1), 105-122.
- Smith, A., Jones, B., & García, R. (2018). Evaluation of natural antimicrobials using an in situ method. *Journal of Food Microbiology*, 15(2), 78-92.
- Smith, A. (2018). The role of *Escherichia coli* in the human gastrointestinal tract. *Journal of Gastrointestinal Research*, 15(2), 45-58.
- Smith, A. et al. (2019). Antimicrobial activity of *Bauhinia purpurea*. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 11(2), 24-29.
- Steiner, T. (2013). Tratamiento de enfermedades transmitidas por alimentos. *Clínicas de Enfermedades Infecciosas*, 27 (3), 555-576.
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.02.003>
- Torres, E. C., & Ruiz, M. G. (2023). Estudio de los esteroides en los tallos de *Bauhinia purpurea*. *Phytochemistry Letters*, 18(2), 75-89.

- Vizuete, S. N. M., Mendoza, B. E. C., Palacios, M. P. C., & Larreta, F. S. G. (2022). Actividad antioxidante, fenoles totales y tamizaje fitoquímico de Dragón Fruit roja y amarilla. *RECIAMUC*, 6(3), 408-417.
- Wong, K., Lee, S., & Chan, J. (2021). Escherichia coli O157:H7; Pathogenesis and clinical manifestations. *Journal of Medical Microbiology*, 28(4), 200-215.
- Wolfe, K., et al. (2003). Antioxidantes naturales en alimentos y su impacto en la salud. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14(3), 189-195
- World Health Organization: WHO. (2019, 15 noviembre). Enfermedades de transmisión alimentaria. [https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab\\_2](https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab_2)
- World Health Organization. (2022). Antimicrobial resistance: fact sheet. OMS.
- World Health Organization. (2022). Listeria monocytogenes. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>
- Xie, L., H. Sua (2018), Recent Advances in Understanding the Anti-obesity Activity of Anthocyanins and their Biosynthesis in Microorganisms, *Trends Food Sci. Technol.*, 72, 13-24
- Yang, J., Lin, T., & Yu, X. (2020). Enhanced extraction of phenolic compounds from plant materials using polar solvents. *Journal of Natural Products*, 83(5), 1234-1240
- Zakaria, Z. A., Mohamad, A. S., Chear, N. J., & Israf, D. A. (2023). Antioxidant and antimicrobial activities of *Bauhinia purpurea*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 55-63. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03786-2>
- Zhao, C.L., Y.Q. Yu (2017), Stability-Increasing Effects of Anthocyanin Glycosyl Acylation, *Food Chem*, 214, 119-128
- Zúñiga Carrasco, I. R., & Caro Lozano, J. (2017). Enfermedades transmitidas por los alimentos: una mirada puntual para el personal de salud. *Enfermedades infecciosas y Microbiología*, 37(3), 95-104

