Artículo original

# Perfil fitoquímico y actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas de *Salvia lanicaulis*

## Phytochemical Profile and Antibacterial Activity of the Essential Oil from the Leaves of *Salvia lanicaulis*

Katherine Esther Vásquez Núñez[1*] https://orcid.org/0009-0007-6137-9375

Carmen Eddy Medina-Rodríguez[1] https://orcid.org/0000-0002-8467-8905

Claudia Carolina Rodríguez-Ulloa[1] https://orcid.org//0000-0001-7159-6559

Yoner Alito Salas Pastor[2] https://orcid.org/0000-0002-7593-2350

[1]Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Biología y Biotecnología. Cajamarca, Perú.

[2]Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Cajamarca, Perú.

[*]Autor para la correspondencia: kvasquezn17_1@unc.edu.pe

**RESUMEN**

**Introducción:** El Perú posee una gran diversidad de plantas medicinales, muchas de ellas poco estudiadas a nivel fitoquímico. La *Salvia lanicaulis (*Epling & Játiva) (Lamiaceae), especie nativa utilizada tradicionalmente con fines medicinales, carece de investigaciones científicas que respalden sus propiedades.

**Objetivo:** Determinar el perfil fitoquímico y evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas de *Salvia lanicaulis*.

**Métodos:** Estudio experimental. El aceite esencial de las hojas de *Salvia lanicaulis* se extrajo mediante destilación por arrastre de vapor. El análisis fitoquímico se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. La

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

actividad antibacteriana se evaluó empleando cepas de referencia de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, por el método de difusión en disco (Kirby-Bauer), utilizando concentraciones másicas del aceite esencial de 18,5; 9,25 y 4,63 mg/disco, diluido en etanol. Como control positivo se usaron discos de gentamicina (10 *µ*g), y control negativo discos con etanol. Se aplicó la escala de Duraffourd para interpretar los halos de inhibición.

**Resultados:** Se identificaron 61 compuestos; los principales fueron germacreno D (25,95 %), ciclohexano derivado (21,44 %), cariofileno (15,69 %) y 2(10)-pineno (9,90 %). No se observó actividad frente a *Escherichia coli*; en cambio, *Staphylococcus aureus* mostró sensibilidad al aceite esencial al 100 %.

**Conclusiones:** El aceite esencial de *Salvia lanicaulis*, rico en sesquiterpenos, sugiere interés como fuente de compuestos naturales con potencial aplicación complementaria frente a bacterias grampositivas como *Staphylococcus aureus*.

**Palabras clave:** aceite esencial; *Salvia lanicaulis*; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus;* actividad antibacteriana.

## ABSTRACT

**Introduction:** Peru possesses a great diversity of medicinal plants, many of which have been little studied from a phytochemical perspective. *Salvia lanicaulis* (Epling & Játiva) (Lamiaceae), a native species traditionally used for medicinal purposes, lacks scientific research to support its properties.

**Objective:** To determine the phytochemical profile and evaluate the antibacterial activity of the essential oil from the leaves of *Salvia lanicaulis*.

**Methods:** Experimental study. The essential oil from the leaves of *Salvia lanicaulis* was extracted via steam distillation. Phytochemical analysis was performed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Antibacterial activity was evaluated using reference strains of *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) via the disk diffusion method (Kirby-Bauer), testing essential oil concentrations of 18.5, 9.25, and 4.63 mg/disk (diluted in ethanol). Gentamicin disks (10 µg) were used as a positive control, and disks containing ethanol served as a negative control. The Duraffourd scale was used to interpret the zones of inhibition.

**Results:** A total of 61 compounds were identified; the primary components were germacrene D (25.95%), a cyclohexane derivative (21.44%), caryophyllene (15.69%),

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

and 2(10)-pinene (9.90%). No activity was observed against *Escherichia coli*; however, *Staphylococcus aureus* showed 100% sensitivity to the essential oil.

**Conclusion:** The essential oil of *Salvia lanicaulis*, rich in sesquiterpenes, shows promise as a source of natural compounds with potential complementary application against Gram-positive bacteria such as *Staphylococcus aureus*.

**Keywords:** essential oil; *Salvia lanicaulis*; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*; antibacterial activity.

Recibido: 02/12/2025

Aceptado: 09/01/2026

## Introducción

Las plantas medicinales han contribuido al desarrollo de la etnofarmacología, disciplina que analiza el conocimiento tradicional sobre el uso terapéutico de las especies vegetales y que ha dado origen a la fitoterapia, basada en los principios activos de origen vegetal.[1] En este marco, numerosas especies silvestres continúan siendo empleadas como fuente de agentes terapéuticos para la salud humana.[2]

El Perú se reconoce como uno de los países con mayor diversidad vegetal; una proporción importante de estas especies nativas se distribuye en la zona norte del país.[3] En la región Cajamarca se encuentran diversas plantas medicinales, entre ellas *Salvia lanicaulis* (Epling & Játiva) (fig. 1), sobre la cual existen estudios etnobotánicos descriptivos, pero no investigaciones fitoquímicas que profundicen en su composición o propiedades bioactivas.[4] Esta especie pertenece al género *Salvia* L., el más amplio y cosmopolita dentro de la familia Lamiaceae, conocido por su alta riqueza en metabolitos secundarios, entre los que destacan los aceites esenciales y otros compuestos de importancia farmacológica.[5]

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES



**Fig. 1** - *Salvia lanicaulis (Epling & Játiva)* (Lamiaceae) en su hábitat natural.

Los aceites esenciales son ampliamente investigados, por su diversidad química y a sus múltiples actividades biológicas.[6,7] En particular, su potencial como agentes antibacterianos ha recibido especial atención en los últimos años, en respuesta a la creciente prevalencia de enfermedades infecciosas y a la aparición de patógenos resistentes a los tratamientos convencionales.[8,9]

La resistencia antibacteriana constituye uno de los principales desafíos de la salud pública a nivel mundial, como consecuencia de su incremento sostenido y a la consecuente reducción de la eficacia de los antibióticos convencionales, lo que compromete el tratamiento de infecciones bacterianas comunes y graves.[9] Bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* forman parte del microbioma normal del ser humano; no obstante, alteraciones en el equilibrio microbiano o la colonización de sitios anatómicos distintos a su hábitat usual pueden favorecer la adquisición de factores de virulencia, lo que permite que actúen como patógenos oportunistas responsables de infecciones de relevancia clínica.[10,11,12] La E*scherichia coli* constituye uno de los principales agentes etiológicos de las enfermedades diarreicas y de las infecciones del tracto urinario a

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

nivel mundial.[13,14] *Staphylococcus aureus,* por su parte, puede provocar desde infecciones cutáneas hasta bacteriemia y endocarditis.[15]

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el perfil fitoquímico y evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas de *Salvia lanicaulis* (Epling & Játiva), una especie nativa de la región de Cajamarca, con el fin de contribuir a la validación científica de su uso tradicional y generar evidencia preliminar sobre su posible interés farmacológico frente a microorganismos de relevancia clínica.

# Métodos

Se realizó un estudio de tipo experimental, con enfoque cuantitativo, destinado a evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de las hojas de *Salvia lanicaulis* (Epling & Játiva) y determinar su perfil fitoquímico.

Las variables empleadas en el estudio fueron:

→ Concentración del aceite esencial (100 %, 50 %, 25 %)
→ Diámetro del halo de inhibición (mm)
→ Composición química del aceite esencial

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Recolección y preparación del material vegetal

Se recolectaron 10 kg de hojas frescas de *Salvia lanicaulis,* del Centro poblado Perlamayo Tres Lagunas, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca (3441 msnm, latitud de 6° 39' 52.9" S y longitud de 78° 41' 9" W). El material vegetal fue identificado y registrado en el Herbario CPUN “Isidoro Sánchez Vega” de la Universidad Nacional de Cajamarca, bajo el número de espécimen CPUN-25036. La colecta se realizó el 7 de junio de 2023, en horas de la mañana. Las hojas fueron seleccionadas descartando aquellas con daños mecánicos o biológicos, lavadas con agua potable, fragmentadas manualmente y extendidas sobre papel Kraft; se dejaron a temperatura ambiente hasta peso constante para reducir el contenido de humedad. El transporte se realizó en bolsas de papel.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

## Cepas bacterianas

Se utilizaron cepas de referencia *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Thermo Scientific™), obtenidas de la empresa Belomed. Las cepas fueron reactivadas en agar base sangre e incubadas a 37 °C durante 18-24 horas.

## Extracción del aceite esencial

Se empleó el método de arrastre por vapor de agua utilizando un alambique de acero inoxidable. Se destilaron 10 kg de hojas frescas fragmentadas durante 4 horas. El aceite esencial fue separado del hidrolato, almacenado en frascos de vidrio ámbar y conservado a 4 °C hasta su análisis.

## Análisis por cromatografía de gases-espectrometría de masas

El análisis del aceite esencial se realizó en el Laboratorio de Investigación y Certificaciones (LABICER) de la Universidad Nacional de Ingeniería, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, utilizando un cromatógrafo Shimadzu GC-2010 Plus acoplado a un espectrómetro de masas GCMS-QP210 Ultra. Se empleó una columna capilar RTX-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 $\mu$m). La inyección se realizó en modo split (20:1), con un volumen de 1,0 $\mu$l y helio como gas portador (0,8 ml/min). El programa de temperatura del horno inició a 50 °C, incrementándose hasta 250 °C a una razón de 3 °C/min. La detección se efectuó por impacto electrónico (70 eV), en modo scan (m/z 20-500). La identificación de los compuestos se realizó mediante la comparación de los espectros de masas con las bibliotecas NIST y Wiley.

## Evaluación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se evaluó mediante el método de difusión en disco (Kirby-Bauer).[16] Se preparó una suspensión bacteriana en solución salina al 0,9 % a partir de colonias aisladas, ajustada a una turbidez equivalente al patrón 0,5 de McFarland (1,5 × $10^8$ UFC/ml). En un plazo de 15 minutos, se sembraron placas de agar Mueller-Hinton (Oxoid™, Basingstoke, Reino Unido) mediante hisopado en tres direcciones.

Se emplearon discos comerciales estériles en blanco de 0,6 mm de diámetro (Oxoid™ Basingstoke, Reino Unido), los cuales fueron impregnados con 20 $\mu$l del aceite esencial, preparado a concentraciones de 100 %, 50 % y 25 % (v/v), utilizando

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

etanol al 70 % como disolvente. Considerando una densidad del aceite esencial de 0,925 g/ml, determinada experimentalmente, las concentraciones másicas aplicadas correspondieron a 18,5 mg/disco (925 mg/ml), 9,25 mg/disco (462,5 mg/ml) y 4,63 mg/disco (231,25 mg/ml) respectivamente. Como control negativo se utilizaron discos impregnados con etanol al 70 %, mientras que como control positivo se utilizaron discos comerciales de gentamicina (10 *µ*g) (Oxoid™, Basingstoke, Reino Unido). Las placas se incubaron a 37 °C durante 20-24 h en una incubadora (Memmert, Schwabach, Alemania). Las zonas de inhibición se midieron con un vernier digital (Mitutoyo, Kanagawa, Japón) en milímetros. Cada ensayo se realizó por triplicado.

Para interpretar los halos de inhibición de las concentraciones del aceite esencial se empleó la escala de *Duraffourd* y otros;[17] se clasificaron como: nula (≤ 8 mm), sensible (> 8 a 14 mm), muy sensible (14 a 19 mm) y sumamente sensible (> 19 mm).

## Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el *software* IBM SPSS Statistics versión 25. Se calcularon medidas de tendencia central (media aritmética) y dispersión (desviación estándar), acompañadas de intervalos de confianza al 95 % (IC 95 %) para los diámetros de inhibición. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de los halos de inhibición entre grupos se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

## Consideraciones éticas

El presente estudio se desarrolló bajo estrictos criterios de bioseguridad. No se emplearon sujetos humanos ni animales, por lo que no fue necesario obtener consentimiento informado ni aprobación de un comité de ética en investigación. La recolección del material vegetal (*Salvia lanicaulis*, Epling & Játiva) contó con la autorización institucional del Herbario CPUN "Isidoro Sánchez Vega" de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde el espécimen fue identificado y registrado, y se realizó respetando la normativa nacional vigente para el uso de recursos biológicos. Las cepas bacterianas utilizadas (*Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) fueron manipuladas en condiciones de bioseguridad de nivel 2 (BSL-2) dentro de los laboratorios autorizados de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

# Resultados

## Análisis cromatográfico del aceite esencial

La destilación por arrastre de vapor de agua de hojas frescas de *Salvia lanicaulis* ofreció un rendimiento de 0,03 %. Mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), se identificaron 61 compuestos en el aceite esencial de *S. lanicaulis*. La composición química se presenta en la tabla 1, donde se destacan como constituyentes mayoritarios el germacreno D (25,95 %), un derivado de ciclohexano (21,44 %), el cariofileno (15,69 %) y el 2(10)-pineno (9,90 %).

**Tabla 1** - Composición química del aceite esencial de *Salvia lanicaulis*

| No. | Compuestos | TR | % |
|---|---|---|---|
| 1 | Germacreno D | 56,980 | 25,95 |
| 2 | Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2-(1-metiletenil)-4-(1-metiletilideno) | 57,646 | 21,44 |
| 3 | Cariofileno | 54,095 | 15,69 |
| 4 | Biciclo[3.1.1]heptano, 6,6-dimetil-2-metileno-, (1S)- | 10,533 | 9,90 |
| 5 | (1R,9R,E)-4,11,11-trimetil-8-metilenobiciclo[7.2.0]undec-4-eno | 55,888 | 2,50 |
| 6 | beta-Bisabolene | 58,178 | 2,40 |
| 7 | 1H-Cicloprop[e]azuleno, octahidro-1,1,4,7-tetrametil- | 53,580 | 1,81 |
| 8 | Geranil-alfa-terpineno | 85,667 | 1,63 |
| 9 | Copaeno | 51,960 | 1,62 |
| 10 | (1R,3aS,8aS)-7-Isopropil-1,4-dimetil-1,2,3,3a,6,8a-hexahidroazuleno | 55,202 | 1,61 |
| 11 | alfa-Pineno | 7,681 | 1,52 |
| 12 | 1-Isopropil-4,7-dimetil-1,2,3,5,6,8a-hexahidronaftaleno | 58,726 | 1,32 |
| 13 | Acetato de trans-pinocarvilo | 48,165 | 0,86 |
| 14 | Óxido de cariofileno | 60,981 | 0,84 |
| 15 | (-)-beta-Bourboneno | 52,344 | 0,79 |
| 16 | Humuleno | 55,542 | 0,78 |

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 | (E)-beta-Farneseno | 56,082 | 0,77 |
| 18 | D-Limoneno | 15,713 | 0,74 |
| 19 | 1,2,4-Meteno-1H-indeno, octahidro-1,7a-dimetil-5-(1-metiletil)- | 51,426 | 0,6 |
| 20 | beta-Mirceno | 12,095 | 0,48 |
| 21 | 1H-Ciclоprop[e]azulen-4-ol, decahidro-1,1,4,7-tetrametil- | 61,342 | 0,48 |
| 22 | 1H-Ciclоprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno- | 60,809 | 0,43 |
| 23 | Nonanal | 30,085 | 0,33 |
| 24 | Acetato de 3-octanol | 34,568 | 0,33 |
| 25 | Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2,4-bis(1-metiletenil)- | 57,871 | 0,33 |
| 26 | Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2,4-bis(1-metiletenil)- (Isómero) | 52,844 | 0,32 |
| 27 | Ledol | 61,786 | 0,29 |
| 28 | 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimetil-, (E)- | 60,408 | 0,26 |
| 29 | (2E,4S,7E)-4-Isopropil-1,7-dimetilciclodeca-2,7-dienol | 60,750 | 0,25 |
| 30 | 2,5,5,8a-Tetrametil-3,4,4a,5,6,8a-hexahidro-2H-cromeno | 47,151 | 0,24 |
| 31 | Citral | 46,628 | 0,23 |
| 32 | 5-Hidroxi-6-metoxi-8-[(4-amino-1-metilbutil)amino]quinolina | 57,144 | 0,22 |
| 33 | Ácido butanoico 2-metil-, éster 2-feniletílico | 57,311 | 0,22 |
| 34 | Ciclohexanol, 3-etenil-3-metil-2-(1-metiletenil)-6-(1-metiletil)- | 65,251 | 0,21 |
| 35 | Acetato de mirtenilo | 45,044 | 0,20 |
| 36 | Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2-(1-metiletenil)-4- (Pico 21) | 50,039 | 0,20 |
| 37 | Biciclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimetil-6-(4-metil-3-pentenil)- | 54,933 | 0,19 |
| 38 | 1H-Ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]benceno, octahidro-7-metil- | 52,722 | 0,18 |
| 39 | Kaur-16-eno | 90,313 | 0,18 |
| 40 | Longifoleno | 51,270 | 0,15 |
| 41 | 1H-Ciclоprop[e]azuleno, octahidro-1,1,4,7-tetrametil- (Isómero) | 55,396 | 0,15 |
| 42 | (3S,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro- | 58,319 | 0,15 |
| 43 | Ciclohexene, 3-metil-6-(1-metiletilideno)- | 25,210 | 0,13 |

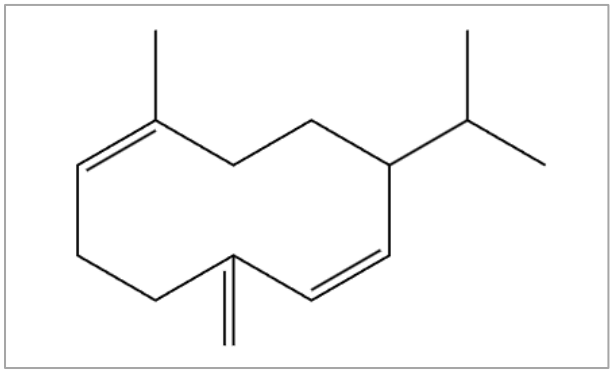
Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 44 | Acetato de bornilo | 47,295 | 0,13 |
| 45 | 2,6-Octadienal, 3,7-dimetil-, (Z)- | 44,628 | 0,12 |
| 46 | 1H-Ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2] benceno, octahidro-7-metil- | 54,467 | 0,12 |
| 47 | Camfeno | 8,500 | 0,09 |
| 48 | 2,6,10-Trimetiltridecano | 56,335 | 0,09 |
| 49 | Ácido acético, éster hex-3-ílico | 8,018 | 0,07 |
| 50 | Citronelol | 44,134 | 0,07 |
| 51 | 1,5-Ciclodecadieno, 1,5-dimetil-8-(1-metiletilideno)- | 59,932 | 0,07 |
| 52 | 2H-1-Benzopirano, hexahidro-2,5,5,8a-tetrametil- | 47,474 | 0,05 |
| 53 | Biciclo[3.1.0]hex-2-eno, 2-metil-5-(1-metiletil)- | 7,360 | 0,04 |
| 54 | 1,4-Metano-1H-indeno, octahidro-4-metil-8-metileno- | 52,550 | 0,04 |
| 55 | Óxido de cariofileno (Isómero menor) | 59,768 | 0,04 |
| 56 | 1H-Cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil- | 63,199 | 0,04 |
| 57 | Tunbergol | 101,424 | 0,04 |
| 58 | Octano | 3,161 | 0,03 |
| 59 | Acetato de biciclo[3.1.1]hept-2-en-4-ol, 2,6,6-trimetil- | 48,025 | 0,01 |
| 60 | (3aR,3bS,6S,6aR,6bS)-6-Isopropil-3b-metiloctahidro- | 60,155 | 0,01 |
| 61 | (3R,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro- | 60,551 | 0,01 |
| TOTAL | | | **100** |

*Leyenda:* No.: número de orden; TR: tiempo de retención (min); %: porcentaje relativo del compuesto identificado por CG-EM.

La figura 2 corresponde a la estructura química del germacreno D, sesquiterpeno hidrocarbonado ($C_{15}H_{24}$), identificado como uno de los principales componentes del aceite esencial de *Salvia lanicaulis*. La molécula está constituida únicamente por átomos de carbono e hidrógeno y presenta una estructura cíclica con enlaces carbono-carbono insaturados.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES



*Fuente:* A partir de MolView.

**Fig. 2** - Estructura química del componente principal del aceite esencial de *S. lanicaulis* (germacreno D).

## Actividad antibacteriana

En *E. coli* ATCC 25922 no se observaron halos de inhibición superiores al tamaño del disco (6 mm), lo que indica una sensibilidad nula frente a todas las concentraciones del aceite esencial de *S. lanicaulis*. En contraste, *S. aureus* ATCC 25923 mostró sensibilidad al aceite esencial; especialmente a la concentración másica del 18,5 mg/disco, con un halo promedio de inhibición de 8,07 ± 0,06 mm, clasificado como sensible según la escala de Duraffourd.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los diámetros de inhibición producidos por la gentamicina (control positivo) y aquellos generados por el aceite esencial, tanto frente a *E. coli* como a *S. aureus*. No obstante, al comparar las diferentes concentraciones del aceite esencial frente a *S. aureus*, se observó que el tratamiento al 18,5 mg/disco produjo halos de inhibición significativamente mayores que los obtenidos con 9,25 mg/disco y 4,63 mg/disco, tal como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2** - Medidas descriptivas de los halos de inhibición (mm) del aceite esencial de *S. lanicaulis* sobre *E. coli* ATCC 25922 y *S. aureus* ATCC 25923

| Tratamiento | Microorganismo | Media ± DE | Mediana | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|---|---|---|
| AE 18,5 mg/disco[ab] | *E. coli* | 6,00 ± 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| | *S. aureus* | 8,07 ± 0,06 | 8,10 | 8,00 | 8,10 |
| AE 9,25 mg/disco[a] | *E. coli* | 6,00 ± 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *S. aureus* | 6,73 ± 0,67 | 6,90 | 6,00 | 7,30 |
| AE 4,63 mg/disco[a] | *E. coli* | 6,00 ± 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| | *S. aureus* | 6,17 ± 0,29 | 6,00 | 6,00 | 6,50 |
| ET[a] | *E. coli* | 6,00 ± 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| | *S. aureus* | 6,00 ± 0,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| **Gen (10 µg)**[b] | *E. coli* | 20,37 ± 0,06 | 20,40 | 20,30 | 20,40 |
| | *S. aureus* | 23,27 ± 0,40 | 23,50 | 22,80 | 23,50 |

*Leyenda:* AE: Aceite esencial; Gen (10 *µ*g): Gentamicina de 10 *µ*g (control positivo); ET: etanol al 70 % (control negativo); DE: desviación estándar.

*Nota:* Valores con letras diferentes denotan diferencias significativas entre los grupos, prueba de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

## Discusión

*Salvia lanicaulis* (Epling & Játiva) (Lamiaceae) destaca como una especie nativa de los Andes peruanos con uso en la medicina tradicional; el conocimiento de su composición química permite comprender mejor sus posibles aplicaciones terapéuticas. Las hojas frescas de *S. lanicaulis* produjeron un aceite esencial viscoso, de color ámbar oscuro, con un rendimiento de 0,03 % mediante destilación por arrastre de vapor. Este resultado guarda una estrecha correspondencia con el 0,06 % que *Gharehbagh* y otros[6] reportaron para *Staphylococcus reuterina*, al emplear hidrodestilación y material seco. Dicha similitud resalta la baja productividad característica de ciertas especies del género *Salvia lanicaulis* en contraste con los rendimientos significativamente mayores (0,16 %-0,97 %) documentados en *Staphylococcus verticillata*[18] y *Staphylococcus sharifi*.[19] Estas variaciones pueden depender de:

- El órgano vegetal seleccionado
- El estado del material
- Los factores ambientales que condicionan la biosíntesis de metabolitos secundarios[20]

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Respecto a la composición química, el aceite esencial reveló un predominio de sesquiterpenos, entre los cuales destacan el germacreno D y el cariofileno, junto con un derivado de ciclohexano y monoterpenos como el pineno. Este perfil resulta parcialmente comparable con lo descrito por *Demirpolat,*[21] quien al evaluar los aceites esenciales de seis especies de *Salvia* evidenció que los perfiles fitoquímicos varían significativamente entre especies, con la presencia dominante de monoterpenos y sesquiterpenos, tales como 1,8-cineol, el óxido de cariofileno, el espatulenol y el borneol. En contraste, el quimiotipo observado en *S. lanicaulis* difiere del perfil monoterpénico reportado para *S. dominica*[7] (acetato de linalilo 43,69 %) y *S. officinalis*[8] (1,8-cineol 31,18 %). Dichas discrepancias ratifican que la plasticidad química en el género *Salvia* responde a:

- El nicho ecológico
- Las variables ambientales del sitio de recolección
- Las diferencias biosistemáticas intrínsecas de cada especie[22]

Estudios demuestran que aceites esenciales ricos en sesquiterpenos, entre ellos el germacreno D, presentan actividad antibacteriana, antioxidante e insecticida.[23] Asimismo, tanto el pineno como el cariofileno exhiben una amplia actividad antibacteriana, ya sea de forma individual o mediante efectos sinérgicos con otros componentes.[24] La concentración mayoritaria de estos compuestos se puede vincular a su capacidad antibacteriana, como se muestra en la tabla 2, frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. En concordancia con estos hallazgos, *Al-Hashmi* y otros[25] reportaron que el aceite de *S. officinalis* posee actividad frente a bacterias grampositivas, incluyendo *Staphylococcus aureus*, pero carece de efecto frente a gramnegativas como *Escherichia coli*. Asimismo, *Al-Hajj* y otros[7] informaron una fuerte actividad frente a bacterias grampositivas en el aceite de *S. dominica*, lo que refleja la heterogeneidad en la respuesta antibacteriana dentro del género.

La estructura de la pared celular, rica en peptidoglicano, explica, en parte, la mayor sensibilidad de *S. aureus,* característica de las bacterias grampositivas que facilita la difusión de agentes lipofílicos; por el contrario, las gramnegativas poseen una membrana externa con lipopolisacáridos que limita la penetración de estos compuestos.[26,27] Por ende, un efecto sinérgico entre los principales constituyentes del aceite podría originar la actividad antibacteriana leve observada.[28] Sesquiterpenos como el germacreno D, de naturaleza altamente lipofílica, alteran la

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

integridad de la membrana bacteriana, lo que facilita la acción de monoterpenos como el pineno, agentes que incrementan la permeabilidad celular y afectan funciones metabólicas esenciales.[7]

El estudio reconoce limitaciones en su alcance biológico, pues empleó solo dos cepas de referencia y el método de difusión en disco. Esta aproximación omitió el uso de aislados clínicos, patógenos de salud tropical y métodos cuantitativos como dilución en caldo. Asimismo, la investigación no evaluó la actividad individual o sinérgica de los constituyentes mayoritarios, aspecto clave para comprender la farmacodinámica del aceite.

Este trabajo representa el primer reporte fitoquímico del aceite esencial de *Salvia lanicaulis*, y destaca su potencial como agente complementario en el tratamiento de infecciones causadas por bacterias grampositivas.

Se concluye que estos hallazgos establecen la base para futuras investigaciones clínicas y farmacológicas que incluyan una mayor diversidad de patógenos, estudios de sinergismo y ensayos de toxicidad, orientados al desarrollo de agentes terapéuticos seguros.

## Referencias bibliográficas

1. OMS/OPS. Situación de las plantas medicinales en Perú. Informe de reunión del grupo de expertos en plantas medicinales. Lima; 2018 [acceso 10/01/2026]. p. 13. Disponible en: https://iris.paho.org/handle/10665.2/50479

2. Castillo Vera H, Albán Castillo J, Castañeda R. Importancia cultural de la flora silvestre de la provincia de Cajabamba, Cajamarca, Perú. Arnaldoa. 2019 [acceso 10/01/2026];26(3):1047-74. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a13v26n3.pdf

3. Angeles-Álvarez F, Gómez-Ticerán D, Campos-De la Cruz J, Solis-Sarmiento J, Salinas-Inga A, Valencia-Saavedra Z. Floristic Diversity and Distribution Pattern along an Altitudinal Gradient in the Central Andes: A Case Study of Cajatambo, Peru. Plants. 2024;13(23):33282024. DOI: https://doi.org/10.3390/plants13233328

4. León B, Roque J, Ulloa Ulloa C, Pitman N, JØrgensen P, Cano A. Plantas endémicas del Perú. Rev Peru Biol 2013 [acceso 10/01/2026];20(1):147-82. Disponible en: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/2232

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

5. Minhui L, Qianquan L, Chunhong Z, Na Z, Zhanhu C, Luqi H, *et al.* An ethnopharmacological investigation of medicinal Salvia plants (Lamiaceae) in China. Acta Pharm Sin B. 2013;3(4):273-80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsb.2013.06.001

6. Gharehbagh H, Ebrahimi M, Dabaghian F, Mojtabavi S, Hariri R, Saeedi M, *et al*. Chemical composition, cholinesterase, and α-glucosidase inhibitory activity of the essential oils of some Iranian native Salvia species. BMC Complement Med Ther. 2023;23(184):5-16. DOI: https://doi.org/10.1186/s12906-023-04004-w

7. Al-Hajj N, Bsharat O, Jaradat N, Abdallah L, Mousa M, Al-Maharik N. Assessing Salvia dominica L.: from chemical profiling to antioxidant, antimicrobial, anticancer, α-amylase, and α-glycosidase activities of the plant essential oil. Chem Biol Technol Agric. 2025;12:7. DOI: https://doi.org/10.1186/s40538-025-00772-4

8. Başkan C. Antibacterial, antioxidant, and cytotoxic properties of Salvia officinalis L. essential oil and its GC-MS analysis. Black Sea J Heal Sci. 2025;8(6):275-82. DOI: https://doi.org/10.19127/bshealthscience.1653213

9. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2023. Geneva; 2023 [acceso 10/01/2026] Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/9789240076589

10. Panthee B, Gyawali S, Panthee P, Techato K. Environmental and Human Microbiome for Health. Life. 2022;12(3):456. DOI: https://doi.org/10.3390/life12030456

11. Turner N, Sharma-Kuinkel BK, Maskarinec SA, Eichenberger E, Shah P, Carugati M, *et al*. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus: an overview of basic and clinical research. Nat Rev Microbiol. 2019;17(4):203-18. DOI: https://doi.org/10.1038/s41579-018-0147-4

12. Croxen M, Law R, Scholz R, Keeney K, Wlodarska M, Finlay B. Recent advances in understanding enteric pathogenic Escherichia coli. Clin Microbiol Rev. 2013;26(4):822-80. DOI: https://doi.org/10.1128/CMR.00022-13

13. Yang SC, Lin CH, Aljuffali IA, Fang JY. Current pathogenic Escherichia coli foodborne outbreak cases and therapy development. Arch Microbiol. 2017;199(6):811-25. DOI: https://doi.org/10.1007/s00203-017-1393-y

14. Zhou Y, Zhou Z, Zheng L, Gong Z, Li Y, Jin Y, *et al*. Urinary tract infections caused by uropathogenic Escherichia coli: mechanisms of infection and treatment options. Int J Mol Sci. 2023;24:10537. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms241310537

(cc) BY-NC Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

15. Tong SYC, Davis JS, Eichenberger E, Holland TL, Fowler VG. Staphylococcus aureus infections: Epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. Clin Microbiol Rev. 2015;28:603-61. DOI: https://doi.org/10.1128/CMR.00134-14

16. CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33rd ed. CLSI supplement M100. Wayne, PA; 2023 [acceso 10/01/2026] Disponible en: https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m100/

17. Duraffourd C, Lapraz J, Belaiche P. Précis de phytothérapie. Paris: Masson; 1983.

18. Chizzola R. Composition of the essential oil from Salvia verticillata L. collected in Eastern Austria. J Essent Oil Res. 2025;37(2):145-51. DOI: https://doi.org/10.1080/10412905.2025.2453917

19. Aghaee Z, Alizadeh A, Honarvar M, Samani R. Phytochemical screening and antimicrobial activity of Salvia sharifii Rech. & Esfand. from Iran. Nat Prod Res. 2022;36(10):2585-90. DOI: https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1906241

20. Nourozi E, Hedayati A, Mirjalili M, Madani H, Aliahmadi A, Zahedi A, *et al*. First report on Salvia sahendica Boiss. & Buhse roots biocomponents characterization by GC-MS and HPLC and antibacterial potency. Sci Rep. 2024;14:24916. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-76679-1

21. Demirpolat A. Essential oil composition analysis, antimicrobial activities, and biosystematic studies on six species of Salvia. Life. 2023 [acceso 10/01/2026];13(3):634. Disponible en: https://www.mdpi.com/2075-1729/13/3/634

22. Assaggaf H, Naceiri Mrabti H, Rajab B, Attar A, Alyamani R, Hamed M, *et al*. Chemical analysis and investigation of biological effects of Salvia officinalis essential oils at three phenological stages. Molecules. 2022;27:5157. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules27165157

23. Noriega P. Terpenes in Essential Oils: Bioactivity and Applications. In: Terpenos y terpenoides: avances recientes. IntechOpen; 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93792

24. Brandes A, Dunning M, Langland J. Antimicrobial Activity of Individual Volatile Compounds from Various Essential Oils. Molecules. 2024;29(8):1811. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29081811

25. Al-Hashmi A, Marwan H, Taib M, Farea A, Al-Sabai Y, Al-Wadaii Y, *et al*. Antibacterial efficacy of five natural essential oils used in Yemen: a comparative

(cc) BY-NC Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

study. Univers J Pharm Res. 2025;10(3):1-6. DOI: https://doi.org/10.22270/ujpr.v10i3.1353

26. Arellano S, Zhang Z, Churey J, Worobo R, Moraru C. Essential oil microemulsions inactivate antibiotic-resistant Bacteria on Iceberg Lettuce during. Day storage at 4 °C. Molecules. 2022;27(20):6699. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules27196699

27. Aguilar-Veloz L, Calderón-Santoyo M, González Y, Ragazzo-Sánchez J. Application of essential oils and polyphenols as natural antimicrobial agents in postharvest treatments: advances and challenges. Food Sci Nutr. 2020;8(6):2555-68. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.1437

28. Gheisary B, Ashrafi-Saeidlou S, Hassani A, Fattahi M. Enhancing antioxidant and antibacterial activities of Cuminum cyminum, Origanum vulgare, and Salvia officinalis essential oils through a synergistic perspective. Sci Rep. 2025;15(1):10814. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-10814-4

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

*Conceptualización:* Katherine Esther Vásquez Núñez y Carmen Eddy Medina-Rodríguez.
*Análisis de datos:* Katherine Esther Vásquez Núñez y Claudia Carolina Rodríguez-Ulloa.
*Metodología:* Katherine Esther Vásquez Núñez.
*Supervisión:* Yoner Alito Salas Pastor, Carmen Eddy Medina-Rodríguez y Claudia Carolina Rodríguez-Ulloa.
*Redacción-borrador original:* Carmen Eddy Medina-Rodríguez.
*Redacción-revisión y edición:* Katherine Esther Vásquez Núñez, Carmen Eddy Medina-Rodríguez, Claudia Carolina Rodríguez-Ulloa y Yoner Alito Salas Pastor.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES