



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

EFECTO ANTIMICROBIANO DE EXTRACTO ETANOLICO DE SYZYGIUM
AROMATICUM (CLAVO DE OLOR) FRENTE A SALMONELLA SPP Y
ESCHERICHIA COLI

Línea de investigación:
Microbiología, Parasitología e Inmunología

Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora

Advincula Vilca, Giuliana Betsabe

Asesora

Rodrigo Rojas, María Elena

ORCID: 0000-0002-1555-4036

Jurado

Salas Asencios, Ramsés

Scotto Espinoza, Carlos Jesús

Mayanga Herrera, Ana Lucía

Lima - Perú

2025



EFECTO ANTIMICROBIANO DE EXTRACTO ETANOLICO DE SYZYGIUM AROMATICUM (CLAVO DE OLOR) FRENTE A SALMONELLA spp Y ESCHERICHIA COLI

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	1 %
6	selecciones.com.mx Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1 %
11	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

EFECTO ANTIMICROBIANO DE EXTRACTO ETANOLICO DE *SYZYGIUM AROMATICUM* (CLAVO DE OLOR) FRENTE A *SALMONELLA* spp Y *ESCHERICHIA COLI*

Línea de investigación:

Microbiología, Parasitología e Inmunología

Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora:

Advincula Vilca, Giuliana Betsabe

Asesora:

Rodrigo Rojas, María Elena

ORCID: 0000-0002-1555-4036

Jurado:

Salas Asencios, Ramsés

Scotto Espinoza, Carlos Jesús

Mayanga Herrera, Ana Lucía

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres, Ana y Miguel, quienes estuvieron siempre conmigo apoyándome en cada decisión, por su confianza y aliento, porque todo lo que soy es gracias a ustedes. A mis hermanos Patty y Miguel, quienes creyeron en mí y motivaron en cada meta que tenía siendo mi ejemplo de superación. A mi pareja, Diego, quien es mi complemento y me daba ánimos para continuar. A mis gatas Tita y Gala quienes estuvieron conmigo en cada amanecida siendo la mejor compañía. Y por último a mí misma porque pude cumplir una de mis grandes metas, por no rendirme y demostrarme que con esfuerzo todo es posible.

Agradecimiento

A mi asesora la Mg. María Elena Rodrigo Rojas, por su apoyo incondicional, por confiar en mí, por compartir su experiencia conmigo y complementar mi formación académica no solo como asesora sino como profesora a lo largo de mi carrera universitaria, dándome ánimos para enfrentar los desafíos que venía pasando, ha sido un pilar muy importante para el desarrollo de este proyecto y estoy profundamente agradecida.

A mi familia por su amor, confianza y apoyo a lo largo de mi vida motivándome para que pueda cumplir una de mis principales metas.

Al Laboratorio de Biotecnología de la UNFV por la oportunidad de realizar mi tesis en sus instalaciones y por proporcionarme acceso a sus recursos. A mis profesores por su apoyo y enseñanzas brindadas. Este logro fue en equipo y estoy agradecida con todos aquellos que siempre estuvieron conmigo.

ÍNDICE

Resumen.....	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Descripción y formulación del problema	11
1.2 Antecedentes	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	14
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	15
1.4 Justificación.....	15
1.5 Hipótesis.....	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Generalidades sobre <i>Syzygium aromaticum</i>	18
2.1.1 <i>Descripción taxonómica</i>	18
2.1.2 <i>Distribución geográfica</i>	19
2.1.3 <i>Propiedades medicinales</i>	20
2.1.4 <i>Componentes químicos</i>	20
2.2 <i>Salmonella</i> spp	23
2.3 <i>Escherichia coli</i>	24
III. MÉTODO	25
3.1 Tipo de investigación	25
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	25
3.3 Variables.....	25
3.3.1 <i>Variable dependiente</i>	25
3.3.2 <i>Variable Independiente</i>	25
3.4 Población y muestra	26
3.4.1 <i>Población</i>	26
3.4.2 <i>Muestra</i>	26
3.5 Instrumentos	26
3.6 Procedimientos	26
3.7 Análisis de datos.....	27
3.8 Consideraciones éticas	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
VI. CONCLUSIONES	40

VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. REFERENCIAS.....	42
IX. ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nombre y fórmula química de las moléculas bioactivas aisladas de <i>S. aromaticum</i> de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.....	21
Tabla 2 Actividad antimicrobiana del extracto etanólico de <i>Syzygium aromaticum</i> a distintas concentraciones frente a <i>Salmonella</i> spp.....	29
Tabla 3 Actividad antimicrobiana del extracto etanólico de <i>Syzygium aromaticum</i> a distintas concentraciones frente a <i>Escherichia coli</i>	30
Tabla 4 Prueba de T student.....	36
Tabla 5 Medida del tamaño del efecto del extracto sobre el halo de inhibición en <i>Salmonella</i> y <i>E coli</i>	37
Tabla 6 Prueba de ANOVA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Campana de gauss del halo de inhibición en <i>Salmonella</i> spp.....	31
Figura 2 Evaluación de concentración por placa en <i>Salmonella</i> spp.....	32
Figura 3 Campana de gauss del halo de inhibición en <i>Escherichia coli</i>	33
Figura 4 Evaluación de concentración por placa en <i>Escherichia coli</i>	34
Figura 5 Análisis comparativo del modelo lineal de inhibición bacteriana frente a <i>Salmonella</i> y <i>E coli</i>	36

RESUMEN

El presente estudio buscó evaluar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*. La actividad inhibitoria fue determinada usando el método de difusión en agar, se aplicaron concentraciones al 25%, 50% y 100% del extracto etanólico del clavo de olor y se tomaron como referencia la medida de los halos inhibitorios. Se obtuvieron promedios de halos de inhibición del 15, 16 y 18 mm en el caso de *Salmonella* spp y promedios de halos de inhibición de 12, 13 y 15 mm en el caso de *Escherichia coli*. La especie que presentó mayor sensibilidad fue *Salmonella* spp en comparación con *Escherichia coli*. Estos resultados concuerdan con estudios previos que indican que *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) presenta actividad inhibitoria contra microorganismos de importancia clínica.

Palabras clave: extracto etanólico del clavo de olor, antimicrobiano, *Salmonella* spp, *Escherichia coli*.

ABSTRACT

This study sought to evaluate the antimicrobial activity of the ethanolic extract of *Syzygium aromaticum* (clove) against *Salmonella* spp and *Escherichia coli*. Inhibitory activity was determined using the agar diffusion method, applying concentrations of 25%, 50%, and 100% of the ethanolic extract of cloves and taking the measurement of the inhibitory halos as a reference. Average inhibition halos of 15, 16, and 18 mm were obtained for *Salmonella* spp, and average inhibition halos of 12, 13, and 15 mm were obtained for *Escherichia coli*. The species that showed the highest sensitivity was *Salmonella* spp compared to *Escherichia coli*. These results are consistent with previous studies indicating that *Syzygium aromaticum* (clove) has inhibitory activity against clinically important microorganisms.

Keywords: ethanolic extract of clove, antimicrobial, *Salmonella* spp, *Escherichia coli*.

I. INTRODUCCIÓN

Los principales problemas de salud en América Latina los causan las enterobacterias.

Dentro de este grupo se encuentran patógenos de alta prioridad, como *Salmonella* spp y *Escherichia coli*, responsables de una alta morbilidad en países de medianos y bajos ingresos, lo que ocasiona reportes frecuentes y problemas de salud pública a nivel mundial (World Health Organization [WHO], 2024).

Salmonella spp es conocida como un patógeno universal debido a su amplia distribución y capacidad para contagiar a diversos huéspedes, como humanos y animales. Habita en el tracto intestinal de animales, principalmente aves, porcinos y ganado vacuno. Se relaciona con diferentes cuadros clínicos en humanos, tales como fiebre tifoidea, gastroenteritis, bacteriemia, infecciones específicas y el estado de portador crónico. Aproximadamente el 3% de pacientes contagiados con *Salmonella* que no han recibido tratamiento pueden convertirse en portadores enteros crónicos, siendo fuente de transmisión a otras personas representando un problema de salud pública (Hohmann, 2010).

Escherichia coli es una bacteria que habita en el intestino humano y animales. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas, sin embargo, se reconocen seis serotipos patógenos que causan enfermedades graves a través del consumo de alimentos contaminados, agua no potable y contacto con heces de una persona infectada. Se reconocen seis serotipos clínicamente relevantes de *E. coli*: la productora de toxina Shiga (STEC), la enterotoxigénica (ETEC), la enteropatógena (EPEC), la enteroinvasiva (EIEC), la enteroagregativa (EAEC) y la de adherencia difusa (DAEC). Estos serotipos son patógenos responsables de diversos trastornos gastrointestinales y sistémicos, que incluyen cuadros clínicos como diarrea, colitis hemorrágica, síndrome urémico hemolítico y disentería.

Aunque los tratamientos con nuevos fármacos o terapias antimicrobianas combinadas tienen cierto grado de éxito, aún existe la necesidad urgente de investigar y desarrollar un enfoque eficaz contra las infecciones que causan (Wen et al., 2011).

Durante muchos años, las plantas medicinales han brindado solución a las enfermedades en humanos, transmitiéndose el conocimiento de generación en generación (Avello y Cisternas, 2010).

Syzygium aromaticum (clavo de olor) es considerado una alternativa medicinal por sus efectos analgésicos, antiinflamatorios, antimicrobianos, antimicóticos, entre otros. Dentro de sus compuestos fenólicos se encuentran flavonoides, ácidos hidroxicinámicos y ácidos hidroxibenzoicos. El eugenol es el principal compuesto del clavo de olor, representando aproximadamente el 89 % de esta planta, seguido de otros compuestos presentes en concentraciones más bajas, como el acetato de eugenol, β-cariofileno, farnesol, β-pineno y benzaldehído (Chaieb et al., 2007). Se ha demostrado que estos compuestos desnaturalizan las proteínas de la membrana de los microorganismos, reaccionando con los fosfolípidos y alterando la permeabilidad de la célula, lo que produce su muerte (Espín, 2019).

En base a las razones antes expuestas, la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*, con el fin de aportar al uso de la medicina alternativa y combatir las enfermedades que estas enterobacterias ocasionan.

1.1. Descripción y formulación del problema

De entre todos los problemas de salud pública, uno de los principales desafíos a los que se enfrentan las unidades de salud a nivel global es el tratamiento y manejo de las infecciones ocasionadas por enterobacterias resistentes a antibióticos. Este creciente problema reviste hoy gran importancia por sus implicaciones económicas, sociales y humanas.

Escherichia coli es una bacteria presente de forma natural en la microbiota humana y de animales. También se encuentra en el medio ambiente, los alimentos y el agua contaminada. Existen seis serotipos de *E. coli* que causan daño a la población en general, ocasionando diarreas con sangre, diarrea acuosa o ambas, vómitos, fiebre y diversos trastornos gastrointestinales que obligan al paciente a medicarse para erradicar la infección.

El riesgo de contraer *Escherichia coli* a través de alimentos mal lavados y/o preparados de manera no inocua ha aumentado significativamente. Las personas más vulnerables a contraer una infección por *E. coli* son niños menores de cinco años, adultos que superan de 65 años, viajeros y aquellos con el sistema inmune debilitado. Se ha demostrado que el 72.3 % de las cepas encontradas han sido resistentes a un antibiótico, y el 24.5 % han sido multirresistentes a tres o más tipos de antibióticos (Instituto Nacional de Salud [INS], 2024).

Salmonella spp es una de las principales bacterias responsables de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Su contagio ocurre principalmente por la ingesta de agua o alimentos contaminados, como huevos, carne, leche y aves, así como por alimentos no cocinados adecuadamente. Esta bacteria puede provocar diversos trastornos, incluyendo infecciones gastrointestinales, bacteriemia y fiebre tifoidea, entre otros. *Salmonella* spp es el patógeno causante de enfermedad diarreica en el mundo, provocando deshidratación en niños pequeños y ancianos, incluso en personas con el sistema inmune no comprometido (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). Por lo tanto, el riesgo de infección es alto en países de ingresos medios o bajos.

En los últimos años ha incrementado el estudio sobre efectos de la actividad antimicrobiana presente en plantas como *Thymus officinalis* (tomillo), para combatir la infección urinaria; *Allium sativum* (ajo), contra *H. pylori*; y también el uso de *Piper nigrum* (pimienta negra), contra hongos, entre otras plantas que presentan actividad antimicrobiana (Dixon, 2001). En el Perú se han intensificado estudios en diferentes plantas

medicinales, comprobándose las propiedades de sus componentes como antibacterianas, antihemorrágicas, analgésicas, antiinflamatorias y antimicóticas (Pimentel et al., 2015). Debido a ello, estos estudios se han fortalecido como una medida para controlar los problemas generados por los fármacos, como la resistencia a antibióticos para el tratamiento de infecciones ocasionadas por enterobacterias, lo cual los hace menos efectivos.

Ante esta situación, es importante promover la búsqueda de nuevos medicamentos derivados de recursos naturales, dado que las perspectivas futuras en el uso de los antibióticos actuales son todavía inciertas. Tomando en consideración lo mencionado anteriormente, se deriva la siguiente pregunta:

¿El extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* tiene efecto antimicrobiano frente *Salmonella* spp y *E. coli*?

1.2. Antecedentes

A nivel mundial varios autores han realizado estudios que han demostrado la actividad de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) como posible alternativa para el tratamiento de diferentes patologías o infecciones bacterianas:

Pastrana et al. (2017) evidenciaron que los extractos de clavo de olor y canela presentan efectividad contra las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, aplicando técnicas como difusión en agar y diluciones dobles en caldo.

Mostafa et al. (2018) demostraron que los extractos etanólicos de *Syzygium aromaticum* a una concentración de 10 mg/mL presenta actividad inhibidora contra bacterias responsables de intoxicaciones alimentarias, incluyendo *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp y *Escherichia coli*. Esta actividad fue evaluada mediante el método de difusión en disco. Además, la concentración inhibitoria mínima (CIM) del extracto de clavo a 5 mg/mL frente a *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* mostró zonas de inhibición que oscilaron entre 9.2 mm y 11.4 mm.

Gupta et al. (2009) llevaron a cabo un estudio comparativo sobre la actividad antimicrobiana del aceite y el extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor). En esta investigación, se evaluó la efectividad de sustancias frente a bacterias de importancia clínica como *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los hallazgos mostraron que el extracto etanólico presentó actividad inhibitoria frente a casi todos los microorganismos mencionados, siendo *S. aureus* el más susceptible, ya que presentó la mayor zona de inhibición de 26mm. Además, *B. cereus*, *B. subtilis* y *Bacillus spp* también fueron sensibles al extracto. De manera similar, el aceite de *Syzygium aromaticum* presentó actividad inhibitoria contra casi todos los microorganismos, siendo *B. cereus* y *B. spp* los más susceptibles con una zona de inhibición de 24mm. Por otro lado, *Pseudomonas aeruginosa* presentó resistencia al extracto y al aceite del clavo de olor.

Sethi et al. (2013) demostraron que el extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* tiene un efecto inhibidor sobre el crecimiento de diversos microorganismos, entre ellos *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Serratia marcescens*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Proteus vulgaris*. La actividad antimicrobiana del clavo de olor fue superior a la de los extractos etanólicos de otras siete especies evaluadas en el estudio, como por ejemplo el jengibre, ajo, sábila, entre otros, para inhibir diversos patógenos bacterianos.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Determinar el efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* frente a *Salmonella spp* y *Escherichia coli*.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto antimicrobiano mediante la medición de los halos de inhibición del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* a concentraciones de (25%, 50% y 100%) frente a *Salmonella* spp.

Evaluar el efecto antimicrobiano mediante la medición de los halos de inhibición del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* a concentraciones de (25%, 50% y 100%) frente a *Escherichia coli*.

Comparar el efecto antimicrobiano mediante halos de inhibición del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* a concentraciones de (25%, 50% y 100%) frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

1.4. Justificación

El presente trabajo aborda un tema de importancia en salud publica ya que las enterobacterias son responsables de numerosas infecciones intestinales generando enfermedades en la población, la creciente resistencia a uno o más antibióticos ha generado gran preocupación siendo un reto significativo para la salud pública global.

Actualmente, *Salmonella* spp se encuentra entre las enfermedades zoonóticas más comunes a nivel global, afectando incluso a países desarrollados como Estados Unidos, Canadá, entre otros, donde se registran brotes de salmonelosis. Esta bacteria puede estar presente en alimentos y agua contaminada. Aunque la salmonelosis generalmente provoca una gastroenteritis autolimitada, en niños y personas con sistemas inmunológicos comprometidos hay riesgo puedan presentar síntomas graves que requieran tratamiento y hospitalización (Quino et al., 2020).

En el Perú el Laboratorio de Referencia Nacional de Enteropatógenos del Instituto Nacional de Salud ha estado realizando la vigilancia de *Salmonella* spp durante los últimos 50 años (INS, 2022).

Además, según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (2019), se registraron 234 brotes de ETA a nivel nacional entre los años 2014 y 2018. En promedio, se reportaron 47 brotes anuales, afectando a un total de 6098 personas, 1311 hospitalizaciones y 29 muertes reportadas.

En el Perú se ha identificado una alta presencia de *Salmonella* spp en granjas dedicadas a la producción de pollo (49%), lo que genera preocupación ya que la población peruana consume en su mayoría pollo provenientes de mercados y granjas locales (Valderrama et al., 2014)

Escherichia coli se encuentra entre las bacterias relacionadas con la enfermedad diarreica infantil donde se atribuye entre el 30% y 40% de episodios de diarreas agudas en niños. Esta bacteria causa aproximadamente 1.87 millones de muertes al año en niños menores de 5 años (O’Ryan et al., 2005). Estas bacterias pueden colonizar el tracto gastrointestinal de los humanos y su transmisión ocurre por contacto directo entre personas, por contactos con animales, o de manera indirecta mediante el agua y los alimentos contaminados.

En el Perú, actualmente *E. coli* es responsable del 5 a un 10% de diarrea infantil y se estima que los niños y adultos experimentan entre tres y cuatro episodios de diarrea cada año a causa de esta bacteria (Ochoa et al., 2009). Esta alta morbilidad afecta a niños que viven en condiciones desfavorables y se traduce en una considerable tasa de mortalidad, por lo que se requiere la necesidad de investigar alternativas terapéuticas para el tratamiento de infecciones producidas por enterobacterias de importancia clínica como *Salmonella* spp y *E. coli*.

La Organización Mundial de la Salud destaca el papel fundamental de las plantas medicinales en el tratamiento y la prevención de diversas enfermedades, siendo considerado como una alternativa eficaz para combatir enterobacterias de importancia clínica. Por esta razón, la identificación y análisis de la actividad antimicrobiana de extractos naturales se ha

convertido en un aspecto vez más importante en los estudios modernos a nivel mundial (Negi, 2012).

El Ministerio de Salud reconoce el uso de plantas medicinales con propiedades antimicrobianas como alternativa para aliviar problemas menores de salud, entre algunas plantas medicinales destacan el ajo, eucalipto, jengibre y cebolla (INS, 2022).

Syzygium aromaticum (clavo de olor) es usado desde tiempos ancestrales en la cocina, pero también es usado como alternativa terapéutica por sus propiedades medicinales (Nonsee et al., 2011). Entre sus propiedades destaca su efecto antimicrobiano por los compuestos fenólicos que presenta, especialmente el eugenol. Estos compuestos actúan desnaturizando las proteínas y reaccionando con los fosfolípidos de la membrana celular bacteriana, lo que afecta directamente a las bacterias y puede ocasionar su muerte (Aguilar y López, 2013).

Es por ello, que se ha elegido a *Syzygium aromaticum* como sujeto de estudio para evaluar el efecto antimicrobiano de su extracto etanólico frente a enterobacterias de importancia clínica como *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

Así pues, la presente investigación proporcionará información como alternativa de tratamiento de bajo costo contra enterobacterias con potencial altamente patógeno.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis (H1)

El extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* presenta efecto antimicrobiano frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

1.5.2. Hipótesis (H0)

El extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* no presenta efecto antimicrobiano frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades sobre *Syzygium aromaticum*

S. aromaticum (clavo de olor), también conocido como clavo dulce o capullo de flor seco, entre otros nombres dependiendo de cada región, pertenece a la familia Myrtaceae que se encuentra en Indonesia. Sin embargo, actualmente se cultiva en diferentes países del mundo.

El árbol de esta planta se compone de brotes y hojas, los brotes o capullo de flor es lo que se comercializa y es usado como especia en la cocina, industria de perfume o para fines medicinales (Hall et al., 2002).

El clavo de olor posee múltiples propiedades medicinales que incluyen efectos antimicrobianos, antioxidantes, antifúngicos, antiinflamatorios y antivirales (Chaieb et al., 2007). Al tener un alto contenido en aceites esenciales, principalmente eugenol, así como flavonoides, ácidos fenólicos y otros compuestos activos, genera una acción tonificante y estimulante sobre el sistema nervioso, el circulatorio y el corazón lo que hacen que *Syzygium aromaticum* sea ampliamente estudiado y utilizado en medicina tradicional y moderna desarrollando una gran cantidad de aportaciones científicas que brindan amplia información de estas aplicaciones del clavo de olor (Rahnama et al., 2012).

2.1.1. Descripción taxonómica

El género *Syzygium* perteneciente a la familia Myrtaceae, tiene más de 1000 especies. Entre los más representativos de este género se encuentran el árbol de clavo (*S. aromaticum*), la pomarrosa (*S. jambos*) y la manzana malaya, (*S. malaccense*). Para el caso del clavo de olor su descripción taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrales

Familia: Myrtaceae

Género: *Syzygium*

Especie: *Syzygium aromaticum*

2.1.2. Distribución geográfica

Syzygium aromaticum (clavo de olor) es originario de la región tropical de Indonesia particularmente de las Islas Maluku y sus alrededores. Actualmente, por su importancia histórica para el comercio internacional, se cultiva en China, Haití, Kenia, Brasil, Malasia y así como zonas de Sudamérica y el Caribe. Esta planta crece en suelos típicos de climas cálidos, alto contenido de materia orgánica, ricos en hierro y baja presencia en sílice. Así mismo, crece en las laderas de las montañas tropicales a altitudes máximas de 200 metros sobre el nivel del mar (Singh et al., 2012).

En el Perú también se cultiva el clavo de olor siendo exportador a países de España, Reino Unido y Estados Unidos (Observatorio Económico de la Complejidad [OEC], 2023). La parte que se comercializa del árbol corresponde a los botones florales, los cuales empiezan a desarrollarse a los 4 años después de la plantación y la recolección de estos botones pueden realizarse de manera manual o mediante proceso química utilizando una fitohormona natural la cual libera etileno en el tejido vegetal, promoviendo así maduración acelerada del clavo de olor (Cortés-Rojas et al., 2014).

2.1.3. Propiedades medicinales

Desde la antigüedad, los pueblos han usado el clavo de olor como curativo y calmante, en la India cuando descubrieron esta planta las personas masticaban las flores para estimular la producción de saliva y favorecer la digestión de los pobladores (Ramírez, 2005).

La medicina ayurvédica, sistema tradicional de salud originario de la India y empleado durante milenios, sugiere el uso de clavos de olor para tratar diversas afecciones clínicas como

fiebre, problemas digestivos y alteraciones del cerebro, el riñón, el estómago, el bazo y los intestinos, así como fortalecer el corazón.

El aceite que se extrae de esta planta ha sido ampliamente investigado por la gran cantidad de eugenol que contiene para contrarrestar trastornos digestivos como la diarrea, además de ser anti mutagénico. Destaca su utilidad también como antiséptico, analgésico, antibacteriano, antifúngico, anestésico, anticancerígeno, antidiabético, antioxidante, antinflamatorio e insecticida (Kuete, 2017).

2.1.4. Componentes químicos

El clavo de olor presenta una composición variada, entre los principales se encuentra el eugenol (50 – 80%). También contiene acetato de eugenol, beta-cariofileno y sus óxidos entre el 5-12% (Vaca, 2013). Igualmente presenta ácidos fenólicos como el ácido gálico, flavonoides, taninos como la eugenina, triterpenos como el ácido oleanólico y esteroles como el estigmasterol. (Ver Tabla 1).

El eugenol es un compuesto fenólico que se encuentra en gran cantidad en el clavo de olor y es responsable de su característico aroma y sabor. Además de sus propiedades organolépticas, el eugenol ha demostrado tener numerosos beneficios para la salud, como sus propiedades anestésicas, hepatoprotectoras y vasos relajantes (Torres et al., 2018).

El eugenol se encuentra en el clavo de olor, la canela y otras plantas. Sus propiedades antimicrobianas han sido objeto de estudio y se ha demostrado su eficacia contra diversas especies bacterianas, incluyendo *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* (Herrera et al., 2006). En este contexto se cree que su capacidad para afectar a las bacterias Gramnegativas se debe a su interacción con la membrana plasmática y su capacidad para penetrar fácilmente en el citoplasma (Aguilar y López, 2013).

Una vez que el eugenol ingresa a las células bacterianas, provoca cambios en su estructura celular que pueden llevar a la fuga de componentes intracelulares, lo que finalmente

resulta en la muerte de la bacteria. Esta acción se atribuye en parte al grupo OH libre presente en la estructura del eugenol, que le confiere propiedades antimicrobianas. Una vez presente en las células, provoca cambios en su estructura celular que conducen a la fuga de componentes intracelulares (Ulanowska y Olas, 2021)

Tabla 1

Nombre y fórmula química de las moléculas bioactivas aisladas de S. aromaticum de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC)

Componentes	Nombre IUPAC	Formula química	Componen tes	Nombre IUPAC	Formula química
Eugenol	2-methoxy-4-prop-2-enylphenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Ácido galico	3,4,5-trihydroxybenzoic acid	C ₇ H ₆ O ₅
β Caryophyllene	(1R,4E,9S)-4,11,11-Trimethyl-8-methylidenebicyclo[7.2.0]undec-4-ene	C ₁₅ H ₂₄	Biflorina	5,7-dihydroxy-2-methyl-6-[(2S,3R,4R,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]chromen-4-one	C ₁₆ H ₁₈ O ₉
Vanilina	4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde	C ₈ H ₈ O ₃	Miricetina	3,5,7-Trihydroxy-2-(3,4,5-trihydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one	C ₁₅ H ₁₀ O ₈
Ácido crategolico	(4aS,6aS,6bR,12aR)-10,11-dihydroxy-2,2,6a,6b,9,9,12a-heptamethyl-1,3,4,5,6,6a,7,8,8a,10,11,12,13,14b-tetradecahydrodropicene-4a-carboxylic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	Campes terol	(3S,8S,9S,10R,13R,14S,17R)-17-[(2R,5R)-5,6-dimethylheptan-2-yl]-10,13-dimethyl-2,3,4,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydro-1H-cyclopenta[a]phenanthren-3-ol (3S,8S,9S,10R,13R,14S,17R)-17-[(E,2R,5S)-5-ethyl-6-methylhept-3-en-2-yl]-10,13-dimethyl-2,3,4,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydro-1H-cyclopenta[a]phenanthren-3-ol (3S,8S,9S,10R,13R,14S,17R)-17-[(E,2R,5S)-5-ethyl-6-methylhept-3-en-2-yl]-10,13-dimethyl-2,3,4,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydro-1H-cyclopenta[a]phenanthren-3-ol (3S,8S,9S,10R,13R,14S,17R)-17-[(E,2R,5S)-5-ethyl-6-methylhept-3-en-2-yl]-10,13-dimethyl-2,3,4,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydro-1H-cyclopenta[a]phenanthren-3-ol	C ₂₈ H ₄₈ O
Kaempferol	3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)chromen-4-one	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	Estigma sterol	(4aS,6aS,6bR,8aR,10S,12aR,12bR,14bS)-10-Hydroxy-2,2,6a,6b,9,9,12a-heptamethyl-1,3,4,5,6,6a,6b,7,8,8a,9,10,11,12,12a,12b,13,14b-octadecahydrodropicene-4a(2H)-carboxylic acid	C ₂₉ H ₄₈ O
Ramnetina	2-(3,4-Dihydroxyphenyl)-3,5-dihydroxy-7-methoxy-4H-1-benzopyran-4-one	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	Ácido oleanoli co	[(12R,14S,15R,16R,17R)-4,5,6,22,23,29,30-heptahydroxy-9,19,26-trioxo-14,15-bis[(3,4,5-	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
Eugenitina	5-Hydroxy-7-methoxy-2,6-dimethyl-4H-1-benzopyran-4-one	C ₁₂ H ₁₂ O ₄	Bicornino	14,15-bis[(3,4,5-	C ₄₈ H ₃₂ O ₃₀

					trihydroxybenzoyl)oxy]- 2,10,13,18,25- pentaoxahexacyclo[18.9.3.03,8. 012,17.024,32.027,31]dotriaco nta- 1(29),3,5,7,20,22,24(32),27,30- nonaen-16-yl] 3,4,5- trihydroxybenzoate	
Eugenina	5-Hydroxy-7-methoxy-2-methyl-4H-1-benzopyran-4-one	C11H10O ₄	Quercetina	2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromen-4-one	C15H10 O ₇	
Ácido elágico	6,7,13,14-tetrahydroxy-2,9-dioxatetracyclo[6.6.2.04,16.01,1,15]hexadeca-1(15),4,6,8(16),11,13-hexaene-3,10-dione	C14H ₆ O ₈	Carvacrol	2-Methyl-5-(propan-2-yl)benzenol	C10H ₁₄ O	

Nota. Tomado de “*Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities”, por Batiha et al., 2020, *Biomolecules*, 10(2).

2.2. *Salmonella* spp

Salmonella spp es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa, generalmente móvil, no formadora de esporas y negativo para la prueba de oxidasa, está presente habitualmente en el tracto intestinal de personas y animales sanos. Pertenece a la familia Enterobacteriaceae y se clasifica en dos especies: *Salmonella enterica* y *Salmonella bongori* (Sanderson y Nair, 2013). La especie *S. enterica* es la especie más común que infecta a humanos y animales representando la especie de mayor patogenicidad, a diferencia de *S. bongori* que se encuentra principalmente en animales de sangre fría como anfibios y reptiles siendo considerado un menor riesgo en la salud pública (Scherer y Miller, 2001).

El contagio por *Salmonella* ocurre principalmente por contacto con heces de animales portadores y por consumir alimentos o agua contaminados (Alfaro-Mora, 2018) Esta bacteria tiene la capacidad de sobrevivir al PH ácido del estómago colonizando el intestino delgado y provocar una infección localizada. Sus principales manifestaciones clínicas son:

gastroenteritis, bacteriemia, fiebre entérica y diversas infecciones localizadas (Gray y Fedorka-Cray, 2002).

En nuestro país, desde hace 5 décadas se realiza la vigilancia de *Salmonella* spp mediante el análisis de aislados provenientes de humanos, animales, alimentos y el ambiente. Esta labor es realizada por el Laboratorio de Referencia Nacional de Enteropatógenos (EPT) que forma parte del Centro Nacional de Salud Pública del Instituto Nacional de Salud (INS, 2022).

En un estudio peruano, se realizó la revisión de 70 casos de salmonelosis invasiva provenientes de cultivos positivos procesados del 2013-2017 en el Laboratorio de Microbiología del Hospital Cayetano Heredia. El grupo etario con mayor contagio fueron los niños de 0-4 años (14.3%) y mayores de 65 años (24.3%). Al diferenciar el tipo de *Salmonella* spp, la mayoría fue identificada como *Salmonella* no tifoidea (SNT) (85.7%), seguido de *S. Typhi* (12.9%) (Parra-Payano et al., 2019).

2.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria Gram negativa, no forma esporas, anaerobio facultativo, móvil, catalasa y oxidasa positivo, productora de vitamina B y K. Habita en el microbiota de humanos y animales de sangre caliente (Martinson et al., 2020). Es uno de los patógenos responsables de desarrollo de infecciones urinarias y también infecciones intestinales en la población, no solo por su alta prevalencia sino también por su resistencia a amplia gama de fármacos (Kot, 2019). El contagio ocurre por consumir alimentos contaminados, tomar agua contaminada o estar en contacto con animales infectados (Hernández-Vásquez et al., 2022).

Se ha identificado 6 variantes patógenas de *Escherichia coli*, que afectan el tracto intestinal y se clasifican según los síntomas clínicos que generan y de los mecanismos de virulencia que presentan (Ramos et al., 2020). Estas incluyen: *E. coli* productora de toxina

Shiga (STEC), *E. coli* enterotoxigenica (ETEC), *E. coli* enteropatogena (EPEC), *E. coli* entero invasiva (EIEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) y *E. coli* de adherencia difusa (DAEC). Estas cepas dan lugar a enfermedades y afecciones que resultan en diversas manifestaciones clínicas que incluyen diarrea (Spears et al., 2006).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que se analizó el efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* frente a los cultivos de *Salmonella* spp y *Escherichia coli*. A través de la evaluación de su actividad inhibitoria. Es también experimental, dado que se realizaron pruebas en laboratorio empleando el método de difusión en agar utilizando diferentes concentraciones del extracto etanólico para determinar su impacto sobre cultivos de las bacterias estudiadas. Igualmente constituye también una investigación transversal, ya que la recolección de datos se llevó a cabo en un solo periodo de tiempo. Finalmente, también es aplicada, ya que los resultados obtenidos podrían contribuir al desarrollo de alternativas terapéuticas a base de compuestos naturales con potencial uso en la salud pública para el control de infecciones bacterianas.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo se desarrolló durante los meses de enero a mayo 2025 en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). El clavo de olor utilizado para la investigación fue adquirido en el mercado de Atarjea, ubicado en el distrito del Agustino. Las cepas de *Salmonella* spp y *Escherichia coli* fueron proporcionadas por el laboratorio de biotecnología.

3.3. Variables

3.3.1. Variable dependiente

Salmonella spp y *Escherichia coli*

3.3.2. Variable Independiente

Extracto etanólico de *Syzygium aromaticum*

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población se definirá como cepas de *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

3.4.2. Muestra

La muestra está constituida por 2 cepas de enterobacterias las cuales fueron proporcionadas por el laboratorio de Biotecnología de la UNFV.

3.5. Instrumentos

En esta investigación se utilizaron como instrumentos las medidas del halo inhibitorio generados a diferentes concentraciones del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* frente a los cultivos de *Salmonella* spp y *Escherichia coli*. Los resultados obtenidos fueron anotados en una ficha de recolección de datos (Ver Anexo A).

3.6. Procedimiento

La planta en estudio, *Syzygium aromaticum* (clavo de olor), fue adquirida en el mercado Atarjea, ubicado en el distrito de El Agustino. Posteriormente, se trasladó al laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). El clavo de olor fue lavado con agua destilada y conservado a temperatura ambiente en un envase estéril hasta su utilización.

Para la preparación del extracto etanólico, se pesaron 5 gramos de clavo de olor y se le añadieron 5 ml de alcohol etílico al 70 %. Después, la mezcla se trituró con ayuda de un mortero hasta obtener una pasta homogénea. Luego, el homogenizado fue filtrado tres veces utilizando una gasa estéril y papel filtro Whatman N. ° 4. Finalmente, el extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* fue conservado en viales estériles a una temperatura de 4 °C durante siete días (Carrión y García, 2010).

Posteriormente, se prepararon tres diluciones del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (25 %, 50 % y 100 %), las cuales fueron almacenadas en viales estériles y

conservadas bajo refrigeración a 4 °C hasta su uso en los pocillos para evaluar el efecto antimicrobiano frente a *Salmonella* spp y *Escherichia coli*.

Para la preparación del inóculo, se tomaron colonias de *Salmonella* spp y *Escherichia coli* con un hisopo estéril y se sumergieron en tubos de ensayo que contenían 3 ml de agua destilada estéril, respectivamente, estandarizando la turbidez a 0.5 en la escala de McFarland.

Para la evaluación antimicrobiana, se utilizó el método de difusión en Agar Mueller-Hinton, sumergiendo un hisopo estéril en el inóculo estandarizado de *Salmonella* spp y *Escherichia coli* y realizando luego la inoculación por estriado sobre la superficie de las placas de agar, cubriendo toda su extensión de manera uniforme (Gamboa y Figueroa, 2009).

Paso seguido, en cada placa se realizaron manualmente con ayuda de un tubo de ensayo estéril, dos pocillos de 10 mm de diámetro, en los cuales se añadieron 200 µL de cada dilución del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (control positivo) y 200 µL de alcohol al 70 % (control negativo). Posteriormente, las placas fueron llevadas a la incubadora a 37°C durante 18 horas, para luego retirarlas de la incubadora y medir los halos de inhibición con una regla milimetrada, expresando los resultados en función del diámetro total del halo de inhibición alrededor de cada pocillo. La evaluación se llevó a cabo en tres repeticiones y los resultados se expresaron como el promedio de las mediciones registradas (Araujo y Salas, 2009).

3.7. Análisis de datos

Los datos recolectados, correspondientes a las mediciones de los halos de inhibición obtenidas fueron registradas inicialmente en una hoja de cálculo de Excel, para posteriormente ser analizadas mediante el software estadístico SPSS y presentadas a través de tablas y gráficos.

3.8. Consideraciones éticas

No se requiere una aprobación ética para el uso de extractos vegetales en este estudio. Además, todos los procedimientos se realizaron siguiendo las normativas y directrices pertinentes relacionadas con el análisis microbiológico y la evaluación de compuestos naturales

con actividad antimicrobiana. Igualmente, se garantizó el manejo adecuado de los microorganismos involucrados, cumpliendo con las normas de bioseguridad establecidas en el laboratorio para prevenir riesgos a la salud humana. Se respetaron las recomendaciones establecidas por las guías internacionales para el manejo de compuestos naturales con actividad biológica (WHO, 2004) y las normas de bioseguridad para el trabajo con microorganismos (CDC, 2020).

IV. RESULTADOS

La interacción entre las diferentes concentraciones del extracto etanólico de clavo de olor y el tamaño del halo de inhibición en las cepas de *Salmonella* spp y *Escherichia coli* evidencia una relación directa: conforme aumenta la concentración del extracto, también se observa un incremento en el diámetro del halo inhibitorio (ver Tabla 2 y Tabla 3). Las diluciones del extracto al 25%, 50% y 100% demuestran que, a mayor concentración, mayor es la eficacia antimicrobiana, lo que confirma el efecto inhibitorio del extracto frente a ambas cepas bacterianas.

Tabla 2

Actividad antimicrobiana del extracto etanólico de Syzygium aromaticum a distintas concentraciones frente a Salmonella spp

Concentración del extracto	Diámetro del halo de inhibición (mm) en <i>Salmonella</i> spp			
	Placa Nº1	Placa Nº2	Placa Nº3	Promedio (mm)
25%	15	15	14	14.93
50%	16	17	16	16.27
100%	18	17	18	17.67

Nota. Para *Salmonella* spp, la concentración del extracto etanólico de clavo de olor al 25% presentó un halo de inhibición con un diámetro máximo de 15 mm y mínimo de 14 mm. A una concentración del 50%, se observó un halo máximo de 17 mm y mínimo de 16 mm. Finalmente, con el extracto al 100%, el halo de inhibición alcanzó un diámetro máximo de 18 mm y mínimo de 17 mm.

Tabla 3

Actividad antimicrobiana del extracto etanólico de Syzygium aromaticum a distintas concentraciones frente a Escherichia coli

Concentración del extracto	Diámetro del halo de inhibición (mm) en <i>Escherichia coli</i>			
	Placa Nº1	Placa Nº2	Placa Nº3	Promedio (mm)
25%	13	12	12	12.33
50%	14	13	13	13.27
100%	14	15	15	14.73

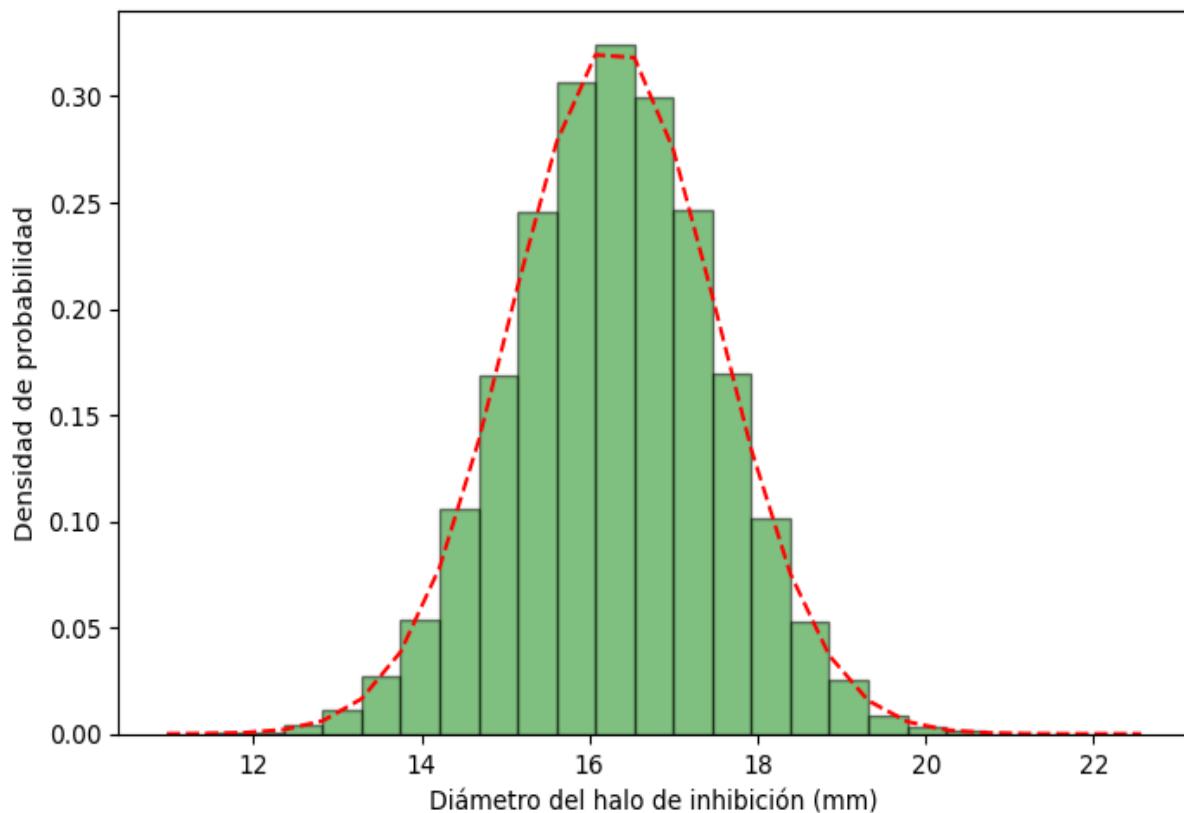
Nota. Para *Escherichia coli*, la concentración del extracto etanólico de clavo de olor al 25% presentó un halo de inhibición con un diámetro máximo de 13 mm y mínimo de 12 mm. A una concentración del 50%, se observó un halo máximo de 14 mm y mínimo de 13 mm. Finalmente, con el extracto al 100%, el diámetro del halo de inhibición fue de 15 mm como máximo y 14 mm como mínimo.

En los resultados obtenidos, se puede observar en la Figura 1 una curva con forma de campana de Gauss, la cual indica una distribución normal. Esto sugiere que los datos están distribuidos simétricamente alrededor de un valor central, que en este caso se encuentra aproximadamente en un rango de 16 mm.

Por otro lado, en la Figura 2, el gráfico de barras muestra que, al aumentar la concentración del compuesto, el halo de inhibición frente a *Salmonella* spp también incrementa. A una concentración del 25%, todas las placas presentan un halo uniforme de 15 mm. En las concentraciones del 50% y 100%, los halos varían ligeramente entre placas, alcanzando hasta 18 mm. Estos resultados evidencian una relación positiva entre la concentración del compuesto y su eficacia antimicrobiana.

Figura 1

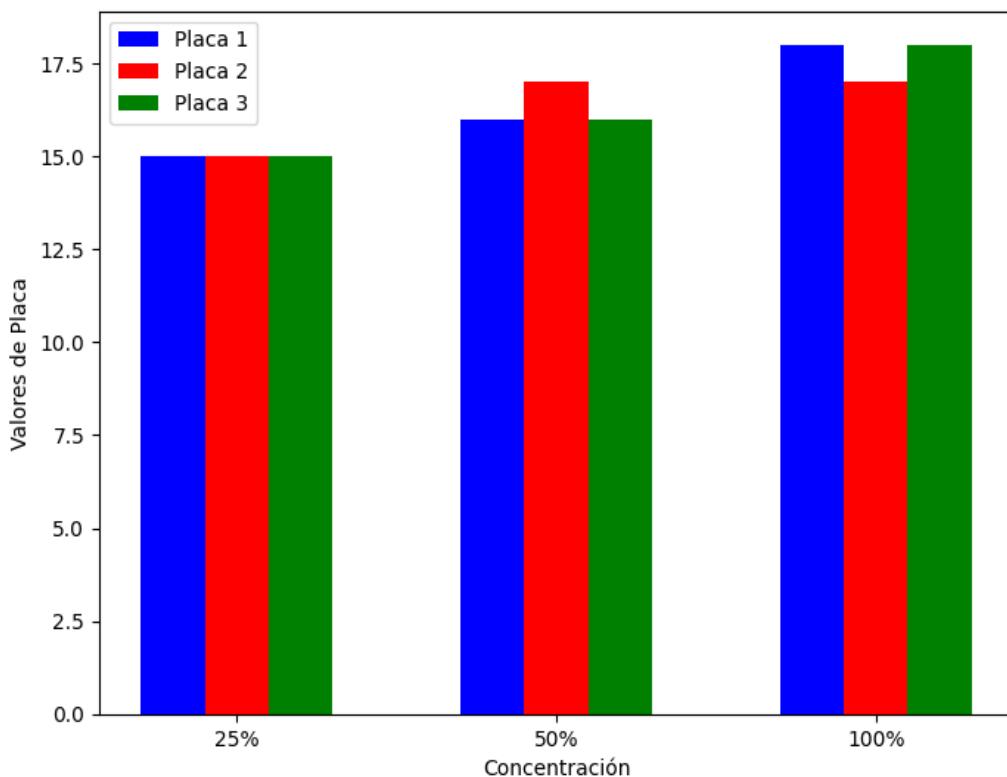
*Campana de Gauss del halo de inhibición en *Salmonella* spp*



Nota. El gráfico sugiere que el efecto antimicrobiano del extracto presenta un comportamiento consistente y predecible, con pocos valores extremos y una buena homogeneidad en los datos.

Figura 2

*Evaluación de concentración por placa en *Salmonella spp**



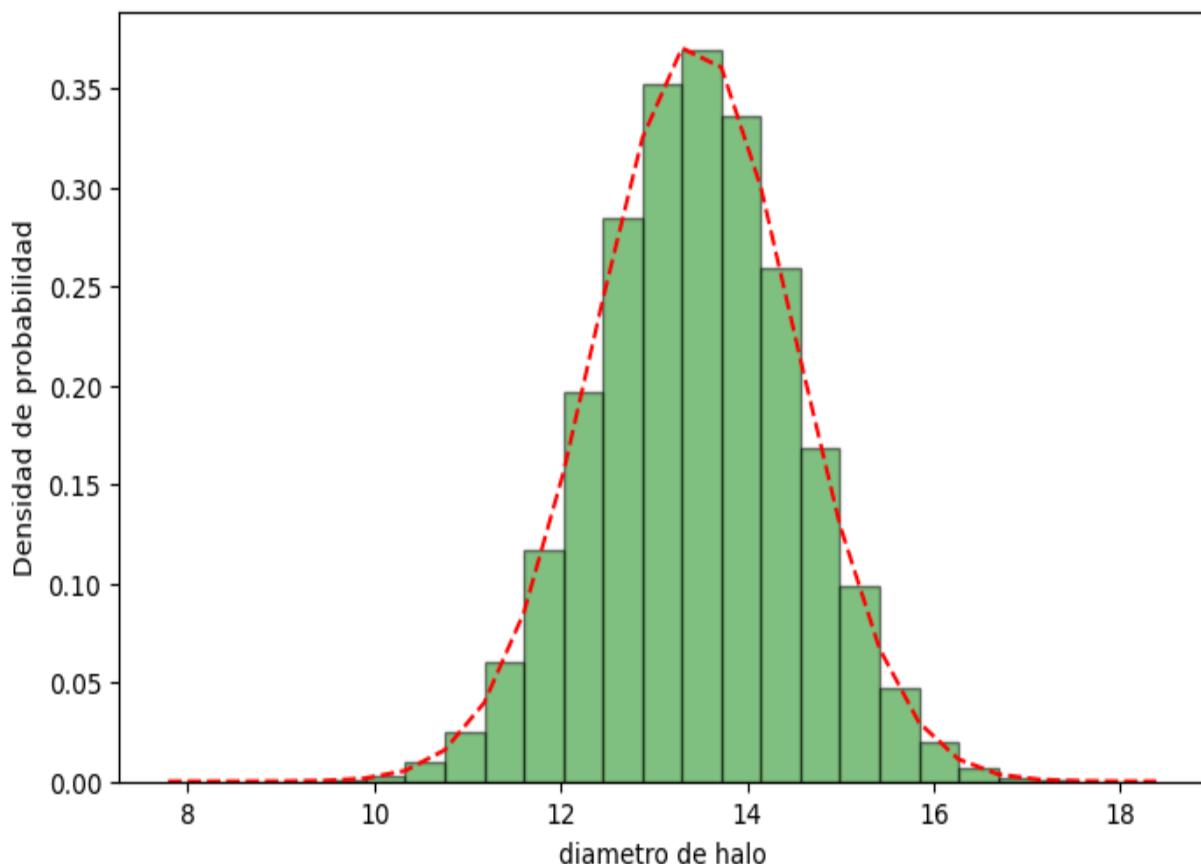
Nota. El gráfico evidencia un efecto antimicrobiano creciente del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* sobre *Salmonella spp* en las distintas concentraciones (25%, 50% y 100%). Un halo de inhibición de mayor tamaño se correlaciona directamente con el aumento de la concentración del extracto.

En la Figura 3 se muestra el gráfico de Gauss correspondiente a *Escherichia coli*, donde la distribución de frecuencias del diámetro de los halos de inhibición, junto con una curva de densidad ajustada, muestra un patrón de distribución normal. La forma simétrica del histograma y la curva indican que la mayoría de los diámetros se agrupan en torno a un valor central, entre 13 y 14 mm. Por otro lado, en la Figura 4 se aprecia que el mayor efecto inhibitorio se presenta con la concentración del extracto etanólico al 100%, mientras que el

menor efecto se observa con el extracto al 25%. Esto evidencia que la acción inhibitoria es directamente proporcional a la concentración del extracto.

Figura 3

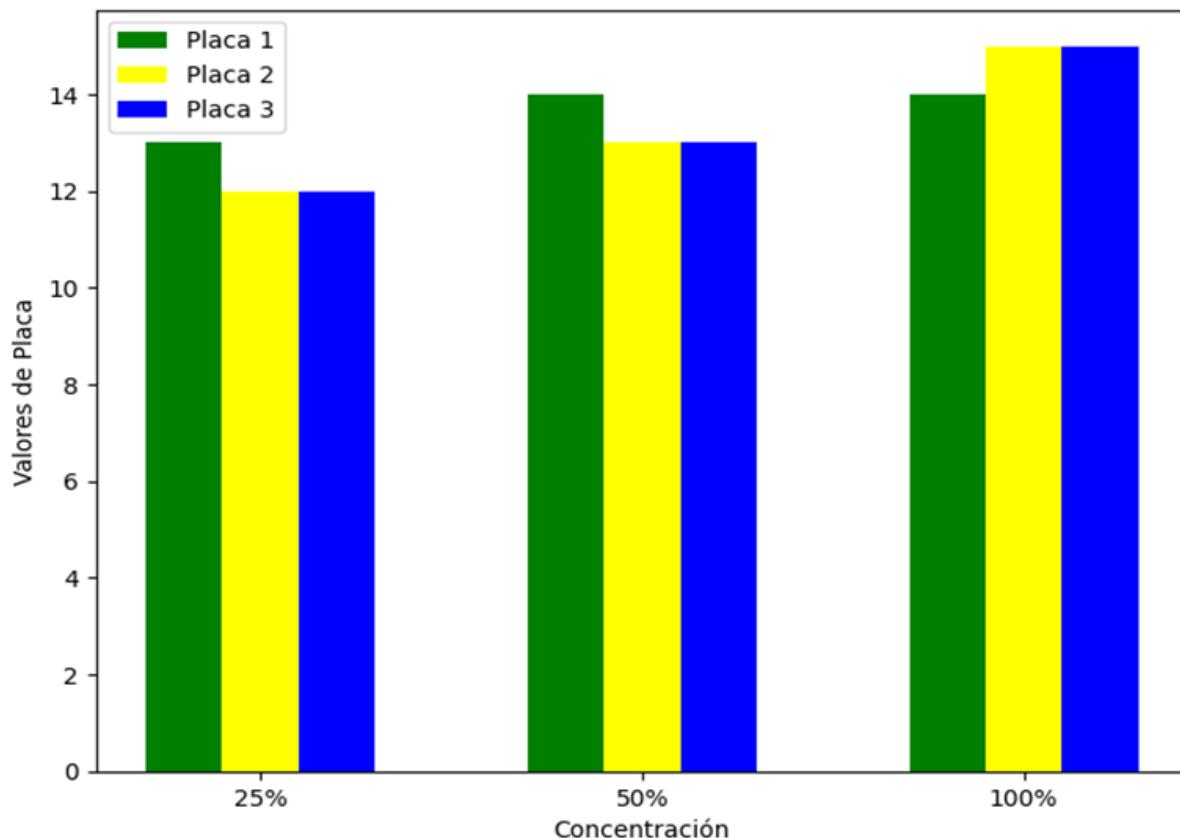
Campana de Gauss del halo de inhibición en Escherichia coli



Nota. Los datos se distribuyen principalmente entre 11 mm y 15 mm, con pocos valores fuera de este rango. La simetría sugiere que no hay sesgos en las mediciones. Esto implica que las mediciones siguen una tendencia esperada en condiciones normales.

Figura 4

Evaluación de concentración por placa en Escherichia coli



Nota. El gráfico muestra el efecto inhibitorio del extracto etanólico sobre *Escherichia coli* en tres concentraciones: 25%, 50% y 100%. A menor concentración (25%), los halos de inhibición fueron más pequeños, entre 12 y 13 mm. Al aumentar la concentración al 50%, los halos crecieron, alcanzando entre 13 y 14 mm. En la concentración al 100%, se observó el mayor efecto, con halos de hasta 15 mm.

En la Figura 5 podemos observar un modelo lineal. Los puntos circulares indican los datos experimentales obtenidos, y las líneas discontinuas representan el ajuste del modelo lineal a dichos datos. Para *Salmonella*, el modelo presenta un coeficiente de determinación $R^2 = 0.64$, lo que indica una correlación moderada entre la concentración del extracto y el halo de inhibición. Por otro lado, *E. coli* presenta un ajuste perfecto con $R^2 = 1.00$, lo cual sugiere una relación lineal fuerte y directa.

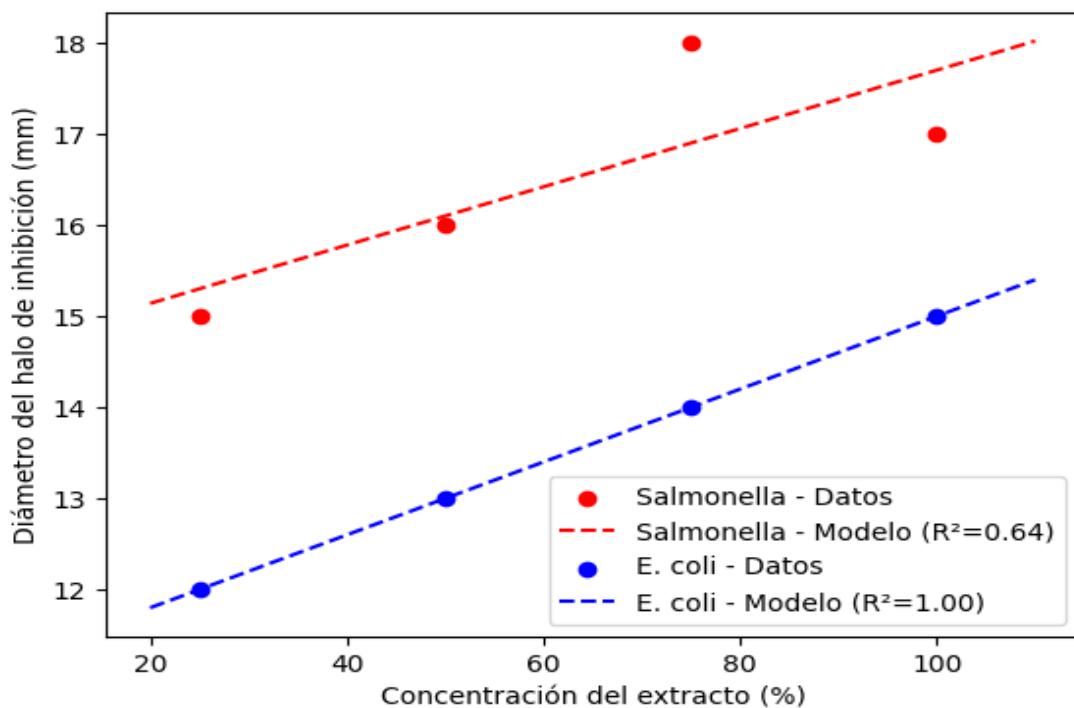
En la Tabla 4 se aplicó la prueba t de Student para comparar si había diferencias significativas entre los tamaños de los halos de inhibición generados por el extracto de *Syzygium aromaticum* frente a *Salmonella* y *E. coli*. El valor calculado del estadístico t fue de 3.2863 y el valor p asociado fue 0.0167. Esto significa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los halos de inhibición producidos por el extracto en *Salmonella* sp y *E. coli*.

En la Tabla 5 se realizó la prueba del tamaño del efecto (Cohen's d). Al tener un valor superior a 2, se confirma que la diferencia en los halos de inhibición entre *Salmonella* y *E. coli* no solo es estadísticamente significativa (como mostró el valor p), sino también prácticamente relevante. Este valor sugiere que el extracto vegetal produce una diferencia muy marcada en la inhibición del crecimiento entre las dos bacterias. *Salmonella* muestra una mayor sensibilidad al extracto en comparación con *E. coli*, lo cual puede estar relacionado con diferencias en sus estructuras de membrana, mecanismos de resistencia o afinidad al compuesto activo del extracto.

En la Tabla 6 se puede observar una prueba de ANOVA, la cual indica que las concentraciones del extracto podrían estar influyendo en la actividad antimicrobiana. Este valor cercano al límite sugiere que la concentración sí podría tener un efecto en el halo de inhibición, lo cual concuerda con la tendencia observada en el modelo lineal del gráfico.

Figura 5

Análisis comparativo del modelo lineal de inhibición bacteriana de Syzygium aromaticum frente a Salmonella y E. coli



Nota. Se observa que Salmonella presenta halos de inhibición mayores en todas las concentraciones, lo cual podría indicar una mayor sensibilidad inicial frente al extracto. Sin embargo, E. coli muestra un aumento más predecible y proporcional del halo de inhibición

Tabla 4

Prueba t student

Prueba t de Student:	
Estadístico t	3.2863
p-value	0.0167

Nota. Se obtuvo un valor de p=0.01 Se obtuvo un valor de p=0.016, un valor menor a 0.05 lo cual indica existe diferencia significativa y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 5

Medida del tamaño del efecto del extracto vegetal sobre el halo de inhibición en Salmonella y E. coli

Tamaño del efecto (Cohen's d)	2.2029
-------------------------------	--------

Nota. El tamaño del efecto es una medida estadística que cuantifica la magnitud de la diferencia entre dos grupos. En este caso, se obtuvo un valor de Cohen's d = 2.2029, lo que indica un efecto extremadamente grande.

Tabla 6

Prueba de ANOVA

ANOVA	
F	7.28
p	0.054

Nota. El valor de F = 7.28 indica que hay variabilidad entre los grupos (concentraciones) mayor que la variabilidad dentro de los grupos. Sin embargo, el valor p = 0.054 está ligeramente por encima del umbral común de significancia estadística ($\alpha = 0.05$)

V. DISCUSION DE RESULTADOS

En la actualidad se ha incrementado la búsqueda de nuevas alternativas de tratamientos contra enfermedades bacterianas y la resistencia a los antibióticos causados por uso indiscriminado. Una de las alternativas más estudiadas es el uso de plantas medicinales por sus conocidas propiedades antimicrobianas (Aguilar y López, 2013).

En el presente estudio se determinó el efecto antimicrobiano mediante el uso de extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) frente a cepas de *Salmonella* spp y *Escherichia coli*, en lo cual se pudo confirmar que el extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* presenta actividad inhibitoria contra ambas cepas. Así mismo, se pudo determinar que los diámetros de halos de inhibición son directamente proporcionales a las concentraciones del extracto etanólico que se realizaron al 25%, 50% y 100%, obteniendo promedios de halos de inhibición de 15mm, 16 mm y 18mm en el caso de *Salmonella* spp. y promedios de halos de inhibición de 12mm, 13mm y 15 mm en el caso de *Escherichia coli*. Estos resultados se asemejan al trabajo de Romero y Villegas (2017) quienes analizaron la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de clavo de olor contra *S. aureus*. Su estudio, que empleó el método de difusión en agar, encontró que una concentración del 100% del extracto presentó un halo de inhibición promedio de 13 mm.

Pastrana et al. (2017) llevaron a cabo un estudio para evaluar la actividad antibacteriana del clavo de olor y la canela contra cepas de *Salmonella* spp, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, utilizando el método de difusión en agar. En su investigación, no se observó efecto antimicrobiano sobre *Salmonella* spp a ninguna concentración. Sin embargo, tanto *E. coli* como *S. aureus* mostraron sensibilidad a concentraciones de 50% y 100% de los extractos, evidenciando un efecto antibacteriano en estas cepas.

Solorzano (2023) analizó el efecto inhibitorio del aceite esencial de clavo de olor a concentraciones del 50%, 75% y 100% sobre cepas de *Escherichia coli*. Los resultados

mostraron halos de inhibición promedio de 18 mm, 20 mm y 23 mm respectivamente, evidenciando que el incremento en la concentración del extracto del aceite se asocia con un mayor tamaño del halo de inhibición. Estos hallazgos son consistentes con los observados en el presente estudio.

Arévalo y Suarez (2022) llevaron a cabo un estudio in vitro utilizando extracto etanólico de botones florales de *Syzygium aromaticum* a concentraciones del 5%, 25% y 75%. Los resultados demostraron que dicho extracto exhibe actividad antibacteriana contra *Salmonella enterica*, con zonas de inhibición promedio de 7 mm, 9 mm y 13 mm para cada concentración respectivamente. Además, el análisis estadístico mostró un valor $p<0.05$, lo que indica diferencias significativas entre las variables estudiadas, resultados que son consistentes con los obtenidos en el presente trabajo.

Según Hernández et al. (2014) sostienen que en los estudios que emplean el método de difusión en agar es determinante considerar factores como el diámetro del disco, concentración de microorganismos, concentración del extracto y cantidad del aceite esencial adicionado, ya que cualquier alteración de estos factores puede generar variaciones en los resultados y diferencias significativas con los datos previos reportados en literatura.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Se evaluó el efecto antimicrobiano del extracto etanólico de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) contra las bacterias *Salmonella* spp y *Escherichia coli*, utilizando el método de difusión en agar. Los resultados revelaron que ambas cepas fueron susceptibles al extracto. *Salmonella* spp mostró halos de inhibición de 15 mm, 16 mm y 18 mm a concentraciones del 25%, 50% y 100%, respectivamente. Para *Escherichia coli*, los halos observados fueron de 12 mm, 13 mm y 15 mm a las mismas concentraciones.
- ✓ El efecto antimicrobiano fue mayor en *Salmonella* spp, ya que presentó medidas de halo de inhibición mayores y directamente proporcionales a la concentración del extracto, por lo que se puede concluir que *Salmonella* presenta mayor sensibilidad en comparación con *Escherichia coli*.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere profundizar en investigaciones que permitan identificar el metabolito responsable del efecto antimicrobiano de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor).
- ✓ Se recomienda repetir el presente estudio empleando más concentraciones del extracto etanólico y evaluarlo frente a otros microorganismos de relevancia clínica.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilar, A., y López, A. (2013). *Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos.* Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 35–41.
- Alfaro-Mora, R. (2018). Aspectos relevantes sobre *Salmonella* sp en humanos. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 34(3), 110–122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252018000300012
- Araujo, J., y Salas, R. (2009). *Actividad antimicrobiana del extracto crudo de la vaina de Caesalpinia spinosa “tara” frente a *Staphylococcus aureus** [Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Sur].
- Arévalo, F., y Suárez, N. (2022). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de los botones florales de *Syzygium aromaticum* L. Merr. y L.M. Perry (clavo de olor) sobre *Salmonella enterica* subespecie *enterica* ATCC 51741* [Tesis de licenciatura, Universidad María Auxiliadora].
- Avello, M., y Cisternas, I. (2010). Fitoterapia, sus orígenes, características y situación en Chile. *Revista Médica de Chile*, 138(10), 1288–1293. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872010001100014>
- Batiha, G. E., Alkazmi, L. M., Wasef, L. G., Beshbishi, A. M., Nadwa, E. H., y Rashwan, E. K. (2020). *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities. *Biomolecules*, 10(2), 202. <https://doi.org/10.3390/biom10020202>
- Carrión, V., y García, R. (2010). *Preparación de extractos vegetales: Determinación de eficiencia metódica.* <https://bit.ly/2ZMnV9g>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2019). *Salmonella*. U.S. Department of Health y Human Service. <https://www.cdc.gov/salmonella/index.html>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (BMBL)* (6th ed.). U.S. Department of Health and Human Services.

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de enfermedades. (2019). *Boletín epidemiológico del Perú*. Ministerio de Salud. Lima, Perú.

Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabchia, M., Mahdouani, K., y Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): A short review. *Phytotherapy Research: PTR*, 21(6), 501–506. <https://doi.org/10.1002/ptr.2124>

Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R., y Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): A precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 90–96. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X)

Dixon, R. A. (2001). Natural products and plant disease resistance. *Nature*, 411, 843–847.

Espín, D. A. (2019). *Efecto inhibitorio del aceite esencial de Eucalyptus globulus (eucalipto) vs Syzygium aromaticum (clavo de olor) sobre cepas de Streptococcus mutans* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20518/1/T-UCE-0015-ODO-288.pdf>

Gamboa, V., y Figueroa, J. (2009). Poder antibacterial de mieles de *Tetragonisca angustula*, valorada por concentración mínima inhibitoria. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 97–106.

Gray, J. T., y Fedorka-Cray, P. J. (2002). *Salmonella*. En D. O. Cliver y H. P. Riemann (Eds.), *Foodborne diseases* (pp. 55–68). Academic Press.

Gupta, C., Garg, A. P., Uniyal, R. C., y Gupta, S. (2009). Comparison of antimicrobial activities of clove oil and its extract on some food borne microbes. *The Internet Journal of Microbiology*, 7(1). <http://ispub.com/IJMB/7/1/13649>

- Hall, V., Rocha, M., y Rodríguez, E. (2002). *Plantas medicinales* (Vol. II). Centro de Información de Medicamentos, Universidad de Costa Rica.
- Hernández-Ochoa, L., Aguirre-Prieto, y B., Nevárez-Moorillón, G. V., Gutiérrez-Méndez, N., Y Salas-Muñoz, E. (2014). Use of essential oils and extracts from spices in meat protection. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 957–963.
- Hernández-Vásquez, A., Visconti-López, F. J., y Vargas-Fernández, R. (2022). *Escherichia coli* contamination of water for human consumption and its associated factors in Peru: A cross-sectional study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(1), 187–194. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0240>
- Herrera Arias, F. C., y García-Rico, R. (2006). Evaluación *in vitro* del efecto bactericida de extractos acuosos de laurel, clavo, canela y tomillo sobre cinco cepas bacterianas patógenas de origen alimentario. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 4(2), 13–19.
- Hohmann, E. L. (2010). Approach to the patient with nontyphoidal *Salmonella* in a stool culture. En B. D. Rose (Ed.), *UpToDate*. UpToDate.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2022). *Laboratorio Nacional de Referencia de Enteropatógenos*. Centro Nacional de Salud Pública del Instituto Nacional de Salud.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2024). *Expertos del INS alertan del riesgo de adquirir Escherichia coli en alimentos y vegetales mal lavados y desinfectados inadecuadamente*. Centro Nacional de Salud Pública del Instituto Nacional de Salud.
- Kot, B. (2019). Antibiotic resistance among uropathogenic *Escherichia coli*. *Polish Journal of Microbiology*, 68(4), 403–415.
- Kuete, V. (2017). *Medicinal spices and vegetables from Africa*. Elsevier.

- Martinson, J. N. V., y Walk, S. T. (2020). *Escherichia coli* residency in the gut of healthy human adults. *EcoSal Plus*, 9(1), Article ESP-0003-2020. <https://doi.org/10.1128/ecosalplus.ESP-0003-2020>
- Mostafa, A. A., Al-Askar, A. A., Almaary, K. S., Dawoud, T. M., Sholkamy, E. N., y Bakri, M. M. (2018). Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 361–366.
- Negi, P. (2012). Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. *International Journal of Food Microbiology*, 156(1), 7-17.
- Nonsee K, Supitchaya C, Thawien W. (2011). Antimicrobial activity and the properties of edible hydroxypropyl methylcellulose-based films incorporated with encapsulated clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.) oil. Department of Material Product Technology. *Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112, Thailand*
- O’Ryan, M., Prado, V., y Pickering, L. K. (2005). A millennium update on pediatric diarrheal illness in the developing world. *Seminars in Pediatric Infectious Diseases*.
- Observatorio Económico de la Complejidad (OEC). (2023). *Clavos de olor en Perú (HS4.09.07)*.
- Ochoa, T. J., Ecker, L., Barletta, F., Mispirreta, M., Gil, A., Contreras, C., Molina, M., Amemiya, I., Verastegui, H., Hall, E. R., Cleary, T. G., y Lanata, C. F. (2009). Age-related susceptibility to infection with diarrheagenic *Escherichia coli* in infants from periurban areas in Lima, Peru. *Clinical Infectious Diseases*.
- Organización Mundial de la Salud. (OMS). (2022). *Partes sobre brotes epidémicos: Brote multinacional de *Salmonella typhimurium* vinculado a productos de chocolate – Europa y Estados Unidos de América*. <https://www.who.int/emergencies/diseases-outbreak-news/item/2022-DON369>

- Parra-Payano, Valeria D., Rondón-Paz, Claudia R., y García, Coralith. (2019). Salmonelosis invasiva en un hospital de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 36(3), 464-468. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.363.4330>
- Pastrana, Y., Durango, A., y Acevedo, D. (2017). Efecto antimicrobiano del clavo y la canela sobre patógenos. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000100007
- Pastrana-Puche, Yenis Ibeth, Paula, Claudia Denise De, Y Gallo-García, Luis Alberto. (2017). Evaluación de sustancias antimicrobianas naturales en la conservación de avena sinuana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 321-334. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:634
- Pimentel Ramirez, Erika, Castillo Andamayo, Diana, Quintana Del Solar, Maurtua Torres, Dora, Villegas Vílchez, León, y Díaz Santisteban, Camilo. (2015). Efecto antibacteriano de extractos etanólicos de plantas utilizadas en las tradiciones culinarias andinas sobre microorganismos de la cavidad bucal. *Revista Estomatológica Herediana*, 25(4), 268-277.
- Quino, W., Caro-Castro, J., Mestanza, O., Hurtado, C. V., Zamudio, M. L., y Gavilan, R. G. (2020). Phylogenetic structure of *Salmonella Enteritidis* provides context for a foodborne outbreak in Peru. *Scientific Reports*, 10(1), 22080. <https://doi.org/10.1038/S41598-020-78808->
- Rahnama, M., Najimi, M., y Ali, S. (2012). Antibacterial effects of *Myristica fragrans*, *Zataria multiflora* Boiss, *Syzygium aromaticum*, and *Zingiber officinale* Rosci essential oils, alone and in combination with nisin on *Listeria monocytogenes*. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 1313–1316.

- Ramírez, M. (2005). El milagro de las plantas: *Aplicaciones medicinales y orofaríngeas* (p. 188). Editorial San Pablo.
- Ramos, S., Silva, V., Dapkevicius, M. L. E., Caniça, M., Tejedor-Junco, M. T., Igrejas, G., y Poeta, P. (2020). *Escherichia coli* as commensal and pathogenic bacteria among food-producing animals: Health implications of extended-spectrum β -lactamase (ESBL) production. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(12), 2239. <https://doi.org/10.3390/ani10122239>
- Romero Flores, J. E., y Villegas Manay, E. S. V. M. (2017). Efecto inhibitorio in vitro de extractos etanólicos de la cáscara de *Punica granatum* “granada” y *Syzygium aromaticum* “clavo de olor” sobre *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Vibrio cholerae*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Sanderson, K. E., y Nair, S. (2013). Taxonomy and species concepts in the genus *Salmonella*. In P. Barrow Y U. Methner (Eds.), *Salmonella in domestic animals* (pp. 1–19). Wallingford: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845939021.0001>
- Scherer, C. A., y Miller, S. I. (2001). Molecular pathogenesis of *Salmonellae*. En E. A. Groisman (Ed.), *Principles of bacterial pathogenesis* (pp. 265–316). Academic Press.
- Sethi, S., Dutta, A., Gupta, B. L., y Gupta, S. (2013). Antimicrobial activity of spices against isolated foodborne pathogens. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 260–262.
- Singh, J., Baghotia, A., y Goel, S. P. (2012). *Eugenia caryophyllata Thunberg* (Family Myrtaceae): A review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3, 1469–1475.
- Solorzano, E. (2023). *Actividad bactericida del aceite esencial de clavo de olor (Syzygium aromaticum) versus nitrofurantoína sobre cepas de Escherichia coli* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].

- Spears, K. J., Roe, A. J., y Gally, D. L. (2006). A comparison of enteropathogenic and enterohaemorrhagic *Escherichia coli* pathogenesis. *FEMS microbiology letters*, 255(2), 187–202. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2006.00119.x>
- Torres, G., Muñoz, O., Álvarez, E., Núñez, J., Wall, A., Sáyago, S., y De la Rosa, L. (2018). Optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (*Pimpinella anisum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 103–115. <https://www.meditgraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb2018/cqb182d.pdf>
- Ulanowska, M., y Olas, B. (2021). Biological properties and prospects for the application of eugenol—A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3671. <https://doi.org/10.3390/ijms22073671>
- Vaca, V. (2013). *Estudio de la aplicación de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) para optimizar la calidad microbiológica y sensorial de cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (*Brassica oleracea var. capitata cv. bronco*), colorada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), lechuga iceberg tipo salinas (*Lactuca sativa var. capitata*) y espinaca (*Spinacia oleracea L.*)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8418/1/AL%20529.pdf>
- Valderrama, W., Pastor, J., Mantilla, J., y Ortiz, M. (2014). *Estudio de prevalencia de serotipos de *Salmonella* en granjas avícolas tecnificadas en el Perú*. SENASA.
- Wen, L., Haddad, M., Fernández, I., Espinoza, G., Ruiz, C., Neyra, E., Bustamante, B., y Rojas, R. (2011). Actividad antifúngica de cuatro plantas usadas en la medicina tradicional peruana: aislamiento de 3'-formil-2',4',6'-trihidroxidihidrochalcona, principio activo de *Psidium acutangulum*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 199–204.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000300005&lng=es&tlang=es

World Health Organization (WHO). (2004). *Guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants*. World Health Organization.

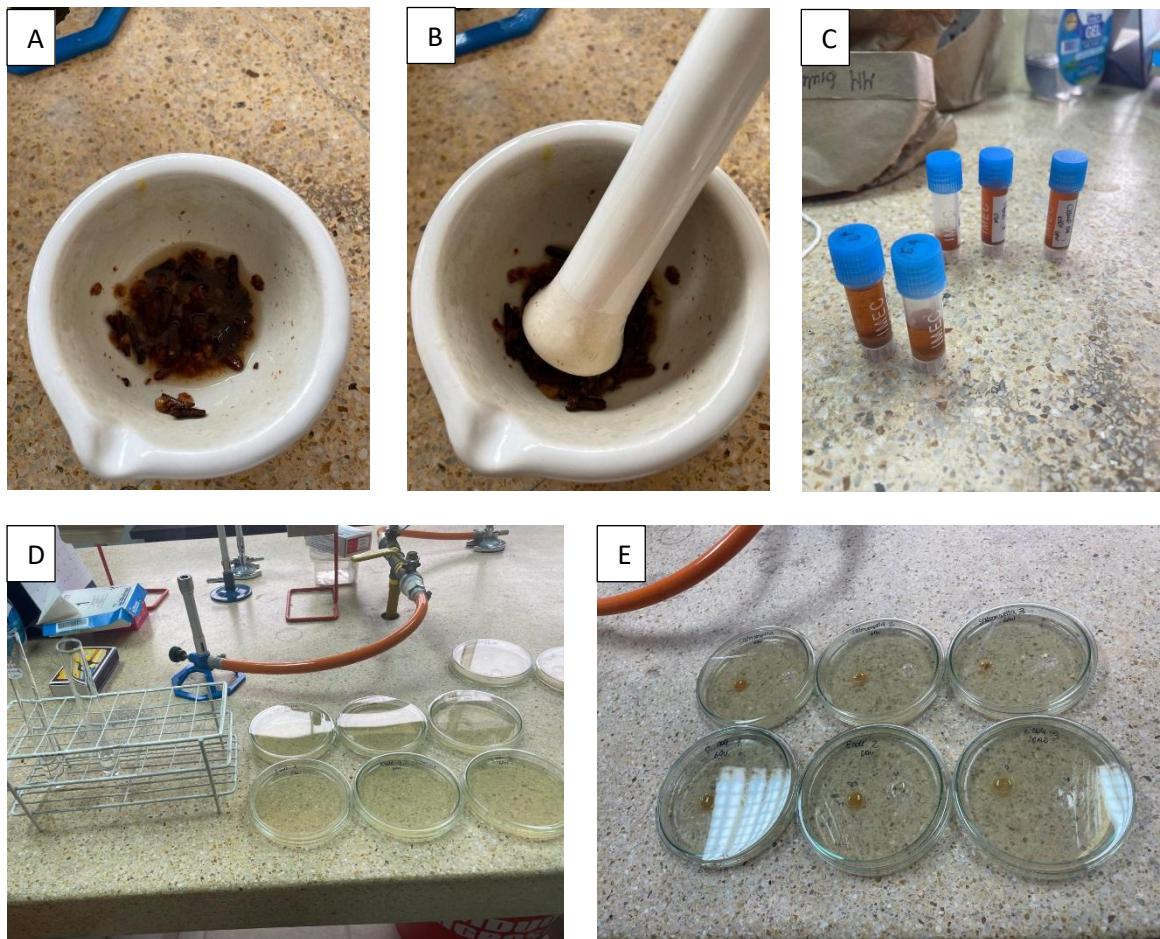
World Health Organization. (2024). *WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance*.

IX. ANEXOS

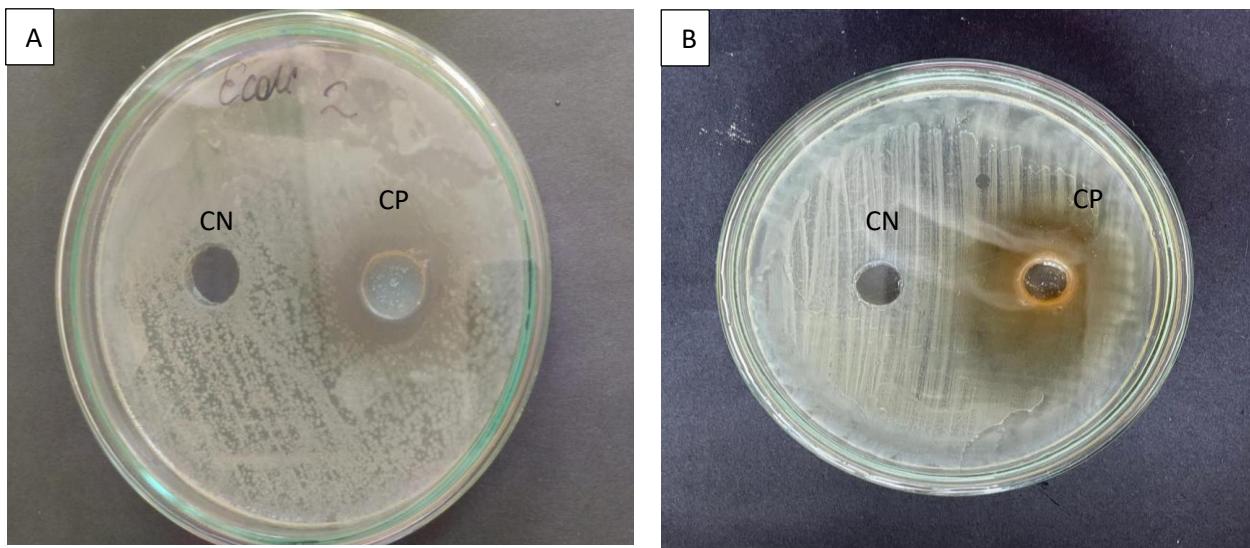
Anexo A

Ficha de datos para la investigación

Nº de placa	Medidas de halo de inhibición en placas Mueller-Hinton			Control negativo alcohol al 70%	
	Extracto etanólico de <i>Syzygium aromaticum</i>				
	25%	50%	100%		
Cultivo N°1					
Cultivo N°2					
Cultivo N°3					
Cultivo N°4					
Cultivo N°5					
Cultivo N°6					
Cultivo N°7					
Cultivo N°8					
Cultivo N°9					

Anexo B.*Reporte fotográfico*

Nota. A: clavo de olor y alcohol etílico al 70%; B: obtención de la mezcla con ayuda de un mortero; C: obtención del extracto y conservación en viales estériles; D: Inoculación de placas y elaboración de pocillos en el agar; E: inoculación del extracto etanólico a diferentes concentraciones para posteriormente ser incubado a 37°C.

Anexo C.*Efecto antimicrobiano*

Nota. A: Resultados obtenidos en *Escherichia coli*; B: Resultados obtenidos en *Salmonella* spp.

En ambas figuras se observan los halos de inhibición lo que comprueba el efecto antimicrobiano del clavo de olor en ambas cepas.