



Efecto antibacteriano de nueve extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales de Huayucachi-Perú sobre bacterias grampositivas

Antibacterial effect of nine hydroalcoholic extracts of ethnomedicinal plants from Huayucachi-Peru on gram-positive bacteria

Héctor Alexander Vilchez-Cáceda^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7094-0821>

Ketty Rojas-Berastein¹ <https://orcid.org/0000-0001-8521-5737>

Christian Alexander Alvia-Saldarriaga² <https://orcid.org/0000-0002-5611-9655>

Carolina Mayo Takahashi-Ferrer² <https://orcid.org/0000-0002-9441-0056>

¹Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú.

²Universidad Norbert Wiener. Lima, Perú.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: hvilchez@uigv.edu.pe

RESUMEN

Introducción: Las plantas etnomedicinales del distrito de Huayucachi-Perú exhiben componentes químicos con capacidad de inhibir bacterias grampositivas.

Objetivos: Evaluar el efecto antibacteriano de 9 extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales de Huayucachi-Perú sobre *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* y *Streptococcus pyogenes*.

Métodos: Estudio experimental, *in vitro* y comparativo. Se ejecutó un cribado fitoquímico inicial de los extractos. Se usaron 99 placas de agar Müller-Hinton (Merck®), divididas en 11 grupos (n= 9): grupo I (etanol al 70 %), grupo II (ciprofloxacino 10 ug), del grupo III al XI extractos de hierba luisa, borraja, oreja de conejo, ortiga colorada, pimpinella, eucalipto, toronjil, tumbo serrano y asmachilca al 25 %, respectivamente. Se empleó el método de difusión en disco de Kirby-Bauer; las cepas utilizadas fueron



S. aureus ATCC 25923, *S. pneumoniae* ATCC 49619 y *S. pyogenes* ATCC 19615 y las mediciones de los halos de inhibición se realizaron a las 24 horas.

Resultados: En el cribado fitoquímico se detectaron compuestos fenólicos y flavonoides. Se obtuvieron rangos de inhibición de $12,725 \pm 0,0411$ a $17,617 \pm 0,0405$ mm para *S. aureus*; $13,017 \pm 0,0366$ a $18,133 \pm 0,0432$ para *S. pneumoniae* y $12,992 \pm 0,0336$ a $17,550 \pm 0,0417$ para *S. pyogenes*. Los extractos de oreja de conejo, ortiga colorada y tumbo serrano mostraron la mayor actividad antibacteriana, frente a *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*, respectivamente.

Conclusiones: Los 9 extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales demuestran tener efecto sobre las bacterias en estudio y constituyen una fuente promisoría de compuestos químicos antibacterianos.

Palabras clave: bacterias grampositivas; compuestos fenólicos; flavonoides; plantas medicinales.

ABSTRACT

Introduction: Ethnomedicinal plants from the district of Huayucachi-Peru exhibit chemical components with the ability to inhibit gram-positive bacteria.

Objectives: To evaluate the antibacterial effect of 9 hydroalcoholic extracts of ethnomedicinal plants from Huayucachi-Peru on *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* and *Streptococcus pyogenes*.

Methods: Experimental, in vitro and comparative study. Initial phytochemical screening of the extracts was performed. Ninety-nine Müller-Hinton agar plates (Merck®) were used, divided into 11 groups (n= 9): group I (70% ethanol), group II (ciprofloxacin 10 ug), group III to XI extracts of lemon verbena, borage, rabbit ear, red nettle, pimpernel, eucalyptus, lemon balm, tumbo serrano and asmachilca at 25%, respectively. The Kirby-Bauer disk diffusion method was used; the strains used were *S. aureus* ATCC 25923, *S. pneumoniae* ATCC 49619 and *S. pyogenes* ATCC 19615 and the inhibition halos were measured at 24 hours.

Results: Phenolic and flavonoid compounds were detected in the phytochemical screening. Inhibition ranges of 12.725 ± 0.0411 to 17.617 ± 0.0405 mm were obtained for *S. aureus*; 13.017 ± 0.0366 to 18.133 ± 0.0432 for *S. pneumoniae* and 12.992 ± 0.0336 to 17.550 ± 0.0417 for *S. pyogenes*. Rabbit ear,



red nettle and tumbo serrano extracts showed the highest antibacterial activity, against *S. aureus*, *S. pneumoniae* and *S. pyogenes*, respectively.

Conclusions: The 9 hydroalcoholic extracts of ethnomedicinal plants demonstrate to have an effect on the bacteria under study and constitute a promising source of antibacterial chemical compounds.

Keywords: flavonoids; gram-positive bacteria; medicinal plants; phenolic compounds.

Recibido: 27/02/2024

Aprobado: 19/06/2024

INTRODUCCIÓN

En el mundo, las plantas medicinales son utilizadas para atender las necesidades primarias de salud, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.⁽¹⁾ El potencial de las plantas como fuentes de medicamentos se debe al rol activo de los metabolitos secundarios, que se encuentran en distintas partes de las especies vegetales.⁽²⁾ Del mismo modo, las personas consideran que los fármacos, a base de plantas, tienen reacciones adversas mínimas y son menos tóxicas que un medicamento sintético.⁽³⁾

La propiedad más común estudiada en las plantas es la actividad antimicrobiana.⁽⁴⁾ En un artículo de revisión,⁽⁴⁾ se evidenció que los extractos de especies vegetales con efectos antibacterianos, son casi tan efectivos como los medicamentos sintéticos. Por ello se han realizado estudios^(5,6) para analizar el potencial de los extractos. Esto se debe a la aparición de cepas bacterianas resistentes; producto del uso indiscriminado de antibióticos en la práctica clínica; lo cual es una amenaza para el sistema de salud en todo el mundo.⁽⁷⁾

Perú es reconocido como “país megadiverso” por su variedad de especies, de material genético, de medio ambiente, etc.⁽⁸⁾ Su riqueza en plantas con propiedades medicinales es muy amplia y su uso es conocido por los pobladores de manera popular.⁽⁹⁾ El distrito de Huayucachi posee varios ecosistemas; está ubicado al margen izquierdo del río Mantaro a 3,201 metros sobre el nivel del mar; tiene clima templado, frío y seco.^(10,11) Su suelo exhibe buena textura y materia orgánica, lo que favorece el cultivo de plantas

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



alimenticias y medicinales.^(10,11) Las comunidades locales de Huayucachi, por medio de los curanderos tradicionales, utilizan entre otras: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (hierba luisa); *Borago officinalis* L. (borraja); *Caiophora cirsiifolia* C. Presl (ortiga colorada); *Sanguisorba minor* Scop. (pimpinella); *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto); *Melissa officinalis* L. (toronjil); *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir. Var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels. & P. Jorg. (tumbo serrano). Estas especies pertenecen a las familias *Poaceae*, *Boraginaceae*, *Loasaceae*, *Rosaceae*, *Myrtaceae*, *Lamiaceae* y *Passifloraceae*, de forma respectiva. Además de *Aristeguietia gayana* (Wedd.) R.M.King & H.Rob. (asmachilca) y *Senecio canescens* (Humb. & Bonpl.) Cuatrec. (oreja de conejo) que pertenecen a la familia de las *Asteraceae*.^(1,12,13,14)

S. aureus es un patógeno humano oportunista que tiene la capacidad de colonizar el tracto respiratorio superior de aproximadamente el 30 % de la población mundial.⁽¹⁵⁾ *S. pneumoniae*, por otro lado, es el agente más común que causa neumonía adquirida en la comunidad y lamentablemente ocasiona la muerte de hasta 2 millones de niños cada año.⁽¹⁶⁾ Por último, *S. pyogenes* es una bacteria que provoca más de 600 millones de casos anuales de faringitis a nivel global.⁽¹⁷⁾

Se realiza esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto antibacteriano de 9 extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales de Huayucachi-Perú sobre *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*.

MÉTODOS

Diseño

Se ejecutó un trabajo experimental, *in vitro* y comparativo, en el laboratorio de microbiología de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, desde marzo a julio 2019.

Material vegetal

La recolección de las muestras fue aleatorizada en los barrios del distrito de Huayucachi, Chanchas (Lat./Lon.: -12.115035/-75.22385), Colpa (Lat./Lon.: -12.140999/-75.222212), Manya (Lat./Lon.: -12.132317/-75.220087) y Quillispata (Lat./Lon.: -12.136403/-75.224967). La identificación



taxonómica de los especímenes fue realizada por un especialista en identificación taxonómica de especies de flora silvestre del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Lima, Perú, expediente N° 026-2019-WFC-SERFOR.

Variables

La variable independiente fue la concentración de los extractos hidroalcohólicos al 25 % de las hojas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf; *Borago officinalis* L; *Caiophora cirsiifolia* C. Presl; *Sanguisorba minor* Scop; *Eucalyptus globulus* Labill; *Melissa officinalis* L; *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir. Var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels. & P. Jorg; *Aristeguietia gayana* (Wedd.) R.M.King & H.Rob; y *Senecio canescens* (Humb. & Bonpl.) Cuatrec del distrito de Huayucachi-Perú.

La variable dependiente fue el efecto antibacteriano (halos inhibitorios, escala de Duraffourd y efecto inhibitorio respecto al control positivo) sobre bacterias grampositivas.

Procedimientos

Las hojas fueron limpiadas, lavadas y seleccionadas y se cercioró de que no tuvieran daño. Luego, fueron cortadas en fracciones pequeñas con un cuchillo de acero quirúrgico, a continuación se efectuó el secado a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 80 horas, después se trituró en un molino de acero quirúrgico.⁽²⁾ Los extractos hidroalcohólicos se consiguieron mediante el método de maceración dinámica en 2 500 mL de etanol al 70 % y 480 g de cada muestra durante 10 días con agitación cada 12 h, más adelante los extractos se filtraron, se concentraron mediante uso de rotavapor y luego se llevaron a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta eliminar el alcohol y obtener pesos constantes, por lo cual se obtuvieron 110 g de extracto seco por cada muestra. Después, se prepararon diluciones con etanol al 70 %, hasta lograr concentraciones del 25 %.^(2,9)

La detección de metabolitos secundarios (compuestos fenólicos, taninos, flavonoides, antocianinas, aminoácidos libres, alcaloides, quinonas, triterpenoides, saponinas, glicósidos cardiotónicos, lactonas, cumarinas y mucilagos) se realizó a través del cribado fitoquímico inicial por técnicas químicas de coloración y precipitación, según lo declarado por Vilchez H y otros.⁽²⁾

Para la reactivación de *S. aureus* ATCC 25923, *S. pneumoniae* ATCC 49619 y *S. pyogenes* ATCC 19615, se siguieron las directrices del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI);⁽¹⁸⁾ en la elaboración del inóculo y posterior normalización se prosiguió como sugirió Vilchez H y otros.⁽⁸⁾ La investigación *in vitro* se llevó a cabo cumpliéndose de forma idónea las normativas de bioseguridad.⁽²⁾



Las actividades antibacterianas se llevaron a cabo por el método de difusión en disco.⁽¹⁴⁾ Se efectuaron 99 siembras y se dividieron en 11 grupos de (n= 9) placas de Petri, para cada cepa bacteriana le correspondió 3 medios de cultivo por grupo. De igual forma se consideraron 4 discos por medio, lo que permitió 12 repeticiones de cada ensayo. Se utilizaron hisopos estériles, los cuales fueron sumergidos en los inóculos estandarizados. La siembra se ejecutó según el procedimiento de *Vilchez H* y otros.⁽²⁾

Los discos de papel que contenían 30 uL de extractos al 25 % (7,5 mg), el control positivo de ciprofloxacino (10 ug) y el control negativo de etanol al 70 % se colocaron según los lineamientos de *Vilchez H* y otros.⁽⁸⁾ Las siembras se repartieron en grupos:

- Grupo I: discos con etanol al 70 %
- Grupo II: discos con ciprofloxacino 10 ug.
- Grupo III: discos con extracto de hierba luisa al 25 %.
- Grupo IV: discos con extracto de borraja al 25 %.
- Grupo V: discos con extracto de oreja de conejo al 25 %.
- Grupo VI: discos con extracto de ortiga colorada al 25 %.
- Grupo VII: discos con extracto de pimpinella al 25 %.
- Grupo VIII: discos con extracto de eucalipto al 25 %.
- Grupo IX: discos con extracto de toronjil al 25 %.
- Grupo X: discos con extracto de tumbo serrano al 25 %.
- Grupo XI: discos con extracto de asmachilca al 25 %.

La incubación se llevó a cabo a 37 °C durante 24 h. Las zonas sin crecimiento que se generaron alrededor de los discos se evaluaron como halos de inhibición y se midieron con un calibrador Vernier marca Truper.^(5,19)

Procesamiento

En la valoración de tipo cualitativa se utilizó la escala de *Duraffourd* y para la evaluación de tipo cuantitativa se utilizaron las medidas de los diámetros de los halos de inhibición y el porcentaje del efecto inhibitorio relativo respecto al ciprofloxacino 10 ug.⁽²⁾ Los datos obtenidos fueron declarados como

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



media aritmética \pm error estándar a un nivel de confianza del 95 % y un error relativo del 5 %; se utilizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene; el ANOVA de una vía; el test T3 de Dunnett, y el HSD de Tukey. Se estimó como nivel de significación ($p < 0,05$), a través del software estadístico IBM SPSS Statistic for Windows versión 21.

Aspectos bioéticos

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética para la investigación de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega con la resolución 078-2019-DFCFB.

RESULTADOS

El cribado fitoquímico muestra una clase de compuestos fenólicos y flavonoides presentes en todas las especies estudiadas. De igual modo, se revelaron taninos, excepto en el grupo VIII (tabla 1).

Tabla 1 – Cribado fitoquímico de nueve extractos de plantas etnomedicinales

Metabolito secundario	Reactivo	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI	Grupo VII	Grupo VIII	Grupo IX	Grupo X	Grupo XI
Compuestos fenólicos	FeCl ₃	++	+++	+++	+	+++	+	+++	+++	++
Taninos	Gelatina	++	++	++	+++	+++	-	+	++	++
Flavonoides	Shinoda	++	+	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++
Antocianinas	Rosenheim	-	-	-	-	-	+	+	++	-
Aminoácidos libres	Ninhidrina	-	-	++	+++	-	-	-	++	-
Alcaloides	Dragendorff	-	+	++	-	++	+	+++	+++	+
Quinonas	Bornträger	-	-	++	+++	+	-	++	-	-
Triterpenoides	Lieberman	+	+	++	-	++	++	+	-	+
Saponinas	Espuma	-	+	+++	+	+++	-	++	-	+
Glicósidos cardiotónicos	Baljet	-	-	-	-	-	+	-	++	++
Lactonas	Legal	-	-	-	-	+++	+	-	-	+++
Cumarinas	NaOH 10 %	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Mucílagos	Hematoxilina	-	+	-	+	-	-	+	++	-

+++ Abundante; ++ Moderado; + Escaso; - No presenta.



Los resultados a las 24 horas, (tabla 2), indican que todos los promedios se encuentran dentro de los límites establecidos, a un intervalo de confianza del 95 % y un error relativo del 5 %, por esta razón, no se excluye ningún dato. También, se puede apreciar que los grupos II, V, VI y X presentaron los mayores halos de inhibición sobre *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*, de forma respectiva.

Tabla 2 - Estadística descriptiva de la media de los halos de inhibición de los grupos de estudio sobre *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*

Grupos	Halos de inhibición en milímetros*		
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>S. pneumoniae</i> ATCC 49619	<i>S. pyogenes</i> ATCC 19615
Grupo I	10,100 ± 0,0477	10,158 ± 0,0379	9,992 ± 0,0313
Grupo II	20,100 ± 0,0696	19,342 ± 0,0379	19,758 ± 0,0557
Grupo III	12,725 ± 0,0411	13,017 ± 0,0366	12,992 ± 0,0336
Grupo IV	13,283 ± 0,0405	13,417 ± 0,0322	13,308 ± 0,0358
Grupo V	17,617 ± 0,0405	17,192 ± 0,0417	17,517 ± 0,0505
Grupo VI	17,300 ± 0,0577	18,133 ± 0,0432	17,417 ± 0,0366
Grupo VII	15,525 ± 0,0372	15,425 ± 0,0351	15,542 ± 0,0529
Grupo VIII	14,192 ± 0,1018	13,958 ± 0,0336	13,392 ± 0,0484
Grupo IX	15,492 ± 0,0484	15,333 ± 0,0396	15,633 ± 0,0466
Grupo X	17,358 ± 0,0336	16,958 ± 0,0379	17,550 ± 0,0417
Grupo XI	14,350 ± 0,0289	15,100 ± 0,0477	15,333 ± 0,0310

*Media ± SE: Media del halo de inhibición de 12 discos en 3 placas por grupo y error estándar para cada cepa bacteriana.

De acuerdo con los datos obtenidos de la tabla 2, los grupos V, VI, VII, IX y X obtuvieron valores entre 15 a 19 mm. Según la escala *Duraffourd* (tabla 3) se consideran muy sensible (= ++) y presentan un efecto antibacteriano alto. Cabe señalar que los grupos V, VI y X obtuvieron los mejores resultados sobre *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*, en el orden dado. Por otro lado, el grupo II alcanzó entre 19,342 a 20,100 mm. Lo que se consideró de muy sensible a sumamente sensible.



Tabla 3 – Escala *Duraffourd* y porcentaje del efecto inhibitorio de los grupos de estudio sobre *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*

Grupos	Escala <i>Duraffourd</i> *			Porcentaje del efecto inhibitorio*		
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>S. pneumoniae</i> ATCC 49619	<i>S. pyogenes</i> ATCC 19615	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>S. pneumoniae</i> ATCC 49619	<i>S. pyogenes</i> ATCC 19615
Grupo I	+	+	+	50,25	52,52	50,57
Grupo II	+++	++	++	100,00	100,00	100,00
Grupo III	+	+	+	63,31	67,30	65,75
Grupo IV	+	+	+	66,09	69,37	67,36
Grupo V	++	++	++	87,65	88,88	88,65
Grupo VI	++	++	++	86,07	93,75	88,15
Grupo VII	++	++	++	77,24	79,75	78,66
Grupo VIII	+	+	+	70,61	72,17	67,78
Grupo IX	++	++	++	77,07	79,28	79,12
Grupo X	++	++	++	86,36	87,68	88,82
Grupo XI	+	++	++	71,39	78,07	77,60

*Del promedio de las zonas de inhibición de 12 discos en 3 placas por grupo para cada cepa bacteriana.

Al realizar la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, se encontró que para *S. aureus* ($p= 0,000$), *S. pneumoniae* ($p= 0,997$) y *S. pyogenes* ($p= 0,231$) las varianzas son similares, excepto en el caso de *S. aureus*. En el análisis de varianza de una vía se obtuvo un valor de $p < 0,05$, lo cual indica que existen diferencias significativas entre los extractos utilizados en el estudio y su efecto sobre los microorganismos.

Al aplicar el análisis *post-hoc* T3 de Dunnett, se encontró que todos los grupos presentan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), excepto para las comparaciones entre el grupo VI y el grupo X ($p= 1,000$), el grupo VII y el grupo IX ($p= 1,000$), y el grupo VIII con el grupo XI ($p= 0,989$). Estas comparaciones no mostraron diferencia significativa en relación a *S. aureus*. Al utilizar el *post-hoc* HSD de Tukey, se observó que no había diferencia estadísticamente significativa entre el grupo VII y el grupo IX ($p= 0,845$) en relación a *S. pneumoniae*. Se determinó que no había diferencia estadísticamente significativa entre el grupo IV y el grupo VIII ($p= 0,954$), el grupo V y el grupo VI ($p= 0,861$), el grupo V y el grupo X ($p= 1,000$), el grupo VI y el grupo X ($p= 0,517$), y el grupo VII con el grupo IX ($p= 0,915$) en relación a *S. pyogenes*.



DISCUSIÓN

Las especies en estudio forman parte de la medicina tradicional de los habitantes del Valle del Mantaro en la sierra central de Perú.^(1,12,13,14) La parte más frecuente utilizada para tratar afecciones del tracto respiratorio superior son las hojas frescas, estas se hierven en agua o alcohol de caña de azúcar y se administran por vía oral. Esta información es consistente con lo declarado por diversos autores.^(20,21,22,23) De igual forma, al efectuar la prueba de solubilidad, se verificó la afinidad de las muestras en agua y etanol al 70 %.

Los metabolitos secundarios detectados (tabla 1) son semejantes a lo reportado por *Ramírez J* y otros;⁽²⁰⁾ *Espinoza A*;⁽²¹⁾ *Shala Y* y otros;⁽²²⁾ *Sharifi J* y otros;⁽²³⁾ *Calderon A* y otros,⁽¹³⁾ y *Ganoza F*.⁽¹²⁾

Previo a la evaluación del efecto antibacteriano se efectuaron ensayos pilotos, se analizaron porcentajes de extractos de estudios previos y se determinó trabajar con concentraciones de extractos al 25 %, teniendo en cuenta lo reportado por *Culqui H* y otros.⁽¹⁴⁾ Se utilizó la difusión de disco de Kirby-Bauer, esta técnica es la más apropiada para evaluar efecto antibacteriano.⁽²⁴⁾

Los datos extraídos de las tablas 2 y 3 reflejan que los diámetros de los halos de inhibición del grupo V con $17,617 \pm 0,0405$ mm (87,65 %), grupo VI con $18,133 \pm 0,0432$ mm (93,75 %) y grupo X con $17,550 \pm 0,0417$ (88,82 %) mostraron las mayores actividades antibacterianas, frente a *S. aureus*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*, en el orden dado. Para el caso de *S. aureus*, estos resultados se relacionan con los estudios de *Calderón A* y otros,⁽¹³⁾ *Ramírez J* y otros,⁽²⁰⁾ y *Espinoza A*.⁽²¹⁾ Del mismo modo, las medidas fueron menores al ciprofloxacino 10 ug con $20,100 \pm 0,0696$ mm (100 %); $19,342 \pm 0,0379$ mm (100 %) y $19,758 \pm 0,0557$ mm (100 %), de forma respectiva, pero mayores a etanol al 70 %. Es probable que las actividades frente a bacterias grampositivas de los grupos V, VI y X se relacionen con la marcada presencia de los tipos de metabolitos secundarios y el efecto sinérgico de los mismos.^(13,18,24,25)

Por otra parte, los grupos III, IV, VII, VIII, IX y XI lograron halos de inhibición mayores al grupo I, pero menores a los grupos V, VI y X. Probablemente porque se trabajó con extractos hidroalcohólico de hojas al 25 %. De igual forma, *Culqui H* y otros,⁽¹⁴⁾ refieren que el grupo III presenta mejor efecto a concentraciones por encima del 50 %. Para *Ibrahim M* y otros,⁽²⁶⁾ y *Tocai A* y otros,⁽²⁷⁾ las flores del



grupo IV y las raíces del grupo VII, de forma respectiva, poseen mayor actividad antibacteriana que las hojas. Asimismo, *Shala Y* y otros,⁽²²⁾ *Sharifi-Rad J* y otros,⁽²³⁾ y *Ganoza F*,⁽¹²⁾ indican que el aceite esencial de las hojas de los grupos VIII, IX y XI, en el orden dado, demuestran marcada actividad antibacteriana frente a bacterias grampositivas.

Guglielmi P y otros,⁽⁴⁾ *Alibi S* y otros,⁽⁶⁾ y *Surco-Laos F* y otros,⁽¹⁸⁾ indican que los flavonoides, alcaloides y polifenoles alteran la síntesis de ácidos nucleicos, el metabolismo y dañan la membrana celular bacteriana; los compuestos fenólicos, lactonas y saponinas dañan la membrana celular; los taninos y quinonas actúan sobre la membrana y pared celular; los terpenoides alteran los ácidos grasos de la membrana plasmática, la fosforilación oxidativa y pueden reducir la formación de biopelículas.^(4,6,18)

Para el caso de *S. aureus*, se utilizó el *post-hoc* T3 de Dunnett, al hallarse ($p=0,000$) con la prueba de Levene, indicando que las varianzas no son homogéneas. Por otro lado, para *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*, se empleó *post-hoc* HSD de Tukey, al hallarse ($p>0,05$) con la misma prueba, esto revela que las varianzas son homogéneas. En este sentido, se pudo apreciar que el grupo II es superior a todos los demás grupos.

Después de realizar una revisión en la base de datos PubMed-NCBI (septiembre 2021 a septiembre 2022) sobre estudios antibacterianos, en el Perú las investigaciones fitoquímicas y de farmacología experimental de las especies vegetales son limitadas.^(13,18,20,21) Asimismo, los ejemplares en estudio merecen ser estudiados; y con base en su potencial actividad antimicrobiana, proponer la separación de metabolitos secundarios, dilucidar su estructura química y establecer la relación estructura química/actividad.^(21,24,25,28)

El estudio presenta ciertas limitaciones, no haber extraído los principales metabolitos secundarios de los ejemplares vegetales, haber utilizado una sola concentración y no haber evaluado individualmente la actividad antibacteriana de los flavonoides, compuestos fenólicos, taninos, quinonas, lactonas, alcaloides, saponinas y triterpenoides. Sin embargo, la principal fortaleza de este trabajo es generar evidencia científica de los 9 extractos hidroalcohólicos de las hojas de plantas etnomedicinales del distrito de Huayucachi, provincia de Huancayo-Perú sobre bacterias grampositivas, lo que permitirá iniciar estudios preclínicos de fase 0 de farmacología experimental.



Se concluye que los 9 extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales demuestran tener efecto sobre las bacterias en estudio y constituyen una fuente promisoría de compuestos químicos antibacterianos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tello-Ceron G, Pimentel M, Galarza V. Use of medicinal plants from the District of Quero, Jauja, Junín Region, Peru [Internet]. *Ecología Aplicada*. 2019 [acceso: 10/05/2024]; 18(1):11-20. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162019000100002
2. Vílchez-Cáceda H, Rojas-Berastein K, Olortegui-Quispe A, Alvia-Saldarriaga C. Efecto antibacteriano de dos extractos hidroalcohólicos de plantas medicinales sobre *Streptococcus mutans* [Internet]. *Rev Cub Med Mil*. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 52(3):e02302852. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2852>
3. Army M, Khodijah R, Haryani Y, Teruna H, Hendra R. Antibacterial *in vitro* screening of *Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook. root extracts [Internet]. *J Pharm Pharmacogn Res*. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 11(2):291-6. Disponible en: <https://jppres.com/jppres/antibacterial-of-helminthostachys-zeylanica-root/#:~:text=Conclusions%3A%20The%20study%20demonstrated%20the,for%20developing%20new%20antimicrobial%20agents>
4. Guglielmi P, Pontecorvi V, Rotondi G. Natural compounds and extracts as novel antimicrobial agents [Internet]. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 30(12):949-62. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33203288/>
5. Mostafa A, Al-Askar A, Almaary S, Dawoud M, Sholkamy N, Bakri M. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases [Internet]. *Saudi journal of biological sciences*. 2018 [acceso: 10/05/2024]; 25(2):361-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X17300773>



6. Alibi S, Crespo D, Navas J. Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity [Internet]. Antibiotics. 2021 [acceso: 10/05/2024]; 10(3):231. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33668943/>
7. Pulingam T, Parumasivam T, Gazzali M, Sulaiman M, Chee Y, Lakshmanan M, et al. Antimicrobial resistance: Prevalence, economic burden, mechanisms of resistance and strategies to overcome [Internet]. European Journal of Pharmaceutical Sciences. 2022 [acceso: 10/05/2024]; 170:106103. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928098721004048>
8. Vílchez-Cáceda H, Cervantes-Ganoza L. Evaluación del efecto antibacteriano sinérgico de rifamicina en propóleo sobre bacterias grampositivas [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2021 [acceso: 10/05/2024]; 50(3):e02101336. Disponible en: <http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/1336>
9. Vílchez H, Inocente M, Flores O. Actividad cicatrizante de seis extractos hidroalcohólicos de plantas en heridas incisivas de *Rattus norvegicus albinus* [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 49(1):86-100. Disponible en: <http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/489/448>
10. Taype E. Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi [Internet]. [Tesis de pregrado]. Huancayo: Universidad del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil; 2016. [acceso: 10/05/2024]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4107>
11. Ccora M. La relación del ecoturismo y desarrollo sostenible en el distrito de Huayucachi provincia de Huancayo departamento de Junín, período 2020 [Internet]. [Tesis de maestría]. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de Ciencias de la Educación; 2021. [acceso: 10/05/2024]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/adafe159-0f32-427c-a9a7-f108e75b7dda>
12. Ganoza F. Asmachilca: Vernacular name of *Eupatorium triplinerve* Vahl, *Aristeguietia discolor* RM King & H. Rob., *Aristeguietia gayana* Wedd, *Baccharis* sp. (Asteraceae), Peru [Internet]. Ethnobotany Research and Applications. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 19:1-19. Disponible en: <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/1825>



13. Calderon A, Salas J, Dapello G, Gamboa E, Rosas J, Chávez J, et al. Assessment of Antibacterial and Antifungal Properties and In Vivo Cytotoxicity of *Peruvian Passiflora Mollissima* [Internet]. The Journal of Contemporary Dental Practice. 2019 [acceso: 10/05/2024]; 20(2):145-51. Disponible en: <https://www.thejcdp.com/abstractArticleContentBrowse/JCDP/19/20/2/15286/abstractArticle/Article>
14. Culqui H, Zumaeta C, Quintana S, Silva E. Evaluación de la capacidad antioxidante y actividad antibacteriana del extracto acuoso y etanólico de *Cymbopogon citratus* [Internet]. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 3(2):9-15. Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/608>
15. Laux C, Peschel A, Krismer B. *Staphylococcus aureus* colonization of the human nose and interaction with other microbiome members [Internet]. Microbiology Spectrum. 2019 [acceso: 10/05/2024]; 7(2):7-2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31004422/>
16. Feldman C, Anderson R. Recent advances in the epidemiology and prevention of *Streptococcus pneumoniae* infections [Internet]. F1000Research. 2020; 9(F1000 Faculty Rev):338. DOI: [10.12688/f1000research.22341.1](https://doi.org/10.12688/f1000research.22341.1)
17. Jespersen G, Lacey A, Tong Y, Davies R. Global genomic epidemiology of *Streptococcus pyogenes* [Internet]. Infection, Genetics and Evolution. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 86:104609. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33147506/>
18. Surco-Laos F, García J, Bendejú M, Laos-Anchante D, Panay-Centeno J, Valle-Campos M, Alvarado A. *In vitro* antioxidant properties and antimicrobial activity of the ethanolic extract of *Senecio nutans* Sch. Beep. (Asteraceae) [Internet]. J Pharm Pharmacogn Res. 2022 [acceso: 10/05/2024]; 10(6):1026-36. Disponible en: <https://jppres.com/jppres/antioxidant-and-antimicrobial-activity-of-senecio-nutans/>
19. Cane H, Musman M, Yahya M, Saidi N, Darusman D, Nanda M, et al. Phytochemical screening and antibacterial activity of ethnomedicinal plants from Gayo Lues Highland, Indonesia [Internet]. J Pharm Pharmacogn Res. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 11(1):117–28. Disponible en: <https://jppres.com/jppres/antibacterial-plants-from-gayo-lues-highland/>
20. Ramirez J, Velasquez-Arevalo S, Rodriguez C, Villarreal-La Torre V. *Culcitium canescens* Humb. & Bonpl. (Asteraceae): an ethnobotanical, ethnopharmacological and phytochemical review



- [Internet]. Ethnobotany Research and Applications. 2020 [acceso: 10/05/2024]; 19:1-14. Disponible en: <https://ethnobotanyjournal.org//index.php/era/article/view/1815>
21. Espinoza A. Actividad antioxidante y antibacteriana *in vitro* del extracto seco hidroalcohólico al 70 % de *Caiophora cirsiifolia* c. Presl “Ccori Kisa” sobre cepas ATCC y cepas aisladas de *Staphylococcus aureus* [Internet]. [Tesis de pregrado]. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias de la Salud; 2018. [acceso: 10/05/2024]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNS_ca9556bedca4997218dcdd7abf33d2f4/Details
22. Shala Y, Gururani A. Phytochemical properties and diverse beneficial roles of *Eucalyptus globulus* labill.: a review [Internet]. Horticulturae. 2021; 7(11):450. DOI: [10.3390/horticulturae7110450](https://doi.org/10.3390/horticulturae7110450)
23. Sharifi-Rad J, Quispe C, Herrera-Bravo J, Akram M, Abbaass W, Semwal P, et al. Phytochemical constituents, biological activities, and health-promoting effects of the *Melissa officinalis* [Internet]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2021 [acceso: 10/05/2024]; 2021:1-20. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2021/6584693/>
24. Vílchez H, Olortegui A, Alvia C. Efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Solanum sessiliflorum* Dunal (cocona) sobre *Streptococcus mutans* [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 52(1):02302340. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2340>
25. Gorlenko L, Kiselev Y, Budanova V, Zamyatnin Jr A, Ikryannikova N. Plant secondary metabolites in the battle of drugs and drug-resistant bacteria: new heroes or worse clones of antibiotics? [Internet]. Antibiotics. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 9(4):170. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32290036/>
26. Ibrahim M, Alshammaa S. Pharmacological aspects of *Borago officinalis* (Borage): A review article [Internet]. Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences. 2023 [acceso: 10/05/2024]; 32(1):1-13. Disponible en: <https://bijps.uobaghdad.edu.iq/index.php/bijps/article/view/1611>
27. Tocai A, Kokeric T, Tripon S, Barbu-Tudoran L, Barjaktarevic A, Cupara S, et al. *Sanguisorba minor* Scop.: An Overview of Its Phytochemistry and Biological Effects [Internet]. Plants. 2023; 12(11):2128. DOI: [10.3390/plants12112128](https://doi.org/10.3390/plants12112128)



28. Villena-Tejada M, Vera-Ferchau I, Cardona-Rivero A, Zamalloa-Cornejo R, Quispe-Florez M, Frisancho-Triveño Z, et al. Use of medicinal plants for COVID-19 prevention and respiratory symptom treatment during the pandemic in Cusco, Peru: A cross-sectional survey [Internet]. PLoS ONE. 2021 [acceso: 10/05/2024]; 16(9):e0257165. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0257165>

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés. No hubo subvenciones involucradas en este trabajo.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda*.

Curación de datos: *Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga, Héctor Alexander Vilchez-Cáceda, Ketty Rojas-Berastein*.

Análisis formal: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda, Ketty Rojas-Berastein, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer*.

Investigación: *Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga*.

Metodología: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda, Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga*.

Administración del proyecto: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda*.

Recursos: *Carolina Mayo Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein*.

Supervisión: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda*.

Validación: *Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer*.

Visualización: *Carolina Mayo Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein*.

Redacción – borrador original: *Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein, Héctor Alexander Vilchez-Cáceda*.

Redacción – revisión y edición: *Christhian Alexander Alvia-Saldarriaga, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein, Héctor Alexander Vilchez-Cáceda*.



Disponibilidad de datos

Los datos que avalan los hallazgos de este estudio pueden consultarse en *Zenodo*. Base de datos de investigación. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10703230>. Los datos están disponibles según los términos de licencia *Creative Commons BY-NC-SA 4.0*.