



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología con Mención en Biotecnología

Biocontrolador de bacterias gramnegativas a partir de aceite esencial de *Schinus molle*

Tesis

Para optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Biotecnología

Autor

Neftali Ramses Apolo Vallejos Nieto

Asesor

Blgo. Dr. José Luis Romero Bozzetta


Blgo. Dr. Romero Bozzetta José Luis
C B P 1901

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

(Facultad de Ciencias)

Escuela profesional de Biología con mención en Biotecnología

METADATOS

DATOS DEL AUTOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Vallejos Nieto Neftali Ramses Apolo	70270801	03/07/2026
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Romero Bozzetta, José Luis	15581525	https://orcid.org/0009-0005-2859-3439
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Mg. Díaz Pillasca, Hermila Belba	15601607	https://orcid.org/0000-0002-2491-3774
Blgo. La Cruz Arévalo, Luis Alberto	15612160	https://orcid.org/0009-0009-4576-5107
Mg. Zubieta Rojas, Henry Cristhian	43404788	https://orcid.org/0000-0001-9441-1369

Neftalí Ramsés Apolo Vallejos Nieto

BIOCONTROLADOR DE BACTERIAS GRAMNEGATIVAS A PARTIR DE ACEITE ESENCIAL DE Schinus molle

- Quick Submit
- Quick Submit
- Facultad de Ciencias

Detalles del documento

Identificador de la entrega
tm:old::1:3591736416

Fecha de entrega
10 Jun 2026, 5:33 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 Jun 2026, 5:38 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
VALLEJOS_NIETO_NEFTALI_RAMS_S_APOLO.pdf

Tamaño del archivo
1.4 MB

64 páginas
14.000 palabras
86.415 caracteres

15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

A mi querida mamá, por haberme impulsado a seguir, aunque todo alrededor se esté cayendo a pedazos; por enseñarme que el sufrimiento es temporal pero la gloria es eterna.

A mi amado papá, que yace en el cielo y desde ahí su recuerdo alimentaba el deseo de ser profesional, motivándome desde los sueños con su característica frase “No debes ser cualquier profesional, deber ser ÉL PROFESIONAL”

A mi hermanita y hermanito, por recordarme mi humanidad al despertar en mis diferentes emociones en todo mi camino académico.

A los que siguen aquí y a los que se fueron, sin Uds. ni una sola parte de mi historia sería como hoy la conozco.

Por último, al Neftali de hace algunos años atrás, ¡Ya casi lo logramos ¡

Vallejos Nieto, Neftali Ramsés Apolo

AGRADECIMIENTO

Gracias a la vida por permitirme llegar a Huacho y estudiar esta hermosa carrera que ayuda a ver la vida de una manera mas bella.

Agradezco infinitamente al Dr. José Luis, Romero Bozzetta por ser la primera persona en creer en mi idea de tesis e impulsarla.

A mi madre, ya que sin ella no se hubiesen resuelto miles de problemas que surgen y surgirán siempre.

Sobre todo, agradezco a la UNJFSC por permitirme estudiar con empeño Biología con mención en Biotecnología y enseñarme que la vida tiene mil formas de verse y estudiarse.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar la capacidad biocida del aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas, evaluando específicamente su efecto a concentraciones del 25%, 50% y 100%. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental completamente aleatorizado, empleando el método de difusión en agar para medir los diámetros de los halos de inhibición en milímetros.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística inferencial utilizando ANOVA de un factor y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas ($p < 0,05$). La concentración al 50% mostró el mayor efecto inhibitorio, alcanzando los valores más altos de halos de inhibición y una respuesta consistente entre repeticiones. La concentración al 25% presentó actividad antibacteriana intermedia, mientras que la concentración al 100% evidenció un efecto menor en comparación con la concentración al 50%, lo que sugiere que la eficacia del aceite no depende exclusivamente del aumento de la concentración.

Se determinó que el aceite esencial de *Schinus molle* presenta una acción antibacteriana notable contra bacterias Gram negativas, aceptándose la hipótesis alternativa y confirmando su potencial como agente natural de biocontrol. Los resultados respaldan la necesidad de continuar investigaciones orientadas a optimizar su formulación así como analizar su posible uso frente al fenómeno de la resistencia antimicrobiana.

Palabras clave: Schinus molle, aceite esencial, actividad antibacteriana, bacterias Gram negativas, biocontrol, halos de inhibición.

ABSTRACT

The present study aimed to determine whether the essential oil of *Schinus molle* exhibits biocidal activity against Gram-negative bacteria, specifically evaluating its antibacterial effect at concentrations of 25%, 50%, and 100%. A completely randomized experimental design was employed, using the agar diffusion method to measure inhibition zone diameters in millimeters.

Statistical analysis was performed using one-way ANOVA and the non-parametric Kruskal-Wallis test, revealing statistically significant differences among the evaluated concentrations ($p < 0.05$). The 50% concentration demonstrated the highest inhibitory effect, showing the largest inhibition zones and consistent responses across replicates. The 25% concentration exhibited moderate antibacterial activity, whereas the 100% concentration showed a lower inhibitory effect compared to the 50% treatment, suggesting that antibacterial efficacy does not increase proportionally with concentration.

It is concluded that *Schinus molle* essential oil exerts significant antibacterial activity against Gram-negative bacteria, leading to the rejection of the null hypothesis and supporting its potential as a natural biocontrol agent. These findings highlight the importance of further studies aimed at optimizing formulations and exploring its application in the context of antimicrobial resistance.

Keywords: *Schinus molle*, essential oil, antibacterial activity, Gram-negative bacteria, biocontrol, inhibition zones.

INDICE

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del Problema	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Justificación de la investigación	5
1.5. Delimitación del estudio	6
1.5.1. Delimitación espacial	6
1.5.2. Delimitación poblacional	6
1.5.3. Delimitación temporal.....	6
1.6. Viabilidad del estudio	7
1.6.1. Evaluación técnica	7
1.6.2. Evaluación financiera.....	7
1.6.3. Evaluación social	7
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Investigaciones nacionales	8
2.1.2. Investigaciones Internacionales	10
2.2. Bases teóricas	12
2.3. Definición de términos básicos.....	12
2.3.1. Aceite esencial.....	12
2.3.2. Medio de cultivo	13
2.3.3. Bactericida	13
2.3.4. Arrastre de vapor	13
2.3.5. Gram negativa	13
2.3.6. Biocida	13

2.4.	Formulación de la Hipótesis	14
2.4.1.	Hipótesis general	14
2.4.2.	Hipótesis específicas	14
2.5.	Operacionalización de Variables	15
III.	METODOLOGÍA.....	16
3.1.	Diseño Metodológico.....	16
3.1.1.	Tipo de Estudio	16
3.1.2.	Diseño de Estudio	16
3.1.3.	Enfoque	17
3.2.	Población y muestra.....	17
3.2.1.	Población	17
3.2.2.	Muestra.....	17
3.3.	Criterios de inclusión y exclusión	18
3.3.1.	Criterios de inclusión.....	18
3.3.2.	Criterios de exclusión.....	18
3.4.	Procedimientos	18
3.4.1.	Procedimiento para extracción de aceite esencial.....	19
3.4.2.	Procedimiento aislamiento de selección de Bacterias Gram negativas ..	19
3.4.3.	Procedimiento para el antibiograma.....	19
3.4.4.	PROCEDIMIENTO PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL	20
3.4.5.	PROCEDIMIENTO AISLAMIENTO DE BACTERIAS GRAMNEGATIVAS	21
3.4.6.	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANTIBIOGRAMA.....	22
3.5.	Matriz de consistencia.....	23
IV.	RESULTADOS	24
4.1.	Análisis de los resultados.....	24
4.1.1.	De la institución.....	24
4.1.2.	Ejecución del estudio experimental	24
4.1.3.	Descripción de los resultados obtenidos	25
4.1.4.	Evaluación descriptiva de los datos obtenidos	31
4.2.	Contraste de la hipótesis.....	33
4.2.1.	Hipótesis General	33
4.2.2.	Hipótesis específica 1	42
4.2.3.	Hipótesis específica 2	42
4.2.4.	Hipótesis específica 3	43
V.	DISCUSIÓN	44

VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
6.1.	Conclusiones	46
6.2.	Recomendaciones	46
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Halos de inhibición del tratamiento al 100%. de concentración.....	26
Tabla 2.Halos de inhibición del tratamiento al 50%. de concentración.....	27
Tabla 3.Halos de inhibición del tratamiento al 25%. de concentración.....	28
Tabla 4.Halos de inhibición del control negativo.	29
Tabla 5.Halos de inhibición del control positivo.	30
Tabla 6.Resumen GENERAL de los tratamientos.	31
Tabla 7.Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de las concentraciones del aceite esencial de Schinus molle.	33
Tabla 8.Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis Test de los tratamientos de aceite esencial de Schinus molle al 100%, 50% y 25% de concentración.	36
Tabla 9.Análisis de ANOVA entre las concentraciones de aceite esencial de Schinus molle y los controles tanto negativos (agua destilada) y el positivo (Gentamicina).....	37
Tabla 10.Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis Test de los tratamientos de aceite esencial de Schinus molle al 100%, 50% y 25%, control negativo y el control positivo (Gentamicina)	41

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Metodología para la obtención de aceites esenciales.....	20
Gráfico 2. Metodología para el aislamiento de bacterias Gram negativas.....	21
Gráfico 3. Metodología para la ejecución de pruebas de susceptibilidad (antibiograma)	22
Gráfico 4. Pequeños halos de inhibición en placas Petri a la concentración de 100%	31
Gráfico 5. Halos de inhibición de tamaño considerable a la concentración de 50% en placas Petri	31
Gráfico 6. Pequeños halos de inhibición a la concentración de 25 en placas Petri.....	32
Gráfico 7. Nula actividad antimicrobiana en el control negativo.....	32
Gráfico 8. Gran actividad antimicrobiana en los halos de inhibición debido al control positivo (Gentamicina).....	33
Gráfico 9. Gráfico de barras que muestra la comparación de los promedios de los diámetros de los halos de inhibición	34
Gráfico 10. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los diámetros de los halos de inhibición.....	35
Gráfico 11. Gráfico de barras que muestra la comparación de los promedios de los diámetros de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones de aceite esencial de Schinus molle y grupos control.....	39
Gráfico 12. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los diámetros de los halos de inhibición.....	40

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos, distintas culturas han recurrido al uso de plantas medicinales por las propiedades terapéuticas que estas poseen y su accesibilidad. Entre estas plantas destaca el *Schinus molle*, conocido comúnmente como *molle*, un árbol cosmopolita cuyas hojas, frutos y aceites esenciales han demostrado múltiples propiedades medicinales, como acción antirreumática, purgante, cicatrizante, antiespasmódica y bactericida. Sin embargo, a pesar de sus amplios beneficios, su potencial en el biocontrol de bacterias Gram negativas aún no ha sido completamente explorado.

En la ciudad de Huacho, para ser exactos cerca de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC), existen áreas con focos infecciosos generados por el uso inadecuado de agua de canales de regadío. Estos espacios son propicios para la proliferación de Enterobacterias multirresistentes, como *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Serratia* y *Proteus*, las cuales representan un problema relevante de salud pública al ser causantes de infecciones graves y difíciles de tratar.

La creciente resistencia a múltiples fármacos en cepas patógenas de Enterobacterias representa un desafío clínico significativo, limitando las opciones terapéuticas convencionales y elevando los costos y la morbilidad asociada.

Frente a esta problemática, se ha fortalecido la investigación en compuestos naturales con potencial antimicrobiano, entre los cuales sobresalen los aceites esenciales. Estos productos vegetales contienen mezclas complejas de terpenos, fenoles, ésteres y aldehídos, compuestos conocidos por sus propiedades bactericidas o bacteriostáticas. La especie *Schinus molle* L., integrante de la familia Anacardiaceae, recibe el nombre común de “falso pimentero”, es una especie arbórea nativa de Sudamérica, utilizada tradicionalmente por comunidades indígenas por sus propiedades terapéuticas y repelentes.

A partir de las hojas de *Schinus molle* L. se extrae su aceite esencial utilizando técnicas de destilación al vapor de sus hojas, frutos o corteza, exhibe una rica composición química dominada por monoterpenos (como α -pineno, limoneno) y sesquiterpenos (como γ -cadineno, β -cariofileno), entre otros compuestos menores. Diversos estudios han mostrado que estas moléculas pueden interferir con la membrana celular bacteriana, alterar los gradientes de protones y generar estrés oxidativo en microorganismos patógenos. Además, se ha observado su capacidad para modular la expresión génica vinculada a los mecanismos de resistencia, afectando la viabilidad bacteriana.

En el caso particular de las Enterobacterias, las investigaciones in vitro señalan que el

extracto esencial de *S. Molle* restringe la proliferación de cepas bacterianas como *E. coli*, *K. pneumoniae* y *Salmonella spp.*, evidenciado a través de los valores de concentración inhibitoria mínima (CIM) y concentración bactericida mínima (CBM) que resultan prometedores, aunque variables según la especie, el método de extracción y la fase de crecimiento bacteriano. Asimismo, su uso combinado con antibióticos convencionales genera efectos aditivos o sinérgicos, lo que abre la posibilidad de reducir las dosis farmacológicas y mitigar los efectos adversos, así como retardar la aparición de resistencia.

Este trabajo persigue explorar en mayor profundidad la eficacia del aceite volátil obtenido de *S. Molle* ante las Enterobacterias. La hipótesis central es que dicho aceite esencial no sólo presenta actividad bactericida por sí mismo, sino que también potencia los tratamientos convencionales, ofreciendo una alternativa viable en el contexto de la resistencia antimicrobiana.

La importancia de esta investigación se fundamenta en su potencial para respaldar científicamente el uso de un recurso de origen natural, ampliamente distribuido en ecosistemas de América del Sur, como alternativa para la obtención de compuestos con actividad antimicrobiana. Asimismo, sus resultados podrían orientar la creación de preparaciones terapéuticas complementarias, favoreciendo estrategias más accesibles y sostenibles en el tratamiento de infecciones causadas por Enterobacterias. Finalmente, la comprensión de sus mecanismos de acción permitiría diseñar estrategias más precisas para su aplicación clínica, así como guiar futuras investigaciones en fitoquímica y farmacología microbiana.

Este estudio no solo contribuirá al conocimiento científico sobre las propiedades antimicrobianas del *Schinus molle*, sino que también podría sentar las bases para su aplicación en estrategias de control bacteriano en entornos vulnerables como los descritos anteriormente.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En distintas comunidades sudamericanas, *Schinus molle* ha sido aprovechado tradicionalmente por sus aplicaciones medicinales y otros usos prácticos. A sus hojas y frutos se les atribuyen efectos antiinflamatorios, analgésicos y antimicrobianos, por lo que se emplean en el tratamiento de afecciones digestivas, respiratorias y cutáneas. Asimismo, el aceite esencial obtenido de sus frutos es utilizado en el ámbito cosmético debido a sus propiedades antioxidantes y su capacidad para generar efectos calmantes.

Esta especie arbórea, conocida como molle de la India, es originaria de la región andina de América del Sur. Se caracteriza por su adaptabilidad y valor ornamental, además de su uso en la gastronomía local. Puede alcanzar aproximadamente 10 metros de altura y presenta un aroma distintivo, al que en algunas tradiciones se le atribuyen connotaciones simbólicas. (JARDIMAG, 2025)

En la actualidad, el incremento sostenido de la resistencia bacteriana frente a los antibióticos tradicionales constituye uno de los problemas más relevantes en el campo de la salud pública y la microbiología clínica. Este fenómeno representa una amenaza creciente a nivel global, especialmente por su impacto sobre infecciones causadas por bacterias Gram negativas, tales como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*, entre otras. Estas bacterias poseen una doble membrana celular que dificulta la penetración de muchas sustancias antibacterianas, lo que las hace más resistentes a los tratamientos comunes. Esta situación ha llevado a un aumento en la morbilidad, mortalidad y costos de atención sanitaria, especialmente en contextos hospitalarios y comunidades vulnerables.

Frente a esta situación, ha adquirido importancia la exploración de compuestos de origen natural que puedan actuar como coadyuvantes o reemplazos de los tratamientos farmacológicos convencionales. En este marco, los aceites esenciales derivados de especies medicinales han sido ampliamente investigados debido a su potencial actividad antimicrobiana. Entre ellas, *Schinus molle*, denominado comúnmente molle o falso pimentero, destaca por su amplia distribución en Sudamérica y su uso tradicional en la medicina popular, donde se le atribuyen efectos antiinflamatorios, analgésicos y antimicrobianos.

Diversas investigaciones preliminares han demostrado que el aceite esencial del molle contiene compuestos bioactivos como terpenoides, flavonoides y fenoles, los cuales podrían tener un efecto inhibidor sobre el crecimiento bacteriano. No obstante, la evidencia científica respecto a su eficacia específica contra bacterias Gram negativas aún es limitada, fragmentada y en muchos casos carente de estandarización metodológica. Esta falta de estudios sistemáticos y controlados impide determinar con certeza el verdadero potencial de este aceite esencial como agente antimicrobiano, así como sus posibles aplicaciones en la industria farmacéutica, alimentaria o cosmética.

En este contexto, se hace imprescindible desarrollar estudios con mayor rigor metodológico y adaptados al entorno específico, orientados a hallar el potencial antibacteriano del aceite esencial de *Schinus molle* frente a microorganismos Gram negativos. Este tipo de estudios no solo contribuiría a diversificar las herramientas terapéuticas frente a infecciones resistentes, sino que también podría incentivar una segunda vida sostenible para recursos que ya fueron utilizados como los son los vegetales locales, fortaleciendo la investigación científica y la soberanía en salud de las regiones donde esta planta es endémica.

En la ciudad de Huacho, inmediaciones de la UNJFSC, detalladamente adyacente a la Avenida Baltazar La Rosa existe un canal de regadío que es usado constantemente para arrojar aguas servidas como también lo utilizan para tirar cualquier tipo de desperdicio, al mismo tiempo los mototaxistas utilizan el agua para lavar sus vehículos.

Se constata que el lugar funciona como un foco de infección, albergando múltiples microorganismos de potencial riesgo para la salud humana. Entre ellos, las Enterobacterias —según la clasificación de la OMS— se consideran especialmente peligrosas por mostrar resistencia a múltiples antibióticos. Dentro de este grupo destacan géneros como *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Serratia* y *Proteus*, los cuales están asociados a infecciones graves, incluidas bacteriemias y neumonías, que pueden resultar letales. (OPS/OMS, 2024)

De acuerdo con Xiomy y Philco (2019), se determinó que el aceite esencial de *Schinus molle* presenta actividad bactericida contra cepas de *Enterococcus faecalis*, sin embargo, nuestro trabajo trabajará con Enterobacterias y comprobar si tiene efecto bactericida también.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

- ¿El extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿La concentración al 25% del extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas?
- ¿La concentración al 50% del extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas?
- ¿La concentración al 100% del extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

- Determinar si el extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar si la concentración al 25% de extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) presenta acción biocida frente a bacterias Gram negativas.
- Determinar si la concentración al 50% de extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) presenta acción biocida frente a bacterias Gram negativas.
- Determinar si la concentración al 100% de extracto de aceite esencial de *Schinus molle* L. (Molle) presenta acción biocida frente a bacterias Gram negativas.

1.4. Justificación de la investigación

Esta exploración científica está justificada porque la especie posee grandes bondades medicinales, teniendo metabolitos como el terpeno. Al tener un hábitat amplio se emplea sus bondades para evaluar su poder bactericida contra bacterias Gram

negativas.

Es necesario recalcar que el árbol del *Schinus molle*, se utiliza en esta investigación debido su gran capacidad de proliferación en costa, sierra y selva, puede llegar a crecer hasta los 3500 msnm y todo esto gracias a que su raíz excava muy profundo. (Ibarra, 2019)

Siendo un árbol cosmopolita y teniéndolo a nuestro alcance, además de contar con innumerables bibliografías que avalan su poder bactericida es que se decide usar este árbol tan milagroso.

Al mismo tiempo alrededor de la UNJFSC se ubica un canal de regadío que son utilizados como botadero de residuos fecales por parte de los vecinos de aquellas zonas que no cuentan con servicio de desagüe y también es usada el agua como medio para “lavar” sus vehículos, es por esto que analizaremos el agua en 5 diferentes puntos separados cada una en 100 metros aproximadamente.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

La pesquisa será desarrollado en el Laboratorio de Calidad Ambiental perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agraria, EP de Ingeniería de Industria Alimentarias y Ambiental de la UNJFSC, ubicada en la ciudad de Huacho.

1.5.2. Delimitación poblacional

- Las muestras vegetales que se utilizarán son las hojas de *Schinus molle*, provenientes de los jardines de la UNJFSC.
- Las muestras de microorganismos las sacaremos del canal de regadío ubicado a lo largo de la Av. Baltazar la Rosa ubicada en la parte norte de nuestra Universidad.

1.5.3. Delimitación temporal

La investigación durará en promedio sus seis meses a partir de la fecha aprobada para la realización del proyecto biotecnológico.

1.6. Viabilidad del estudio

1.6.1. Evaluación técnica

La pesquisa presenta factibilidad técnica, debido a la disponibilidad de libre ingreso al Laboratorio de Biotecnología de la EP de Biología con mención en Biotecnología de la UNJFSC en Huacho, así como en el Lab. de Calidad Ambiental de la Facultad de Ingeniería Agraria, EP Ingeniería en Industrias Alimentarias y Ambiental, los cuales cuentan con infraestructura adecuada, equipamiento, instrumentos y medios de cultivo necesarios para la ejecución de ensayos microbiológicos. Asimismo, el asesoramiento académico permanente garantiza la correcta aplicación metodológica y el rigor científico durante el desarrollo del estudio.

1.6.2. Evaluación financiera

La puesta en práctica del proyecto resultó viable en el ámbito económico, dado que el tesista asumió íntegramente el financiamiento requerido, cubriendo los desembolsos vinculados a materiales, reactivos y demás requerimientos operativos.

1.6.3. Evaluación social

La investigación posee relevancia social al contribuir al estudio de alternativas naturales frente al problema creciente de la resistencia antimicrobiana. La evaluación del aceite esencial de *Schinus molle* en su función como agente de control biológico representa un aporte al desarrollo científico y al aprovechamiento sostenible de recursos vegetales, con potencial aplicación en los ámbitos sanitario y ambiental, beneficiando indirectamente a la población.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones nacionales

En sintonía con Luque Machare y Jaramillo Briceño (2020), en su investigación titulada *Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de **Schinus molle** L. frente a cepas de **Salmonella** entérica y **Escherichia coli***, desarrollada como tesis de licenciatura en la Universidad Alas Peruanas, se planteó como objetivo evaluar la acción antibacteriana in vitro del aceite esencial obtenido de los frutos de *S. molle* sobre cepas de *Salmonella* entérica y *Escherichia coli*. El estudio se llevó a cabo en Santa Rosa de Quives, provincia de Canta (Lima, Perú), a una altitud aproximada de 940 m s. n. m. Como resultado, la aplicación de 0.25 ml del aceite esencial generó halos de inhibición promedio de 20.98 mm frente a *S. entérica* y 18.10 mm frente a *E. coli*., obtuvo las siguientes Conclusiones: El aceite esencial presenta actividad antibacteriana significativa contra ambas Enterobacterias, siendo prometedor como agente antimicrobiano natural.

Vargas Quispitupa, R., & Oviedo Cueva, P. (2019). En la investigación titulada: “Evaluación de la eficiencia de conservación antibacteriana del aceite esencial de ***Schinus molle** L.* frente a ***Staphylococcus aureus***, ***Pseudomonas aeruginosa*** y ***Escherichia coli*** ATCC, comparado con parabenos”. Tesis, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú. Se planteó el Objetivo: Comparar la eficiencia del aceite esencial en una emulsión cosmética contra cepas ATCC con una mezcla de parabenos. Lugar: Cusco, Perú. Se generó como Resultados: La CMI del aceite frente a *E. coli* fue 11.11 mg/mL (halo 8.43 mm), mientras que los parabenos produjeron halos significativamente mayores (≈ 43 mm), arrojando como Conclusiones: Aunque el aceite esencial exhibe actividad contra *E. coli*, su eficacia es inferior a la de los parabenos. Podría utilizarse como conservante natural con ajustes de formulación.

Según **Rojas Bermeo (2020)**, en su investigación titulada *Screening fitoquímico y evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de **Schinus molle** (molle) frente a **Escherichia coli***. Su **Objetivo**: Identificar metabolitos en el aceite esencial y evaluar su efecto antibacteriano frente a *E. coli*. En cuyos Resultados: A 0.25 ml, los halos de inhibición fueron 18.62 mm para *E. coli*. Se concluyó que: El aceite contiene compuestos activos que inhiben *E. coli*, respaldando su potencial como fuente de agentes antimicrobianos.

De acuerdo con Ibarra Grandez (2019), en el estudio titulado *Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de **Schinus molle** sobre **Aggregatibacter actinomycetemcomitans***, se

planteó como finalidad analizar la actividad antibacteriana de dicho aceite esencial frente a *A. actinomycetemcomitans*. La investigación fue desarrollada en Cusco, Perú, en un laboratorio de la Universidad Andina. Como hallazgo principal, se evidenció que únicamente a una concentración del 100 % se generaron halos de inhibición de aproximadamente 12 mm tras (48 horas) de incubación. y 13 mm (72 h) llegando a las Conclusiones: El aceite es efectivo en concentración pura, aunque menos potente que la clorhexidina; requiere estudios de seguridad para uso periodontal.

Según **Requejo Quispe (2019)**, en su tesis titulada *Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hojas de Schinus molle frente a Staphylococcus aureus*, se estableció como propósito comprobar el efecto antibacteriano de extractos del aceite esencial en concentraciones del 50 % y 75 % frente a *S. aureus*. El estudio fue desarrollado en un laboratorio de Farmacia y Bioquímica. Como resultados, se registraron halos de inhibición promedio de 31.0 mm para la concentración al 50 % y 25.1 mm para el 75 %, en comparación con 28.3 mm obtenidos con el control estándar (doxiciclina) y como Conclusiones: El aceite esencial demuestra una fuerte actividad antibacteriana frente a *S. aureus*, comparable e incluso superior al antibiótico estándar en concentraciones adecuadas.

De acuerdo con **Zambrano (2019)**, los resultados evidenciaron que a concentraciones de 22,5 mg/mL y 25 mg/mL se obtuvieron halos de inhibición promedio de 10,4 mm y 12,5 mm, respectivamente. Asimismo, el aceite esencial de *Schinus molle L.* mostró diámetros de inhibición de 6 mm en concentraciones del 40 % y 60 %, de 9,7 mm al 80 % y de 12,3 mm al 100 %.

Según **Velásquez (2021)**, el propósito del estudio fue analizar la actividad antimicótica *in vitro* del aceite esencial extraído del fruto de *Schinus molle* frente a la cepa *Candida albicans* ATCC 10231. Los resultados evidenciaron que dicho aceite no presentó efecto a concentraciones del 40 % y 60 %, mientras que mostró actividad antifúngica a niveles del 80 % y 100 % contra la mencionada cepa.

De acuerdo con **Zapata (2022)**, los resultados evidenciaron que la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida/fungicida (CMB/CMF) frente a la cepa de *Streptococcus mutans* fueron de 100 µL/mL y 200 µL/mL, respectivamente. En el caso de *Candida albicans*, se determinó una CMI de 25 µL/mL y una CMF de 50 µL/mL. Asimismo, la sensibilidad de *S. mutans* se situó en un rango de 20 a 100 µL, mientras que para *C. albicans* osciló entre 75 y 100 µL.

Por otro lado, en un estudio enfocado en cepas de *Aeromonas spp.*, bacterias Gram negativas que afectan a la trucha arcoíris, se evaluó la acción de aceites esenciales de molle (*Schinus*

molle), muña y limón. Los hallazgos indicaron que el aceite esencial de muña presentó una actividad antimicrobiana elevada, mientras que los aceites de limón y molle evidenciaron un efecto de intensidad moderada frente a dichas cepas patógenas.

2.1.2. Investigaciones Internacionales

Según **Belloumi et al. (2024)**, en su estudio titulado *Fractionation of Schinus molle essential oil: chemical composition, antimicrobial, insecticidal and anti-inflammatory potentials*, publicado en la Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 6, Article 51. Realizado en : Italia/España (auténtica colaboración euro-mediterránea). Tuvo como **Objetivo:** Analizar cómo la fraccionación del aceite esencial influye en su composición química y su eficacia antimicrobiana, insecticida y antiinflamatoria. **Resultados:** que el aceite crudo mostró zonas de inhibición entre 12–29 mm frente a *Enterococcus faecalis*. La fracción de hidrocarburos alcanzó zonas de hasta 45 mm y MIC de 0.031 mg/mL contra MRSA y *E. faecalis* y las **Conclusiones:** La fraccionación mejora la potencia antimicrobiana, potenciando su aplicabilidad farmacéutica, alimentaria y fitosanitaria.

Según **Turchetti et al. (2020)**, en el estudio titulado *Antimicrobial Testing of Schinus molle (L.) Leaf Extracts and Fractions Followed by GC-MS Investigation of Biologically Active Fractions*, publicado en la revista Molecules, la investigación fue desarrollada en Italia, abarcando tanto el cultivo de las muestras como su análisis en laboratorio central.

. escribió como **Objetivo:** Evaluar actividad antibacterial de extractos y fracciones de hoja de *S. molle*, e identificar compuestos activos por GC-MS. Arrojando como **Resultados:** Fracciones inhibieron *S. aureus*, *E. faecalis*, *B. subtilis* y *C. albicans* con CIM entre 25–400 µg/mL., GC-MS identificó sesquiterpenos como elemol, β-cariofileno y germacreno D en fracciones activas y como **Conclusiones:** Las fracciones concentradas exhiben mayor actividad antibacteriana; los sesquiterpenos son los principales candidatos bioactivos.

De acuerdo con **Djellouli y Ziane (2024)**, en el estudio titulado *Antioxidant and Antibacterial Properties of Essential Oil of Schinus molle L. from Southwest of Algeria*, publicado en la Egyptian Journal of Chemistry, la investigación fue desarrollada en Bechar, Argelia, específicamente en un laboratorio de Ciencias de la Materia en su **Objetivo:** Evaluar las propiedades antioxidantes (DPPH) y antibacterianas (difusión en disco) del EO contra *S. aureus* y *E. coli*. Se obtuvo como **Resultados:** IC₅₀ antioxidante = 0.41 mg/mL. y la actividad antibacteriana más fuerte contra *S. aureus* que frente a *E. coli* , en **Conclusiones:** El EO posee un buen efecto antioxidante y una selectividad antibacteriana, siendo un prometedor candidato terapéutico.

Según Rocha et al. (2023), en su estudio titulado *Synergistic antibacterial activity of the essential oil of Aguaribay (Schinus molle L.)*, publicado en la revista *Molecules*, desarrollado en España (Universidad de Salamanca y en el marco de una red iberoamericana), se estableció como propósito analizar la actividad antibacteriana del aceite esencial y de sus principales componentes, como los pinenos y el terpinen-4-ol, frente a cepas ATCC de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Como resultado, se obtuvieron los siguientes **Resultados**: Potente contra *S. aureus* ATCC 25923; Fuerte/moderada contra *E. coli* ATCC 25922.; Menor efecto contra *P. aeruginosa* ATCC 27853. Se detectó sinergia entre algunos componentes volátiles y cuyas **Conclusiones**: El EO y sus pinenos ofrecen una acción sinérgica potente, especialmente contra Gram-positivas; menos eficaz frente a Gram-negativas.

De acuerdo con Shehata et al. (2025), en el estudio titulado *Phytochemical analysis, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxicity activities of Schinus molle (L.) extracts*, publicado en la revista *Biomass Conversion and Biorefinery*, la investigación se desarrolló mediante colaboración entre centros científicos de Italia y Ecuador. El objetivo del trabajo fue comparar la actividad biológica de extractos obtenidos de semillas y hojas de *Schinus molle* frente a diversas cepas clínicas, incluyendo *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA), *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*, entre otras. En sus **Resultados**: Extracto de semilla con metanol mostró inhibición de 15–27 mm contra bacterias clínicamente aisladas; extracto de hoja 11.6–17 mm contra *E. coli* y **Conclusiones**: Ambos extractos presentan eficacia antimicrobiana relevante, siendo prometedores como alternativas naturales a antibióticos convencionales.

Según Palomeque (2022), *Efecto inhibitorio del extracto de Schinus molle L. (Molle), a diferentes tiempos y concentraciones sobre cepas de Staphylococcus aureus*, con respecto a esta tesis nos guiamos de como se hace un trabajo respecto a halos de inhibición, anillos de sensibilidad y los antibiogramas, el autor evaluará el efecto frente a *Staphylococcus aureus* a las 24 horas, 48 horas y 72 horas, empleando distintas diluciones del aceite esencial de *Schinus molle*, correspondientes a 25 %, 50 %, y 100 %.

En su estudio Guzmán & y Rodríguez (2021) determinaron que con una muestra (hojas) de *Schinus molle* y *Chenopodium ambrosioides* en un macerado de etanol se formó un extracto etanoico que se utilizó para un tamizaje fitoquímico que posteriormente será usado en el método de Kyrbi-Bauer. A concentraciones del 50% el extracto etanoico de *Chenopodium ambrosioides* no presenta actividad antimicrobiana frente a la cepa de *Staphylococcus aureus*, sin embargo, a la misma concentración el extracto etanoico de *Schinus molle* tuvo una sensibilidad moderada contra la cepa *S. aureus*.

2.2. Bases teóricas

El *Schinus molle* es una especie nativa de los Andes Centrales, que pertenece a la familia *Anacardiaceae*, a su vez está dentro del orden *Sapindales* y clase *Magneliopsida*. Esta especie se caracteriza por crecer tanto de forma silvestre como bajo cultivo en ambientes áridos de la costa, regiones andinas y sectores de la Amazonía, abarcando un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta cerca de los 4 000 m s. n. m. Particularmente tienen un fruto rosado a rojo cuando está madura, en forma de esfera, liso, 7 milímetros aproximadamente, con un aroma invasivo como la pimienta y de sabor picoso. (Cortez, A. 2018).

El nombre del árbol “*Schinus molle*” tiene su origen latino, raíces griegas y se usa para referenciar al lentisco, cosa que guarda similitud con su familiar cercano el pimienta falso “*Schinus areira*” debido a que emana un olor muy abundante a resina muy similar al lentisco, lo que también hace que se gane el nombre de “Lentisco del Perú”.

El estudio fitoquímico de *Schinus molle* evidencia la presencia de múltiples metabolitos secundarios, entre ellos terpenos, taninos, alcaloides, saponinas de tipo esteroidal, esteroides, flavonoides y compuestos volátiles. De manera específica, los aceites esenciales derivados de esta especie han mostrado diversas actividades biológicas, tales como efectos antivirales, antimicrobianos, antifúngicos, antibacterianos y pediculicidas. (Ruiz Quiroz & Salazar Salvatierra, 2021)

Los frutos del “*Schinus molle*” hasta el momento tiene 11 compuestos identificados, el octanoato de metilo, seis monoterpenos y cuatro sesquiterpenos. Su aceite esencial contiene: β -felandreno, α -felandreno, β -pineno y limoneno. Esto varía un poco en el aceite esencial de las hojas que cuenta con: tres sesquiterpenos, epóxido sesquiterpénico, trece monoterpenos, alcohol monoterpénico y seis alcoholes. (Volpini-Klein et al., 2021, pp. 230–232)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Aceite esencial

Los aceites esenciales, también denominados aceites volátiles, son líquidos obtenidos por destilación que contienen los metabolitos secundarios de las plantas responsables de su aroma característico. Su alta pureza explica la intensidad del olor, muy ligado a la fuente botánica de origen. (Pérez & Castillo, 2021)

2.3.2. Medio de cultivo

Es un gel que ayuda al crecimiento y fortalecimiento de las bacterias, hongos y hasta virus que son de nuestro interés, existen del tipo diferencial, selectivo, generales, líquidos, etc.

Todo medio de cultivo contiene una gama de nutrientes necesarios para que cada tipo de microorganismo crezca, (Solmeglas, 2022)

2.3.3. Bactericida

Un bactericida es, como la morfología de su nombre lo indica, Bacter = bacteria y Cida = matar, es decir, una sustancia que produce la muerte de las bacterias (Alcora, 2021)

2.3.4. Arrastre de vapor

La destilación por arrastre de vapor constituye un procedimiento que permite extraer, separar y purificar aceites esenciales a partir de material vegetal. El vapor generado al calentar la materia vegetal pasa por un condensador y luego se transfiere a una pera de decantación, donde se separan dos fases: el aceite esencial y el hidrolato. (Cisneros Hilario, 2022)

2.3.5. Gram negativa

Las bacterias Gram negativas se diferencian de las bacterias Gram positivas de una manera muy sencilla se pueden diferenciar una de otra, esto debido a una prueba llamada “tinción de Gram”, cuando bajo el microscopio se observan bacterias de color morado oscuro, son Gram positivas, sin embargo, cuando se observan bacterias de color rojo grosella o rosado son bacterias Gram negativas. (Bush, 2022)

2.3.6. Biocida

Los biocidas se definen como compuestos o formulaciones que incorporan una o más sustancias activas, cuya finalidad es eliminar, inhibir, neutralizar o regular la actividad de organismos perjudiciales mediante mecanismos que no se limitan a una acción exclusivamente física o mecánica (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2025).

2.4. Formulación de la Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Se puede biocontrolar a las bacterias Gram negativas con aceite esencial de *Schinus molle*

2.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración de aceite esencial de *Schinus molle* al 25% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas.
- La concentración de aceite esencial de *Schinus molle* al 50% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas
- La concentración de aceite esencial de *Schinus molle* al 100% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas.

2.5. Operacionalización de Variables

BIOCONTROLADOR DE BACTERIAS GRAM NEGATIVAS A PARTIR DE ACEITE ESENCIAL DE <i>Schinus molle</i>					
Variables	Definición operacional	Tipo	Clasificación	Indicador categórico	Escala de medición
Extracto de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> L. (<i>Molle</i>)	Extracto de aceites esenciales de <i>Schinus molle</i> L. (<i>Molle</i>), obtenido por Técnica de arrastre de vapor	Variable Independiente	Cualitativa Ordinal	25%	1
				50%	2
				100%	3
Efecto Inhibitorio de las bacterias Gram negativas	Cuantificar los diámetros de inhibición generados alrededor de los discos de sensibilidad impregnados con aceite esencial de <i>Schinus molle</i> , Gentamicina (1 mg/mL) y el control.	Variable Dependiente	Cuantitativa discreta	Nulo (-) $0 \leq 8\text{mm}$	0
				Sensible (+) $\geq 9\text{mm} \leq 14\text{mm}$	1
				Muy sensible (++) $\geq 15 \leq 19\text{mm}$	2
				Sumamente Sensible (+++) $\geq 20\text{mm}$	3
Control	Agua destilada que se empleará en crear discos de sensibilidad control.	Control negativo	Cualitativa nominal	Nulo (-) $0 \leq 8\text{mm}$	0
				Sensible (+) $\geq 9\text{mm} \leq 14\text{mm}$	1
				Muy sensible (++) $\geq 15 \leq 19\text{mm}$	2
				Sumamente Sensible (+++) $\geq 20\text{mm}$	3
Gentamicina 1mg/ml	Es un antibiótico que está considerado muy eficaz contra organismos aeróbicos Gram-negativos	Control positivo	Cualitativa nominal	Nulo (-) $0 \leq 8\text{mm}$	0
				Sensible (+) $\geq 9\text{mm} \leq 14\text{mm}$	1
				Muy sensible (++) $\geq 15 \leq 19\text{mm}$	2
				Sumamente Sensible (+++) $\geq 20\text{mm}$	3
Tiempo	Magnitud física	Variable Independiente	Cuantitativa discreta	24h	1
				48h	2
				72h	3

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Estudio

La presente investigación será de tipo Experimental: Se aislarán a bacterias Gram negativas de un canal de regadío ubicado en la parte norte de la universidad, en la Av. Baltazar la Rosa (- 11.122543, -77.609973), cerca de la UNJFSC.

3.1.2. Diseño de Estudio

Se empleará un **diseño experimental completamente al azar (DCA)**, en el que se considerarán tres tratamientos correspondientes a dilución concentrada del aceite esencial de *Schinus molle* (25 %, 50 % y 100 %).

La unidad experimental estará constituida por cada disco de papel Whatman impregnado con la respectiva concentración y colocado sobre una placa inoculada con el aislamiento bacteriano. La distribución de dichas unidades se realizará de manera aleatoria entre los tratamientos, con la finalidad de minimizar posibles sesgos en los resultados.

Se llevaron a cabo análisis de normalidad mediante el cálculo de estadísticos descriptivos como la media, la desviación estándar y la moda. Asimismo, se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov con el fin de determinar la distribución de los datos. En función de estos resultados, se procedió al empleo de pruebas estadísticas inferenciales: **ANOVA** para variables con distribución paramétrica y **Kruskal-Wallis** para aquellas de naturaleza no paramétrica, considerando los distintos grupos de concentración del extracto esencial de *Schinus molle*, así como el control negativo y el control positivo con Gentamicina (1 mg/mL). Todo el procesamiento estadístico se realizó utilizando el software **Microsoft Office Profesional Plus 2019 – Excel**.

Asimismo, el estudio se clasifica como longitudinal, dado que se analizará un proceso investigativo desarrollado a lo largo del tiempo mediante una secuencia de eventos. Los resultados se contrastarán con la **escala de Duraffourd** (nula ≤ 8 mm; sensible: 9–14 mm; muy sensible: 15–19 mm; sumamente sensible > 20 mm), considerando los efectos generados por el aceite esencial de *Schinus molle* en concentraciones de 25 %, 50 % y 100 %, además del control positivo con Gentamicina (1 mg/mL) y el control negativo

constituido por agua destilada.

3.1.3. Enfoque

Es **cuantificable**, porque toda la información (coordenadas GPS, concentraciones, etc.) serán medidas numéricamente y analizados mediante estadística descriptiva y espacial.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se considerará de tipo infinita y lo conformarán el aceite esencial de *Schinus molle*, el cual será obtenido mediante el método de destilación por arrastre de vapor en los laboratorios de la Escuela de Biología con mención en Biotecnología de la UNJFSC, ubicada en la localidad de Huacho - Huaura.

3.2.2. Muestra

Se emplearán 32 placas para cada uno de los tratamientos (25%, 50% y 100%), utilizando 4 discos por placa. Esto equivale a un total de 128 discos por tratamiento, y en conjunto sumarán 384 discos de sensibilidad.

Cada parte contendrá el mismo número de unidades experimentales (discos). Para garantizar replicación y análisis estadístico, se emplearán 3 **réplicas por aislamiento bacteriano** según el esquema de asignación aleatoria.

- **Calculo para la obtención de las muestras**

Usando la fórmula estándar para población infinita:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2}$$

- Nivel de confianza 95% $\rightarrow Z = 1.96$
- Proporción esperada (si no hay antecedente) $\rightarrow p = 0.5, q = 1 - p = 0.5$
- Error máximo (E) = 0.05

Calculo:

$$1.96^2 = 3.8416$$

$$3.8416 \times 0.5 \times 0.5 = 0.9604$$

$$E^2 = 0.0025$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16 = 384 \text{ unidades experimentales}$$

Propuesta práctica por igualdad entre tratamientos:

- *Total = 384 discos → dividir en 3 partes iguales → 128 discos por tratamiento (25%, 50%, 100%).*

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

3.3.1. Criterios de inclusión

- Cepas de bacterias Gram negativas aisladas en el laboratorio especializado en Biotecnología, adscrito a la EP de Biología con mención en Biotecnología.
- Aceite esencial de *Schinus molle* en concentraciones de 25% 50%, 100%.

3.3.2. Criterios de exclusión

- Bacterias que no sean Gram negativas.
- Extracto de aceite esencial de *Schinus molle* que estén mal filtradas, con agua o partículas extrañas a lo que se desea.

3.4. Procedimientos

Para la dilución del aceite esencial de *Schinus molle* se utilizará aceite esencial de almendras debido a que es un aceite portador, por lo que con un aceite base como el del *molle* no afectará en nada en su composición química, tampoco en olor, color o influencia sobre los microorganismos. (wikiHow, 2021)

Las hojas de *Schinus molle* son destinadas para obtener el aceite esencial mediante destilación por acarreo de vapor serán recolectadas dentro de las inmediaciones de la UNJFSC.

3.4.1. Procedimiento para extracción de aceite esencial

- **Etapa 1:** Recolección de la muestra vegetal (hojas de *Schinus molle*)
- **Etapa 2:** Transporte y posterior lavado de las hojas.
- **Etapa 3:** Se pone la muestra vegetal en la olla a presión y se llena con agua el tope para que empiece la destilación.
- **Etapa 4:** Filtrar el hidrolato y el aceite esencial con un pera de decantación.
- **Etapa 5:** Envasar el aceite esencial en frascos oscuros para su posterior uso.

3.4.2. Procedimiento aislamiento de selección de Bacterias Gram negativas

- **Etapa 1:** Tomar 5 muestras cada 100 metros del canal de regadío ubicadas en la Av. Baltazar la Rosa (lado norte de la UNJFSC).
- **Etapa 2:** Siembra por estrías de las 5 muestras en 3 placas Petri c/u en Agar TSA más una placa control. (Total 16 placas)
- **Etapa 3:** Con los microorganismos crecidos seleccionamos 2 colonias por cada placa y hacemos tinción Gram para determinar a las colonias Gram negativas.
- **Etapa 4:** De las colonias Gram negativas que se detecten serán purificados sembrándolas en tubos en plano inclinado en agar TSA.
- **Etapa 5:** Realizaremos pruebas bioquímicas a nuestras cepas puras con medios LYA, TSI, UREA, CITRATO SIMMONS, MANITOL SALADO Y CATALASA. Estas pruebas se hacen por punción.
- **Etapa 6:** Anotamos todos los resultados

3.4.3. Procedimiento para el antibiograma

- **Etapa 1:** El papel filtro tipo Whatman será perforado para obtener discos, los cuales se distribuirán en tres grupos; posteriormente, se impregnarán con el aceite esencial de *Schinus molle* en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, permitiendo su adecuada absorción.
- **Etapa 2:** Nuestras cepas puras de bacterias Gram negativas lo sembramos por el método de extensión en agar Mueller Hinton.
- **Etapa 3:** Los discos se dispusieron en un total de 15 placas: tres correspondientes al tratamiento con extracto esencial de *Schinus molle* al 25 %, tres al 50 % y tres al 100 %; cada conjunto fue evaluado junto a su respectivo control negativo y el control positivo con Gentamicina (1 mg/mL).
- **Etapa 4:** Pasamos a incubar las placas a 37°C
- **Etapa 5:** Realizamos las mediciones de los halos de inhibición
- **Etapa 6:** Comparamos resultados.

3.4.4. PROCEDIMIENTO PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL

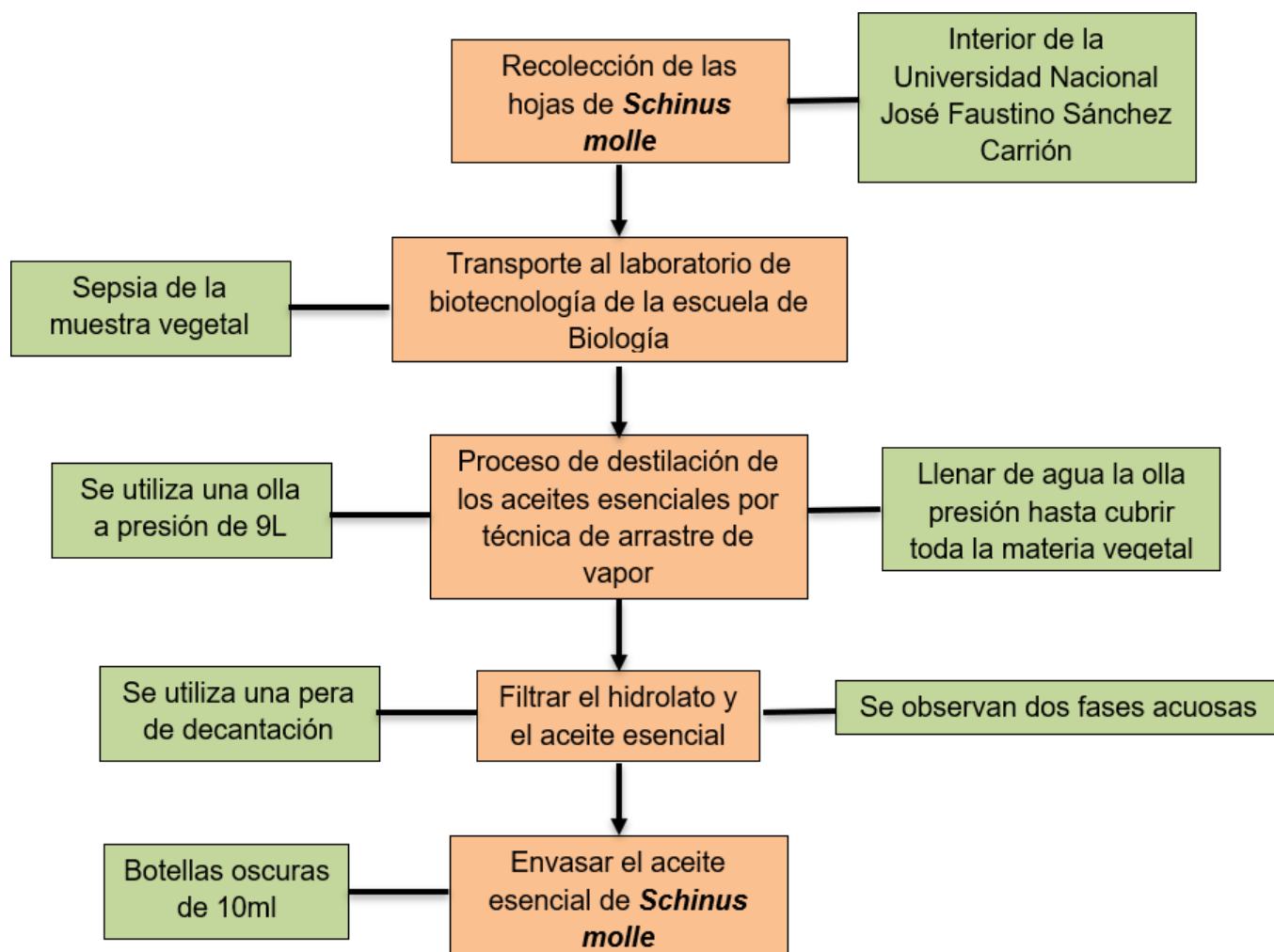


Gráfico 1. Metodología para la obtención de aceites esenciales.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.5. PROCEDIMIENTO AISLAMIENTO DE BACTERIAS GRAMNEGATIVAS

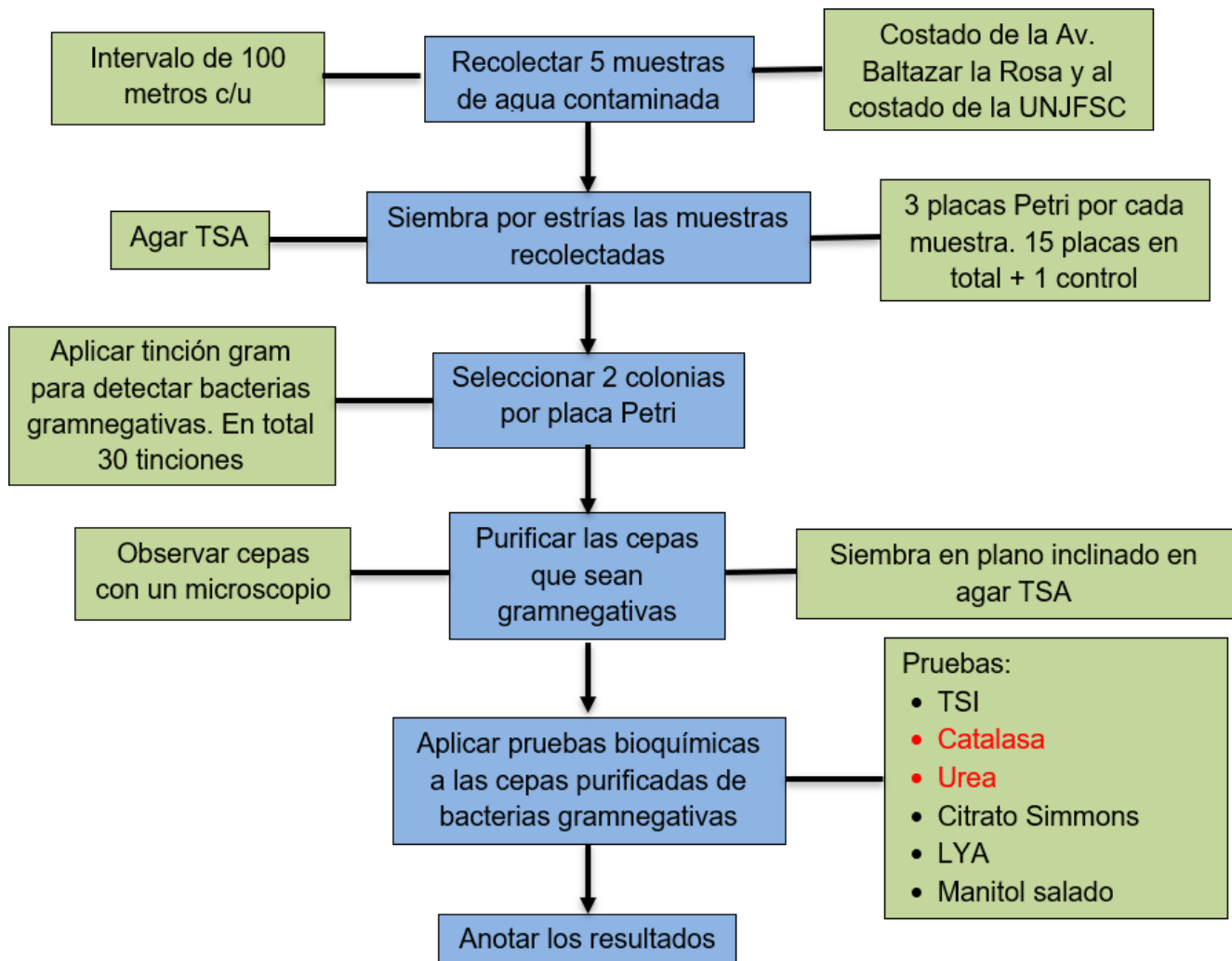


Gráfico 2. Metodología para el aislamiento de bacterias Gram negativas.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.6. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANTIBIOGRAMA

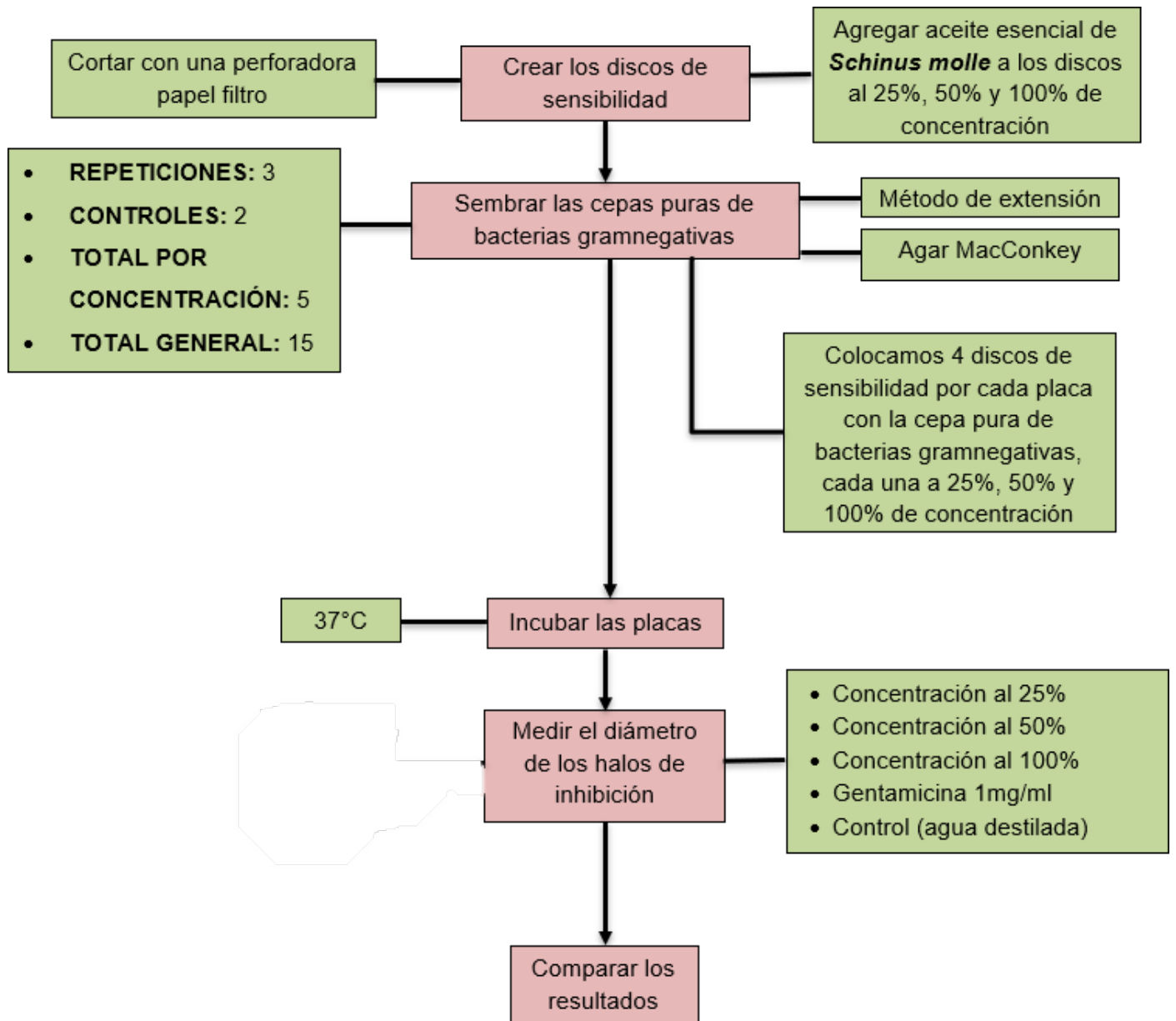


Gráfico 3. Metodología para la ejecución de pruebas de susceptibilidad (antibiograma)

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.5. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
Determinar si el aceite esencial de <i>Schinus molle</i> sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas.	Comprobar la acción bactericida del aceite esencial de <i>Schinus molle</i> contra las bacterias Gram negativas.	Se puede biocontrolar a las bacterias Gram negativas con aceite esencial de <i>Schinus molle</i>	Extracto de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> L. (<i>Molle</i>)	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Efecto Inhibitorio de las bacterias Gram negativas	Experimental	Aceite esencial de <i>Schinus molle</i> obtenido con el método de arrastre por vapor
Evaluar si la concentración al 25% de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas.	Comprobar la acción biocida del aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 25% de concentración frente a bacterias Gram negativas.	La concentración de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 25% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas.	Control	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	MUESTRA
Evaluar si la concentración al 50% de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas.	Comprobar la acción biocida del aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 50% de concentración frente a bacterias Gram negativas	La concentración de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 50% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas	Gentamicina 1mg/ml	Aplicativo	Concentraciones de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> 25%, 50% y 100%.
Evaluar si la concentración al 100% de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> es eficaz para biocontrolar bacterias Gram negativas.	Comprobar la acción biocida del aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 100% de concentración frente a bacterias Gram negativas	La concentración de aceite esencial de <i>Schinus molle</i> al 100% sirve para biocontrolar bacterias Gram negativas	Tiempo	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
				DCA	
				ENFOQUE	
				Cuantitativo	

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de los resultados

4.1.1. De la institución

Esta experimentación se desarrolló en las instalaciones del área de Biotecnología, adscrito a la EP de Biología con mención en Biotecnología de la UNJFSC, situada en la ciudad de Huacho. Este espacio dispone de la infraestructura, equipamiento y condiciones técnicas adecuadas para la ejecución de ensayos microbiológicos controlados, enfocados en la evaluación del efecto biocida del aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas.

Para el desarrollo de la fase experimental se utilizaron equipos tales como una estufa de secado y un sistema de destilación por arrastre de vapor destinado a la obtención del aceite esencial, cámaras de incubación, densitómetro, espectrofotómetro y material microbiológico para la ejecución de ensayos de susceptibilidad bacteriana mediante la técnica de difusión en discos empleando agar Mueller-Hinton. Estos recursos permitieron asegurar la estandarización de los procedimientos y la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Asimismo, el laboratorio cuenta con personal técnico y académico con experiencia en microbiología ambiental y ensayos de actividad antimicrobiana, lo que garantizó el cumplimiento riguroso del protocolo experimental. Durante todo el proceso se respetaron las normas de bioseguridad vigentes para el manejo de microorganismos.

4.1.2. Ejecución del estudio experimental

Se implementó un esquema experimental de asignación aleatoria total considerando un único factor de estudio, con el propósito de analizar el efecto biocontrolador del aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas. La variable de respuesta se estableció a

partir de la medición del diámetro de los halos de inhibición, expresados en milímetros, obtenidos en las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana.

Los tratamientos incluyeron tres niveles de concentración del aceite esencial de *Schinus molle* (25 %, 50 % y 100 %), además de un control positivo constituido por Gentamicina (1 mg/mL) y uno negativo correspondiente a agua estéril.

Toda repetición fue evaluado mediante la técnica de difusión en agar Mueller-Hinton, empleando discos de papel filtro de aproximadamente 5 mm de diámetro previamente impregnados con el extracto respectivo.

Para cada tratamiento se emplearon 3 réplicas experimentales, garantizando la confiabilidad de los resultados. Los discos impregnados fueron colocados sobre placas previamente inoculadas con las bacterias Gram negativas aisladas, y posteriormente incubadas a 37 °C. Las lecturas del efecto inhibitorio se realizarán, registrándose el diámetro de las dimensiones de las áreas de inhibición empleando un calibrador digital de exactitud elevada.

Este esquema experimental facilitó la comparación del efecto antimicrobiano del extracto esencial de *Schinus molle* según sus diferentes concentraciones, además de permitir la evaluación de su eficacia en relación con los controles establecidos.

4.1.3. Descripción de los resultados obtenidos

Los valores brutos correspondientes a las mediciones de los halos de inhibición (mm) para las diversas concentraciones y controles se exponen en la tabla subsiguiente:

Tabla 1

N° DE PLACA	HALO DE INHIBICIÓN (mm)	Categoría de Sensibilidad	Tratamiento
1	10,8	SENSIBLE +	100%
2	12,0	SENSIBLE +	100%
3	13,3	SENSIBLE +	100%
4	11,3	SENSIBLE +	100%
5	11,5	SENSIBLE +	100%
6	13,0	SENSIBLE +	100%
7	9,5	SENSIBLE +	100%
8	11,8	SENSIBLE +	100%
9	13,3	SENSIBLE +	100%
10	10,5	SENSIBLE +	100%
11	11,8	SENSIBLE +	100%
12	10,3	SENSIBLE +	100%
13	12,3	SENSIBLE +	100%
14	11,5	SENSIBLE +	100%
15	10,3	SENSIBLE +	100%
16	11,0	SENSIBLE +	100%
17	11,8	SENSIBLE +	100%
18	11,3	SENSIBLE +	100%
19	11,3	SENSIBLE +	100%
20	11,0	SENSIBLE +	100%
21	11,5	SENSIBLE +	100%
22	11,0	SENSIBLE +	100%
23	12,5	SENSIBLE +	100%
24	11,5	SENSIBLE +	100%
25	10,8	SENSIBLE +	100%
26	10,0	SENSIBLE +	100%
27	11,0	SENSIBLE +	100%
28	9,5	SENSIBLE +	100%
29	10,8	SENSIBLE +	100%
30	9,5	SENSIBLE +	100%
31	9,8	SENSIBLE +	100%
32	10,3	SENSIBLE +	100%

Tabla 1. Halos de inhibición del tratamiento al 100% de concentración

Tabla 2

N° DE PLACA	HALO DE INHIBICIÓN (mm)	Categoría de Sensibilidad	Tratamiento
1	26,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
2	26,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
3	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
4	26,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
5	26,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
6	26,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
7	26,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
8	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
9	26,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
10	26,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
11	25,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
12	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
13	26,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
14	25,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
15	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
16	27,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
17	26,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
18	27,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
19	27,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
20	26,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
21	25,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
22	25,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
23	27,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
24	25,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
25	25,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
26	26,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
27	27,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
28	26,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
29	26,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
30	26,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
31	26,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%
32	26,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	50%

Tabla 2. Halos de inhibición del tratamiento al 50%. de concentración.

Tabla 3

N° DE PLACA	HALO DE INHIBICIÓN (mm)	Categoría de Sensibilidad	Tratamiento
1	13,0	SENSIBLE +	25%
2	14,3	MUY SENSIBLE ++	25%
3	15,0	MUY SENSIBLE ++	25%
4	13,3	SENSIBLE +	25%
5	12,8	SENSIBLE +	25%
6	12,8	SENSIBLE +	25%
7	12,8	SENSIBLE +	25%
8	13,3	SENSIBLE +	25%
9	12,8	SENSIBLE +	25%
10	14,3	MUY SENSIBLE ++	25%
11	13,5	SENSIBLE +	25%
12	14,5	MUY SENSIBLE ++	25%
13	15,3	MUY SENSIBLE ++	25%
14	11,5	SENSIBLE +	25%
15	16,3	MUY SENSIBLE ++	25%
16	13,8	SENSIBLE +	25%
17	13,8	SENSIBLE +	25%
18	13,8	SENSIBLE +	25%
19	13,0	SENSIBLE +	25%
20	14,8	MUY SENSIBLE ++	25%
21	13,5	SENSIBLE +	25%
22	14,3	MUY SENSIBLE ++	25%
23	13,0	SENSIBLE +	25%
24	11,5	SENSIBLE +	25%
25	13,5	SENSIBLE +	25%
26	15,3	MUY SENSIBLE ++	25%
27	15,0	MUY SENSIBLE ++	25%
28	14,0	SENSIBLE +	25%
29	13,8	SENSIBLE +	25%
30	13,0	SENSIBLE +	25%
31	11,5	SENSIBLE +	25%
32	14,8	MUY SENSIBLE ++	25%

Tabla 3. Halos de inhibición del tratamiento al 25%. de concentración

Tabla 4

N° DE PLACA	HALO DE INHIBICIÓN (mm)	Categoría de Sensibilidad	Tratamiento
1	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
2	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
3	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
4	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
5	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
6	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
7	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
8	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
9	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
10	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
11	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
12	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
13	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
14	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
15	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
16	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
17	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
18	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
19	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
20	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
21	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
22	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
23	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
24	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
25	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
26	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
27	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
28	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
29	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
30	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
31	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)
32	5,0	NULO	CONTROL NEGATIVO (-)

Tabla 4. Halos de inhibición del control negativo.

Tabla 5

N° DE PLACA	HALO DE INHIBICIÓN (mm)	Categoría de Sensibilidad	Tratamiento
1	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
2	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
3	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
4	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
5	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
6	28,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
7	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
8	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
9	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
10	28,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
11	27,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
12	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
13	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
14	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
15	27,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
16	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
17	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
18	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
19	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
20	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
21	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
22	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
23	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
24	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
25	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
26	27,8	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
27	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
28	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
29	28,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
30	27,5	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
31	28,3	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)
32	29,0	SUMAMENTE SENSIBLE +++	CONTROL POSITIVO (+)

Tabla 5. Halos de inhibición del control positivo.

Tabla 6

PROMEDIO GENERAL						
HALOS DE INHIBICIÓN	TRATAMIENTO					
	Replica	100%	50%	25%	CONTROL NEGATIVO	CONTROL POSITIVO
	1	11,7	26,5	13,4	5,0	28,0
	2	11,2	26,5	14,0	5,0	27,9
	3	11,2	26,4	13,5	5,0	28,0
Categoría de Sensibilidad		SENSIBLE +	SUMAMENTE SENSIBLE +++	SENSIBLE +	NULO	SUMAMENTE SENSIBLE +++

Tabla 6. Resumen GENERAL de los tratamientos.

4.1.4. Evaluación descriptiva de los datos obtenidos

Del examen gráfico de los datos obtenidos se observa que el incremento gradual de la concentración del aceite esencial de *Schinus molle* se relaciona con un aumento proporcional en el diámetro de los halos de inhibición registrados en las placas de cultivo, lo que refleja una dependencia directa respecto a la cantidad suministrada, además, el efecto biocida ejercido sobre bacterias Gram negativas.

- **Figura N° 04**

*Pequeños halos de inhibición en la concentración del 100% de aceite esencial de **Schinus molle**, demostrando lo poco sensible o nula que es frente a cepas de bacterias gram negativas.*



Gráfico 4. Pequeños halos de inhibición en placas Petri a la concentración de 100%

- **Figura N° 05**

*Se observaron halos de inhibición de diámetro significativo a la concentración del 50 % del aceite esencial de **Schinus molle**, lo que evidencia una elevada sensibilidad de las cepas de bacterias Gram negativas frente a este tratamiento.*



Gráfico 5. Halos de inhibición de tamaño considerable a la concentración de 50% en placas Petri

- **Figura N° 06**

*Pequeños halos de inhibición en la concentración del 25% de aceite esencial de **Schinus molle**, demostrando lo poco sensible que es frente a cepas de bacterias gram negativas.*



Gráfico 6. Pequeños halos de inhibición a la concentración de 25 en placas Petri.

- **Figura N° 07**

Discos de sensibilidad con el control negativo (agua destilada) sin ningún halo de inhibición.



Gráfico 7. Nula actividad antimicrobiana en el control negativo

• **Figura N° 08**

Halos de inhibición de gran escala del control positivo (Gentamicina), demostrando lo extremadamente sensible que es frente a cepas de bacterias gram negativas.



Gráfico 8. Gran actividad antimicrobiana en los halos de inhibición debido al control positivo (Gentamicina)

4.2. Contraste de la hipótesis

4.2.1. Hipótesis General

- **H₁:** La aplicación del aceite esencial de *Schinus molle* ejerce un efecto biocida significativo sobre bacterias Gram negativas, evidenciando actividad antibacteriana frente a cepas con resistencia a antibióticos.
- **H₀:** El uso del aceite esencial de *Schinus molle* no genera un efecto biocida significativo sobre bacterias Gram negativas, por lo que no se evidencia actividad antibacteriana frente a cepas resistentes.

ANOVA					
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P valor
Entre grupos	398,60139	2	199,3006962	2996,4101	1,00059x10 ⁻⁹
Dentro de grupos	0,3990789	6	0,066513157		
Total	399,00047	8	49,87505891		

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de las concentraciones del aceite esencial de Schinus molle.

Con la finalidad de evaluar contrastes cuantitativos entre categorías experimentales, se aplicó un procedimiento estadístico comparativo de tipo factorial simple. Los resultados obtenidos evidenciaron una razón F extremadamente elevada ($F = 2996,410119$), acompañada

de una probabilidad asociada muy reducida ($p = 1,00059 \times 10^{-9}$), lo cual se sitúa ampliamente por debajo del criterio convencional de decisión ($\alpha = 0,05$). Este comportamiento matemático confirma la presencia de contrastes relevantes entre los tratamientos considerados, con un grado de certeza del 95%, permitiendo descartar el supuesto de igualdad y respaldar la proposición que sostiene un efecto biológico diferenciado del aceite esencial de *Schinus molle* sobre las bacterias Gram negativas evaluadas.

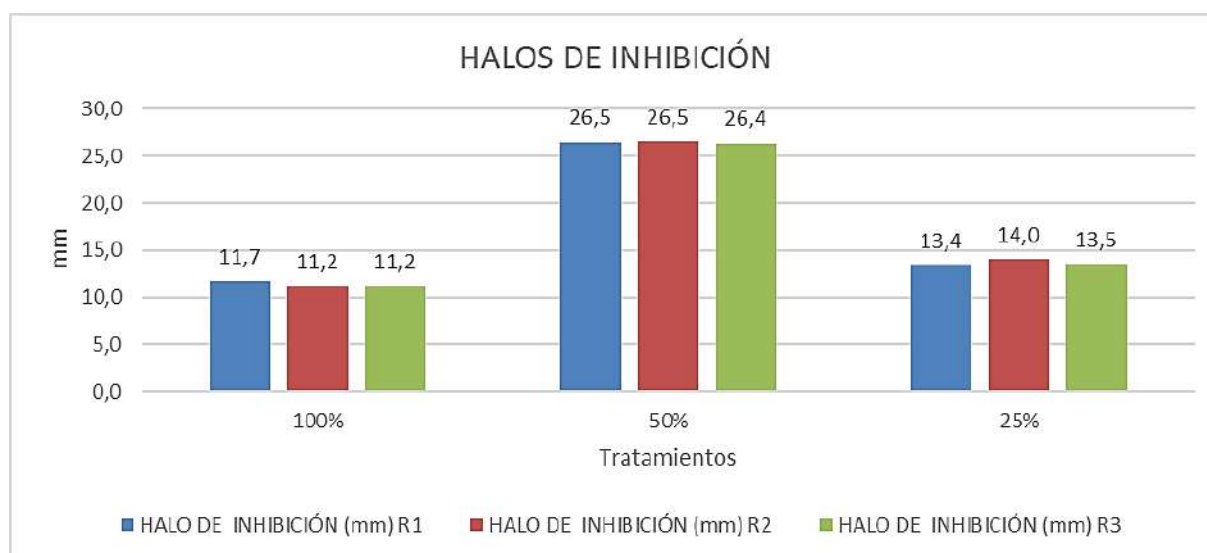


Gráfico 9. Gráfico de barras que muestra la comparación de los promedios de los diámetros de los halos de inhibición.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La figura de columnas ilustra la magnitud de los diámetros de inhibición obtenidos tras la aplicación del aceite esencial de *Schinus molle* en distintas proporciones, considerando además las repeticiones experimentales realizadas. Se aprecia que la formulación al 50% alcanza los valores más elevados de inhibición, con mediciones cercanas a los 26 mm en las tres réplicas, lo que evidencia una respuesta antibacteriana marcada y consistente. En contraste, la dilución al 100% muestra diámetros notablemente menores, alrededor de 11 mm, indicando una acción más limitada frente a las bacterias gram negativas evaluadas.

Por otro lado, la concentración al 25% genera halos intermedios, con registros próximos a los 13–14 mm, superiores al efecto observado en la concentración máxima, pero claramente

inferiores al desempeño del 50%. El control negativo mantiene valores constantes y reducidos, confirmando la ausencia de efecto inhibitorio, mientras que el control positivo exhibe los mayores diámetros, cercanos a 28 mm, validando la sensibilidad del ensayo y el correcto funcionamiento de la técnica aplicada.

En conjunto, el patrón observado sugiere que la capacidad antimicrobiana del aceite no aumenta de forma proporcional con la concentración, destacándose una mayor eficacia en niveles intermedios. Asimismo, la similitud entre las réplicas indica estabilidad en la respuesta experimental, reforzando la idea de que ciertos rangos de concentración favorecen una interacción más eficiente de los compuestos activos del aceite con las bacterias Gram negativas analizadas.

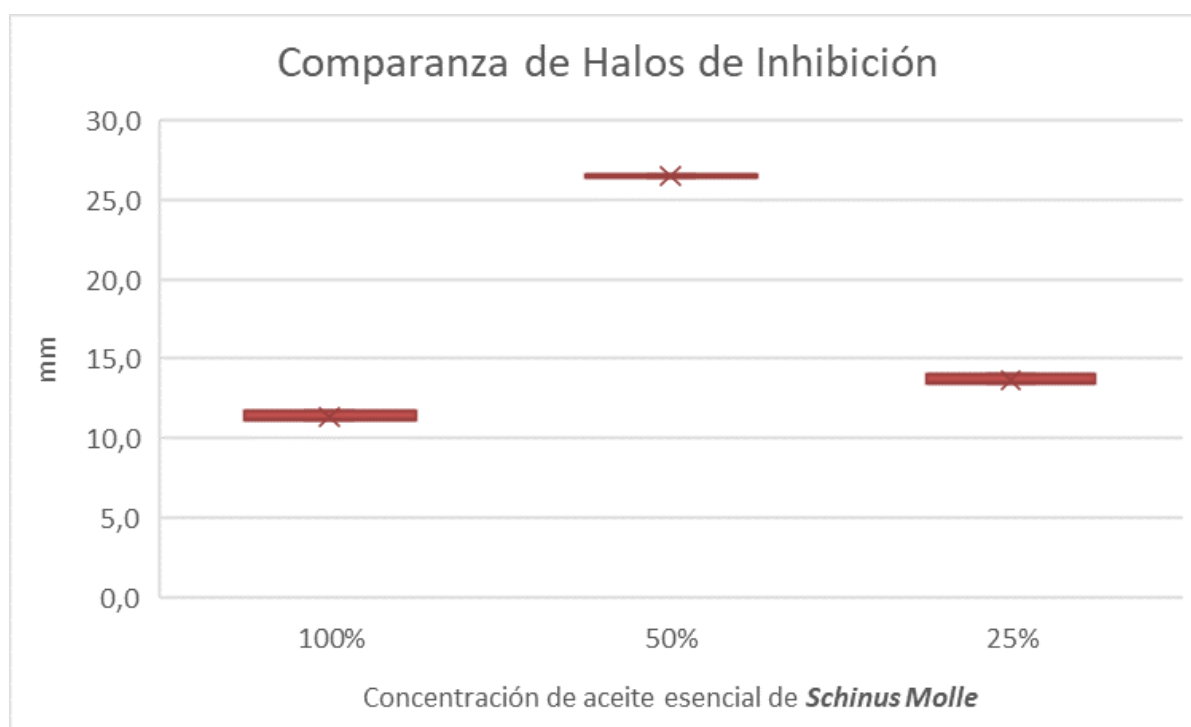


Gráfico 10. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los diámetros de los halos de inhibición.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El diagrama de cajas y bigotes presentado permite apreciar la distribución y el comportamiento de los diámetros de inhibición registrados para las distintas proporciones del aceite esencial de *Schinus molle*. A partir de la representación gráfica se observa que la

formulación al 50% concentra los valores más elevados, con una posición central claramente superior al resto de concentraciones, lo que refleja una respuesta antibacteriana más intensa frente al microorganismo evaluado. Por el contrario, la concentración al 100% muestra una ubicación más baja y un rango reducido, evidenciando un efecto inhibitorio limitado.

Asimismo, la dilución al 25% presenta valores intermedios, con una dispersión moderada y diámetros mayores que los observados en la concentración máxima, aunque sin alcanzar el desempeño del 50%. La amplitud de las cajas sugiere diferencias en la variabilidad de los datos, indicando que ciertas concentraciones generan respuestas más homogéneas, mientras que otras presentan ligeras fluctuaciones entre las repeticiones.

Kruskal-Wallis Test				
	100%	50%	25%	Total
Mediana	11,2	26,5	13,5	
Suma de rangos	6	24	15	
Conteo	3	3	3	9
r^2/n	12	192	75	279
Estadístico H				7,2
H con empates				7,2
gl (grados de libertad)				2
P - valor				0,02732372
Alfa				0,05
Significancia				Sí

Tabla 8. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis Test de los tratamientos de aceite esencial de *Schinus molle* al 100%, 50% y 25% de concentración.

Con el propósito de verificar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones del aceite esencial de *Schinus molle* (100 %, 50 % y 25 %) en función de los diámetros de los halos de inhibición, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizando la mediana y la distribución de rangos como criterios de comparación entre los grupos analizados.

Los resultados muestran que la concentración al 50% presentó la mediana más elevada (26,5 mm), seguida por la concentración al 25% (13,5 mm), mientras que la concentración al 100% registró el valor central más bajo (11,2 mm). Asimismo, la suma de rangos fue mayor para el tratamiento al 50%, lo que evidencia una respuesta antibacteriana superior en comparación con las demás concentraciones analizadas.

El valor del estadístico H fue de 7,2 con 2 grados de libertad, obteniéndose un nivel de significancia de $p = 0,0273$, el cual es menor al umbral establecido ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, se descarta la hipótesis nula y se respalda la hipótesis alternativa, evidenciando que la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Schinus molle* varía de manera significativa en función de la concentración utilizada, destacando la formulación al 50 % como la de mayor efecto inhibitorio frente a bacterias Gram negativas.

ANOVA					
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P valor
Entre grupos	1190,57963	4	297,6449076	7327,35662	$2,7685 \times 10^{-17}$
Dentro de grupos	0,40621048	10	0,040621048		
Total	1190,98584	14	85,0704172		

Tabla 9. Análisis de ANOVA entre las concentraciones de aceite esencial de *Schinus molle* y los controles tanto negativos (agua destilada) y el positivo (Gentamicina)

Los análisis estadísticos realizados evidencian diferencias significativas en los halos de inhibición producidos por el aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas. Los valores de significancia obtenidos, inferiores al nivel crítico establecido ($\alpha = 0,05$), demuestran que la respuesta antibacteriana varía de manera significativa según la concentración aplicada, confirmando la presencia de un efecto biocida real bajo las condiciones experimentales del estudio.

En función de estos resultados, se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que los datos muestran que el aceite esencial no actúa de manera indiferente sobre las bacterias evaluadas. Por el contrario, se acepta la hipótesis alternativa (H_1), al evidenciarse que *Schinus molle*

demuestra un efecto antimicrobiano inhibitoria sobre poblaciones bacterianas Gram negativas, incluso en escenarios vinculados a resistencia antimicrobiana. Estos hallazgos respaldan el potencial del aceite esencial de *Schinus molle* como agente biocida, sugiriendo que su eficacia depende de la concentración utilizada y que puede constituir una alternativa natural con aplicación en el control de bacterias resistentes.

Q TEST							
Grupo 1	Grupo 2	Media	Error Estándar	q-stat	Mínimo	Máximo	P valor
100%	50%	15,129154	0,14889947	101,6065	14,48307965	15,77522925	$1,0734 \times 10^{-9}$
100%	25%	2,3079423	0,14889947	15,500004	1,661867525	2,954017128	$8,4559 \times 10^{-5}$
50%	25%	12,821212	0,14889947	86,106499	12,17513732	13,46728692	$1,453 \times 10^{-9}$

Tabla 10 .Comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey (HSD) entre las concentraciones del aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas.

El análisis post hoc de Tukey permitió identificar diferencias específicas entre las concentraciones evaluadas del aceite esencial de *Schinus molle*. En la comparación entre 100% y 50%, se observó una diferencia de medias de 15,13 mm, con un valor de $q = 101,61$ y un $p = 1,0734 \times 10^{-9}$, lo que indica una diferencia altamente significativa. El intervalo de confianza (14,48 – 15,77) no incluye el valor cero, confirmando que la concentración al 100% presenta un efecto inhibitorio significativamente mayor que el 50%.

En la comparación entre 100% y 25%, la diferencia de medias fue de 2,31 mm, con un $q = 15,50$ y un $p = 8,4559 \times 10^{-5}$, evidenciando también una diferencia estadísticamente significativa. Aunque la magnitud de la diferencia es menor respecto a la comparación anterior, la concentración al 100% continúa mostrando mayor actividad antibacteriana que el 25%.

Finalmente, al comparar 50% y 25%, se obtuvo una diferencia de medias de 12,82 mm, con un $q = 86,11$ y un $p = 1,453 \times 10^{-9}$, lo que demuestra una diferencia altamente significativa entre ambas concentraciones. El intervalo de confianza (12,17 – 13,47) confirma nuevamente que el efecto inhibitorio aumenta con la concentración.

En conjunto, todos los valores de p son menores a 0,001, lo que permite rechazar la hipótesis nula en todas las comparaciones por pares. Estos resultados evidencian que existen diferencias

estadísticamente significativas entre las tres concentraciones evaluadas y confirman un comportamiento dosis-dependiente, donde el incremento en la concentración del aceite esencial se asocia con un aumento significativo en el halo de inhibición frente a bacterias Gram negativas.

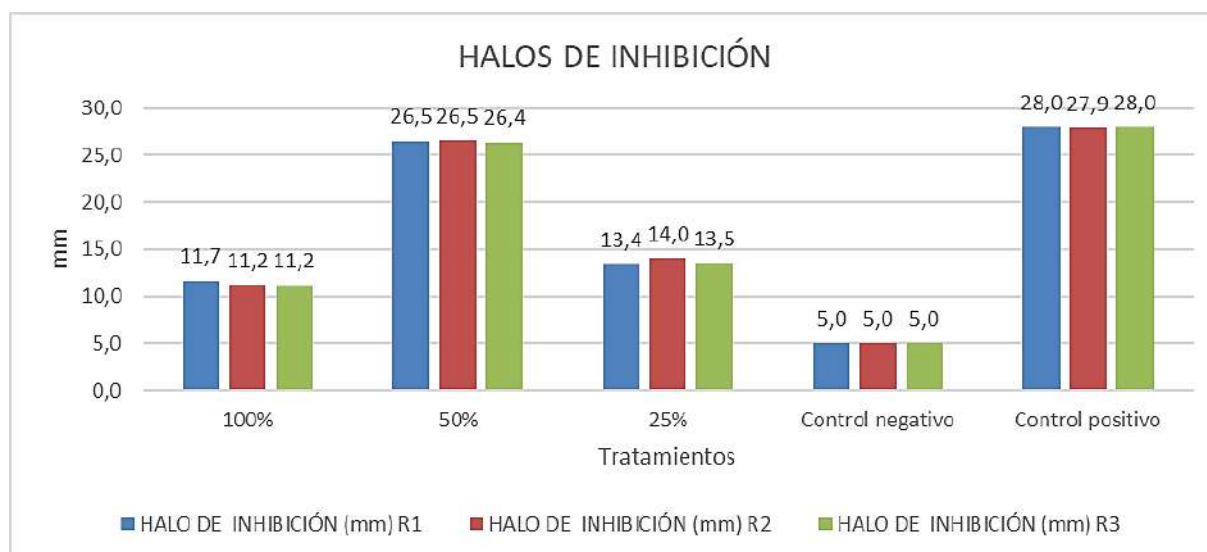


Gráfico 11. Gráfico de barras que muestra la comparación de los promedios de los diámetros de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones de aceite esencial de *Schinus molle* y grupos control.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El diagrama de barras muestra la variación de los diámetros de los halos de inhibición registrados para las distintas concentraciones del aceite esencial de *Schinus molle* a través de las tres repeticiones experimentales. Se observa que la concentración al 50% genera los valores más elevados y consistentes, con halos cercanos a los 26 mm en todas las mediciones, lo que indica una respuesta antibacteriana marcada y estable frente a las bacterias gram negativas evaluadas.

Por otro lado, la concentración al 25% presenta un efecto inhibitorio intermedio, con diámetros que oscilan alrededor de los 13–14 mm, superiores a los registrados en la concentración máxima. En contraste, el tratamiento al 100% muestra los halos más reducidos entre las concentraciones evaluadas, con valores cercanos a los 11 mm, lo cual indica que el aumento de la concentración no implica necesariamente una mayor actividad antibacteriana.

Finalmente, la uniformidad observada entre las repeticiones para cada tratamiento

refleja una adecuada reproducibilidad del ensayo. En conjunto, los resultados confirman que la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Schinus molle* depende de la proporción aplicada, destacándose la concentración al 50% como la más efectiva, mientras que las concentraciones extremas presentan un efecto inhibitorio menor bajo las condiciones experimentales del estudio.

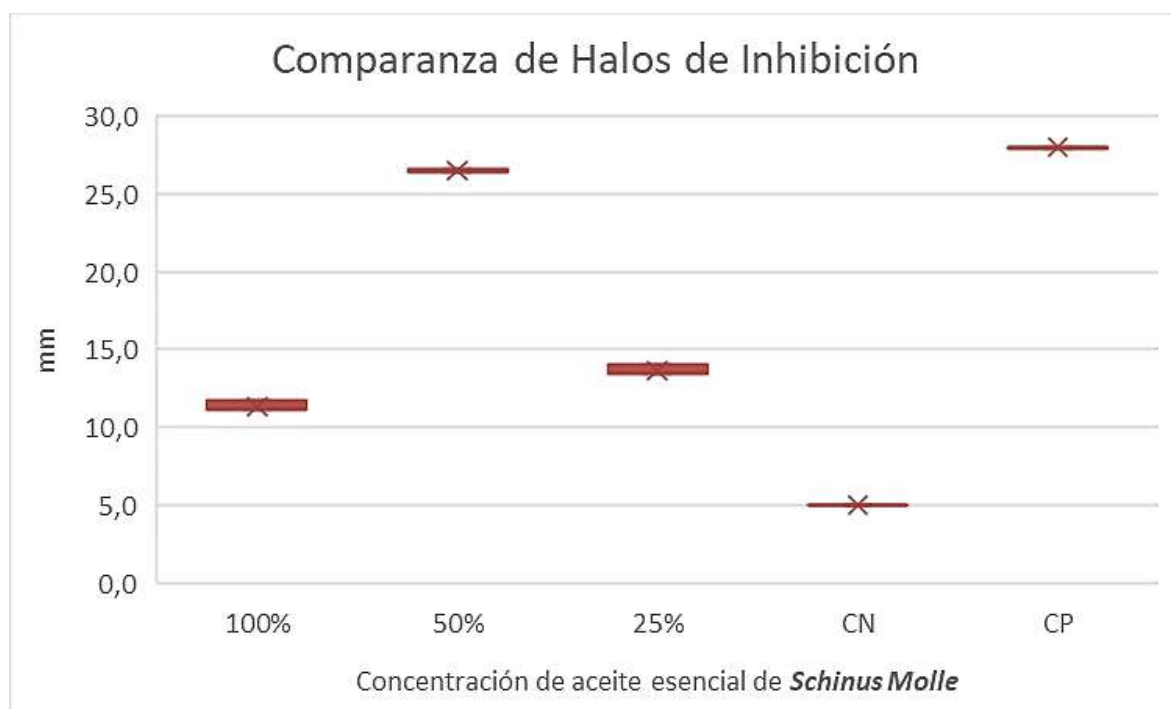


Gráfico 12. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los diámetros de los halos de inhibición.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se observa que el **control positivo** presenta la posición central más elevada, con valores concentrados alrededor de los 28 mm, lo que confirma su alta eficacia inhibitoria frente a la bacteria evaluada. De manera similar, la concentración al **50%** del aceite esencial exhibe una mediana alta y una dispersión mínima, lo que indica un efecto antibacteriano potente y consistente entre las repeticiones. En contraste, la concentración al **25%** muestra una mediana intermedia, reflejando una capacidad inhibitoria moderada.

Por otro lado, la concentración al **100%** presenta valores centrales inferiores a los del 25%, lo que sugiere que el aumento de la concentración no conlleva necesariamente una mayor actividad antibacteriana. Finalmente, el **control negativo** exhibe la mediana más baja y una

dispersión prácticamente nula, confirmando la ausencia de efecto inhibitorio. En conjunto, este gráfico respalda que la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Schinus molle* es dependiente de la concentración, destacándose una mayor eficacia en concentraciones intermedias, particularmente al 50%, bajo las condiciones experimentales del estudio.

Kruskal-Wallis Test						
	100%	50%	25%	CONTROL NEGATIVO	CONTROL POSITIVO	Total
Mediana	11,2	26,5	13,5	5,0	28,0	
Suma de rangos	15	33	24	6	42	
Conteo	3	3	3	3	3	15
r^2/n	75	363	192	12	588	1230
Estadístico H						13,5
H con empates						13,597122
gl (grados de libertad)						4
P - valor						0,0086984
Alfa						0,05
Significancia						Sí

Tabla 11. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis Test de los tratamientos de aceite esencial de *Schinus molle* al 100%, 50% y 25%, control negativo y el control positivo (Gentamicina)

Con el propósito de identificar posibles variaciones con significancia estadística en las medidas de las zonas de inhibición generadas por los diferentes niveles de concentración del aceite esencial de *Schinus molle*, y los tratamientos de referencia, se utilizó la prueba estadística de Kruskal-Wallis para datos no paramétricos, considerando la comparación simultánea de cinco grupos independientes.

Los resultados indican que el control positivo presentó la mediana más elevada (28,0 mm), evidenciando la mayor capacidad inhibitoria frente a la bacteria evaluada. En segundo

lugar, la concentración al 50% del aceite esencial mostró una mediana alta (26,5 mm), lo que refleja un efecto antibacteriano considerable. Por el contrario, las concentraciones al 25% y 100% registraron valores centrales menores (13,5 mm y 11,2 mm, respectivamente), mientras que el control negativo alcanzó la mediana más baja (5,0 mm), confirmando la ausencia de actividad inhibidora relevante.

El contraste estadístico arrojó un valor H con corrección por empates de 13,60 y 4 grados de libertad, registrándose una probabilidad asociada de $p = 0,0087$, inferior al criterio de significancia fijado ($\alpha = 0,05$). En función de ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando que la actividad antibacteriana presenta diferencias significativas entre los tratamientos analizados. Estos resultados indican que el aceite esencial de *Schinus molle* ejerce un efecto biocida dependiente de la concentración, destacando la formulación al 50 % como la de mayor eficacia, con un desempeño comparable al antibiótico de referencia.

4.2.2. Hipótesis específica 1

- **H₁:** El aceite esencial de *Schinus molle* al 25% tiene un efecto inhibitorio significativo para el biocontrol de cepas Gram negativas.
- **H₀:** El aceite esencial de *Schinus molle* al 25% no tiene un efecto inhibitorio significativo sobre el crecimiento de cepas Gram negativas

4.2.3. Hipótesis específica 2

- **H₁:** El aceite esencial de *Schinus molle* al 50% **presenta** actividad antibacteriana efectiva para el biocontrol de cepas Gram negativas.
- **H₀:** El aceite esencial de *Schinus molle* al 50% **no presenta** actividad antibacteriana contra cepas Gram negativas.

4.2.4. Hipótesis específica 3

- **H₁**: El aceite esencial de *Schinus molle* al 100% **muestra** una capacidad de biocontrol efectiva sobre bacterias Gram negativas.
- **H₀**: El aceite esencial de *Schinus molle* al 100% **no muestra** una capacidad de biocontrol superior al control negativo sobre bacterias Gram negativas.

V. DISCUSIÓN

Los hallazgos del presente estudio evidencian que el aceite esencial de *Schinus molle* presenta una actividad antibacteriana significativa contra bacterias Gram negativas, evidenciándose diferencias claras en la magnitud de la inhibición según la concentración aplicada. Tanto el análisis de varianza (ANOVA) como la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis confirmaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$), lo que indica que la respuesta antibacteriana no es homogénea y depende de la proporción del aceite esencial utilizada.

La concentración al **50%** mostró el mayor efecto inhibitorio entre las concentraciones ensayadas, con halos de inhibición consistentemente superiores y una mediana elevada, comportamiento que fue estadísticamente comparable al control positivo. Este hallazgo concuerda con lo reportado por **Requejo Quispe (2019)**, quien observó halos amplios a concentraciones intermedias del aceite esencial de *Schinus molle*. Asimismo, estudios nacionales como los de **Luque Machare y Jaramillo Briceño (2020)** y **Rojas Bermeo (2020)** reportan halos de inhibición considerables frente a *Escherichia coli* utilizando volúmenes o concentraciones que no corresponden necesariamente a formulaciones puras, lo que respalda la idea de que concentraciones intermedias pueden optimizar la actividad antibacteriana.

En contraste, la concentración al **100%** presentó un efecto inhibitorio menor que el observado al 50%, evidenciado tanto en los valores de los halos como en su posición dentro de los gráficos de cajas y bigotes. Este comportamiento sugiere que el aumento de la concentración no implica necesariamente una mayor eficacia antibacteriana, lo cual podría explicarse por fenómenos como la disminución de la difusión del aceite en el medio de cultivo o interacciones antagonistas entre sus componentes. Resultados similares han sido descritos por **Ibarra Grandez (2019)**, quien reportó halos modestos incluso utilizando el aceite esencial en estado puro, así como por **Vargas Quispitupa y Oviedo Cueva (2019)**, quienes señalaron una

actividad limitada frente a *E. coli* en comparación con conservantes sintéticos.

La concentración del 25 % evidenció un efecto inhibitorio de intensidad intermedia, mayor al observado con la concentración del 100 % pero menor al registrado con el 50 %, lo que respalda la hipótesis de una relación no lineal entre la concentración aplicada y la actividad antibacteriana. Este comportamiento ha sido descrito previamente en estudios internacionales como los de **Rocha et al. (2023)** y **Djellouli y Ziane (2024)**, quienes reportaron una acción moderada del aceite esencial de *Schinus molle* frente a bacterias Gram negativas, además de una mayor susceptibilidad en bacterias Gram positivas.

La menor sensibilidad de las bacterias Gram negativas se explica por la estructura de su envoltura celular, caracterizada por una membrana externa rica en lipopolisacáridos, la cual funciona como una barrera protectora frente a compuestos hidrofóbicos presentes en los aceites esenciales.

Los resultados estadísticos obtenidos mediante Kruskal-Wallis refuerzan estas observaciones, al evidenciar diferencias significativas entre las concentraciones del aceite esencial y los tratamientos de referencia, confirmando que la formulación al 50% se posiciona como la más efectiva entre las evaluadas. Este comportamiento coincide con lo descrito por **Belloumi et al. (2024)** y **Turchetti et al. (2020)**, quienes demostraron que la fraccionación o concentración selectiva de ciertos compuestos terpénicos incrementa la actividad antimicrobiana, sugiriendo que la proporción y combinación de metabolitos bioactivos es determinante en la eficacia final del aceite.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio confirman que el aceite esencial de *Schinus molle* posee un efecto antibacteriano significativo frente a bacterias Gram negativas, el cual es dependiente de la concentración aplicada. La mayor eficacia observada en concentraciones intermedias, particularmente al 50%, sugiere que este aceite esencial podría considerarse una alternativa natural prometedora en el control bacteriano.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El aceite esencial de *Schinus molle* evidenció una actividad antibacteriana significativa contra bacterias Gram negativas en las condiciones experimentales evaluadas, logrando así el cumplimiento del objetivo general del estudio y ratificando su potencial uso como agente de biocontrol.

La concentración al **50%** presentó el mayor efecto inhibitorio, evidenciado por los diámetros más altos de los halos de inhibición y respaldado por los análisis estadísticos (ANOVA y prueba de Kruskal-Wallis), lo que indica que esta concentración genera una respuesta biocida más eficiente y consistente frente a la bacteria evaluada.

La concentración al **25%** mostró una acción antibacteriana moderada, superior a la observada en la concentración máxima, lo que demuestra que incluso diluciones intermedias del aceite esencial pueden ejercer un efecto inhibitorio relevante frente a bacterias Gram negativas.

La concentración al **100%** evidenció un efecto biocida menor en comparación con la concentración al 50%, lo que sugiere que el incremento de la concentración no se traduce necesariamente en una mayor eficacia antibacteriana, posiblemente debido a limitaciones en la difusión del aceite o a interacciones entre sus compuestos.

Los hallazgos obtenidos posibilitaron el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, evidenciando que el aceite esencial de *Schinus molle* presenta una acción biocida significativa contra bacterias Gram negativas, la cual varía en función de la concentración empleada.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda profundizar en estudios que evalúen la composición química del aceite

esencial de *Schinus molle* mediante técnicas analíticas como GC-MS, a fin de identificar los compuestos responsables de la actividad antibacteriana observada.

Se sugiere realizar ensayos adicionales con concentraciones intermedias cercanas al 50%, para determinar con mayor precisión el rango óptimo de eficacia antibacteriana.

Es recomendable ampliar el número de cepas bacterianas Gram negativas, incluyendo cepas clínicas con distintos perfiles de resistencia, con el fin de validar el potencial del aceite esencial como agente de biocontrol en contextos más amplios.

Se aconseja desarrollar estudios *in vivo* y pruebas de toxicidad, que permitan evaluar la seguridad y viabilidad del aceite esencial de *Schinus molle* para posibles aplicaciones terapéuticas, farmacéuticas o agroindustriales.

Finalmente, se recomienda considerar el uso del aceite esencial de *Schinus molle* como una alternativa natural complementaria en estrategias de control bacteriano, especialmente frente al creciente problema de la resistencia antimicrobiana.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcora. (2021, mayo 18). Diferencia entre bacteriostático y bactericida. [alcora.es/blog.
https://alcora.es/blog/diferencia-entre-bacteriostatico-y-bactericida/](https://alcora.es/blog/diferencia-entre-bacteriostatico-y-bactericida/)
2. Belloumi, S., Bourgou, S., Jallouli, S., Fares, N., Hamdi, S. H., Bachrouch, O., Sriti, J., Jemaa, J. M. B., Msaada, K., & Salem, N. (2024). Fractionation of *Schinus molle* essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and anti-inflammatory potentials. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 10(3), 1931–1943. <https://doi.org/10.1007/s41207-024-00651-8>
3. Bermeo, R., & Sharon, S. (2016). Screening fitoquímico y efecto antimicrobiano del aceite esencial del *Schinus molle* molle. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/5734>
4. Bush, M. (2022). Introducción a las bacterias gram negativas. [msdmanuals.
https://www.msdmanuals.com/es-pe/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/introducci%C3%B3n-a-las-bacterias-gram-negativas](https://www.msdmanuals.com/es-pe/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/introducci%C3%B3n-a-las-bacterias-gram-negativas)
5. Cisneros Hilario, C. B. (2022). Mejora del proceso de destilación por arrastre con vapor de agua para incrementar la producción de aceites esenciales [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Chicla, Perú]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114836>
6. Cortez, A. (2018). Identificación de metabolitos secundarios en hojas de *Schinus molle* (molle) procedente del caserío de Huañimba - Cajabamba. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/7795>
7. Djellouli, M., & Ziane, L. (2024). Antioxidant and antibacterial properties of essential oil of *Schinus molle* L. from Southwest of Algeria. [Ekb.eg.
https://ejchem.journals.ekb.eg/article_367097.html](https://ejchem.journals.ekb.eg/article_367097.html)
8. Guzmán, E., & Rodríguez, E. (2021). Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de las hojas de *Chenopodium ambrosioides* L “Paico” y *Schinus molle* “Molle” frente a cepas de *Staphylococcus aureus*. <https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14140/329/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Ibarra, L. (2019). Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Schinus molle* “molle” a diferentes concentraciones sobre el *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*.

<https://repositorio.uandina.edu.pe/item/973845ad-a2ff-45de-9466-0ce59acbeb83>

10. JARDIMAG. (2025). El Árbol de Molle: Un tesoro natural de la flora andina. <https://www.jardimag.ec/noticia/item/el-arbol-de-molle-un-tesoro-natural-de-la-flora-andina>
11. Luque Machare, P. de J., & Jaramillo Briceño, M. R. (2020). Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Schinus molle* L. frente a cepas de Salmonella entérica y Escherichia coli [Tesis de licenciatura, Universidad Alas Peruanas]. <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/1227>
12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2025). ¿Qué es un biocida? Gobierno de España. <https://www.miteco.gob.es/es/quimica/temas/productos-biocidas/>
13. OPS/OMS. (2024). OMS actualiza lista de patógenos resistentes. paho.org. <https://www.paho.org/es/noticias/10-7-2024-oms-actualiza-lista-patogenos-resistentes>
14. Ospinal, Z., & Leonor, A. (2019). Actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial del fruto maduro de *Schinus molle* L. (Molle) frente a cepa de *Candida albicans* ATCC 10231. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UWIE_b3a3c3d37ecb9089e2c6e99b62e5e8b2/Details
15. Palomeque, J. (2022). Efecto inhibitorio del extracto de *Schinus molle* L. (Molle), a diferentes tiempos y concentraciones sobre cepas de Staphylococcus aureus. Estudio in vitro. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/96be00c4-326e-4def-b175-dcda26d2110e>
16. Pérez, M., & Castillo, G. (2021). Composición y aplicaciones de aceites esenciales en aromaterapia. Revista Peruana de Fitoterapia, 3(2), 45–58.
17. Requejo Quispe, E. E. (2019). Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hojas de *Schinus molle* frente a Staphylococcus aureus. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/4567>
18. Rocha, P., Rodilla, J., Díez, D., Elder, H., Guala, M., Silva, L., & Pombo, E. (2023). Synergistic antibacterial activity of the essential oil of aguaribay (*Schinus molle* L.). Molecules, 17(10), 12023–12036. <https://doi.org/10.3390/molecules171012023>

19. Ruiz Quiroz, J. R., & Salazar Salvatierra, M. E. (2021). Composición química y actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Citrus paradisi*, *Juglans neotropica* Diels, *Schinus molle* y *Tagetes elliptica*. Revista de la Sociedad Química del Perú, 87(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i3.350>
20. Shehata, G., Sharaf, M., Kalaba, M., & Shaban, A. (2025). Phytochemical analysis, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxicity activities of *Schinus molle* (L.) extracts. Biomass Conversion and Biorefinery, 15(3), 3753–3770. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05301-1>
21. Solmeglas. (2022). Medios de cultivo: ¿Qué es un medio de cultivo? solmeglas.com. <https://solmeglas.com/medios-de-cultivo-que-son-funcionalidades-calidad/>
22. Turchetti, G., Garzoli, S., Laghezza Masci, V., Sabia, C., Iseppi, R., Giacomello, P., Tiezzi, A., & Ovidi, E. (2020). Antimicrobial testing of *Schinus molle* (L.) leaf extracts and fractions followed by GC-MS investigation of biological active fractions. Molecules, 25(8), 1977. <https://doi.org/10.3390/molecules25081977>
23. Vargas, R. (2019). Evaluación de la eficiencia de conservación antibacteriana del aceite esencial de *Schinus molle* L. frente a *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* ATCC, comparado con parabenos. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4256>
24. Velásquez, M. (2021). Efecto antimicrobiano in vitro del aceite esencial de frutos de *Schinus molle* L. (Molle) frente a *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/4d784254-9968-4d85-9c9a-7443e76958e4>
25. Volpini Klein, A. F. N., Lima Júnior, S. E., Cardoso, C. A. L., & al. (2021). Chemical composition of essential oils from leaves and fruits of *Schinus molle* obtained by different extraction methods and seasonal variations. Journal of Essential Oil Research, 24(2), 228–242. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1914739>
26. WikiHow. (2021, enero 10). Cómo mezclar aceites esenciales con aceites portadores. <https://es.wikihow.com/mezclar-aceites-esenciales-con-aceites-portadores>
27. Xiomy, B., & Philco, M. (2019). Estudio comparativo de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial del *Schinus molle* L. (molle) frente al gluconato de clorhexidina al 2% sobre cepas de *Enterococcus faecalis*. <https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2390/RESUMEN.pdf>

[f?sequence=1&isAllowed=y](#)

28. Zambrano, A. (2019). Actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial del fruto maduro de *Schinus molle* L. (Molle) frente a cepa de *Candida albicans* ATCC 10231. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/67fb8f82-f701-477f-b9aa-f3f65e5241e6>
29. Zapata, T. (2022). Evaluación del efecto antimicrobiano in vitro de los aceites esenciales de muña (*Minthostachys mollis*), molle (*Schinus molle*) y limón sutil (*Citrus aurantifolia*) frente a aislados patogénicos de *Aeromonas* spp. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/12961/Evaluacion_AparicioZapata_Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y