Revista Cubana de Medicina Militar

2026;55(4):e026077378

Artículo de Investigación

Efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* (cushuro) sobre *Streptococcus mutans*

Antibacterial effect of the hydroalcoholic extract of *Nostoc sphaericum* (cushuro) on *Streptococcus mutans*

Héctor Alexander Vilchez-Cáceda[1]* https://orcid.org/0000-0001-7094-0821

Jesús Edson Trejo-Levy[2] https://orcid.org/0000-0002-6297-6346

Daniela Alison Pereyra-Flores[2] https://orcid.org/0009-0004-1509-2718

Ketty Rojas-Berastein[3] https://orcid.org/0000-0001-8521-5737

Fernando Enrique Holguin-Chura[4] https://orcid.org/0009-0001-9375-4607

Carolina Mayo Takahashi-Ferrer[4] https://orcid.org/0000-0002-9441-0056

[1]Universidad Científica del Sur. Lima, Perú

[2]Universidad Autónoma del Perú. Lima, Perú.

[3]Universidad Católica de Trujillo. Trujillo, Perú.

[4]Universidad Norbert Wiener. Lima, Perú.

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

RESUMEN

Introducción: *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault presenta compuestos bioactivos con potencial actividad inhibitoria frente a *Streptococcus mutans*, principal agente etiológico de la caries dental.

Objetivo: Evaluar el efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* sobre *Streptococcus mutans*.

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

Métodos: Estudio experimental, *in vitro* y comparativo. Se efectuó un cribado fitoquímico del extracto. Se emplearon 56 placas de agar Müller-Hinton (Merck®), divididas en 7 grupos (n= 8). Se analizaron 224 discos en total (32 por grupo), siendo el disco la unidad experimental: grupo I (agua desionizada), grupo II (etanol al 70 %), grupo III (clorhexidina al 0,12 %) y grupos IV, V, VI y VII de *Nostoc sphaericum* al 25, 50, 75 y 100 %, respectivamente. Se utilizó la técnica de difusión en disco detallado por Bauer y Kirby. La especie empleada fue *Streptococcus mutans* ATCC 25175, y las mediciones de las áreas de inhibición se efectuaron a las 24 horas para señalar actividad antibacteriana.

Resultados: El cribado fitoquímico identificó flavonoides, triterpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos. Los grupos V, VI y VII presentaron actividad antibacteriana sobre *S. mutans*, con halos de inhibición de 15,591 ± 0,0639 mm (77,89 %), 17,628 ± 0,0474 mm (88,07 %) y 19,222 ± 0,0525 mm (96,03 %), en ese orden, en comparación con el grupo III 20,016 ± 0,0311 mm (100 %).

Conclusiones: El extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* al 100 % presenta efecto antibacteriano *in vitro* frente a *Streptococcus mutans*, lo que sugiere su potencial como fuente natural de compuestos bioactivos antibacterianos.

Palabras clave: agente antibacteriano; caries dental; clorhexidina; *Nostoc*; *Streptococcus mutans.*

ABSTRACT

Introduction: *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault contains bioactive compounds with potential inhibitory activity against *Streptococcus mutans*, the main etiological agent of dental caries.

Objective: To evaluate the antibacterial effect of the hydroalcoholic extract of *Nostoc sphaericum* against *Streptococcus mutans.*

Methods: An experimental, *in vitro*, and comparative study was conducted. A phytochemical screening of the extract was performed. Fifty-six Müller-Hinton agar plates (Merck®) were used, divided into seven groups (n= 8). A total of 224 disks were analyzed (32 per group), with the disk being the experimental unit: group I (deionized water), group II (70% ethanol), group III (0.12% chlorhexidine), and groups IV, V, VI, and VII of *Nostoc sphaericum* at 25%, 50%, 75%, and 100%

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

concentrations, respectively. The disk diffusion technique described by Bauer and Kirby was used. The species used was *Streptococcus mutans* ATCC 25175, and the inhibition zones were measured at 24 hours to determine antibacterial activity

Results: Phytochemical screening identified flavonoids, triterpenoids, alkaloids, and phenolic compounds. Groups V, VI, and VII showed antibacterial activity against *S. mutans*, with inhibition zones of 15.591 ± 0.0639 mm (77.89%), 17.628 ± 0.0474 mm (88.07%), and 19.222 ± 0.0525 mm (96.03%), respectively, compared to group III's zone of 20.016 ± 0.0311 mm (100%)

Conclusions: The 100% hydroalcoholic extract of *Nostoc sphaericum* exhibits an *in vitro* antibacterial effect against *Streptococcus mutans*, suggesting its potential as a natural source of antibacterial bioactive compounds.

Keywords: anti-bacterial agents; chlorhexidine; dental caries; *Nostoc*; *Streptococcus mutans*.

Recibido: 26/02/2026

Aprobado: 22/10/2026

INTRODUCCIÓN

La caries dental constituye una de las afecciones bucodentales de mayor impacto en la salud pública a nivel mundial.[1] Según la Organización Mundial de la Salud (OMS),[2] más de 2000 millones de personas la padecen. Su prevalencia resulta elevada en regiones como Latinoamérica y Europa, donde compromete la salud oral de la población infantil y adulta.[1,2,3] En Perú, la prevalencia supera el 90 % de la población, lo cual evidencia su carga sanitaria y las limitaciones en el acceso y uso de los servicios de salud bucal.[4,5]

Streptococcus mutans se identifica como uno de los principales agentes etiológicos implicados en el proceso carioso.[6] Esta especie bacteriana sintetiza polisacáridos extracelulares que favorecen su adherencia al esmalte dental. Además, metaboliza carbohidratos y produce ácidos orgánicos que desmineralizan el tejido dentario.[6,7]

Bajo licencia Creative Commons


2026;55(4):e026077378

Perú se distingue por su diversidad biológica y alberga una amplia gama de recursos naturales con uso etnobotánico y etnofarmacológico.[8] Estos recursos se utilizan desde tiempos ancestrales por comunidades de la costa, sierra y selva con fines nutricionales y terapéuticos, incluidas afecciones de origen bucal.[9] Distintas investigaciones,[9,10,11] han demostrado que ciertos compuestos bioactivos obtenidos de productos naturales presentan propiedades antimicrobianas y actúan mediante diversos mecanismos de acción.

Entre las soluciones de enjuague bucal, la clorhexidina figura entre las más empleadas para la prevención de la caries dental.[12] Sin embargo, su uso prolongado se ha asociado con efectos adversos, como pigmentación dental, ardor de la mucosa oral y reacciones alérgicas.[12,13] Ante este escenario, surge la necesidad de investigar alternativas terapéuticas basadas en productos naturales.[10]

La familia *Nostocaceae* Eichler agrupa diversos géneros y más de 200 especies de cianobacterias con amplia distribución geográfica. Sus integrantes son organismos fotoautótrofos muy estudiados por su diversidad taxonómica y su importancia ecológica dentro del orden Nostocales.[14] Asimismo, presentan un alto potencial biotecnológico debido a la producción de compuestos bioactivos, a los que se atribuyen posibles aplicaciones en la salud.[14,15] Entre estos compuestos destacan los polisacáridos extracelulares y pigmentos, como la ficocianina, con interés para las industrias alimentaria, cosmética y nutracéutica.[15,16,17] Dentro de esta familia, el género *Nostoc* se encuentra distribuido en ecosistemas acuáticos y terrestres.[18] Varias especies establecen asociaciones simbióticas con plantas.[19] En su biomasa se han identificado carotenoides, ácidos grasos poliinsaturados, polisacáridos sulfatados y diversos compuestos funcionales que le confieren propiedades antioxidantes y antinflamatorias.[20]

Una de las especies más relevantes, *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault, conocido como cushuro, se desarrolla en forma de esferas gelatinosas de color verde azulado en lagunas situadas en zonas altoandinas del Perú, entre 3000 y 4500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).[21] Se consume fresco o deshidratado por las comunidades locales en sopas y guisos, debido al elevado contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y diversos compuestos

Bajo licencia Creative Commons


2026;55(4):e026077378

bioactivos.[16,20] Estas características sustentan sus propiedades biológicas, con énfasis en su potencial actividad antimicrobiana.[20,21]

Se realiza este trabajo con el objetivo de evaluar el efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* sobre *Streptococcus mutans*.

MÉTODOS

Diseño

Se efectuó un estudio experimental, *in vitro* y comparativo, en el laboratorio de biología celular y microbiología de la Universidad Autónoma del Perú, entre noviembre de 2024 y septiembre de 2025.

Material vegetal

La recolección de *Nostoc sphaericum* se realizó de forma aleatoria en la laguna Ñahuinpuquio, ubicada en el distrito y provincia de Chupaca, región Junín, Perú, a una altitud de 3480 m.s.n.m. La identificación taxonómica de la especie se efectuó en el Herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, según certificado N° 367-USM-MHN-2024.

Variables

La variable independiente fue la concentración del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum*; las concentraciones estudiadas fueron del 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. La variable dependiente fue el efecto antibacteriano sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

Procedimientos

Las colonias de *Nostoc sphaericum* se lavaron con agua desionizada estéril, se eliminaron residuos visibles y materia orgánica adherida. Se seleccionaron aquellas de tamaño y color homogéneo y sin signos de deterioro. Seguido, se trasladó a un deshidratador (Dakota®) a 45 °C ± 2 °C por 96 horas. Tras el secado, se sometió a un micropulverizador (Grondoy®) de acero quirúrgico. El extracto hidroalcohólico se obtuvo mediante la técnica de maceración de 250 g de

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

micropulverizado en 2000 mL de etanol al 70 %, durante 15 días, con agitación cada 12 horas.[11] A continuación, el extracto fue filtrado con papel Whatman Nº 40 y concentrado en estufa (Memmert®) a 40 °C ± 2 °C hasta la evaporación completa del solvente y la obtención de un peso constante; de este proceso se obtuvieron 70 g de extracto seco.[22] Acto seguido, se prepararon soluciones diluidas en etanol al 70 % para alcanzar concentraciones finales del 25 %, 50 %, 75 % y 100 %.[11]

La caracterización de metabolitos secundarios se realizó mediante un cribado fitoquímico preliminar, basado en técnicas químicas de precipitación y coloración, según lo descrito por *Vilchez H* y otros.[23]

La reactivación de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 se realizó conforme a las directrices del *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI).[11] La elaboración y estandarización del inóculo siguieron el procedimiento descrito por *Vilchez H* y otros.[23] El estudio se desarrolló con cumplimiento de las normas de bioseguridad.[22]

El ensayo antibacteriano se llevó a cabo por la técnica de difusión en disco.[10] Se efectuaron 56 siembras, distribuidas en 7 grupos de n= 8 placas, con hisopos estériles impregnados con inóculos estandarizados, según el procedimiento declarado por *Vilchez H* y otros.[23] Con anticipación, los discos fueron impregnados con 30 µL de extractos a concentraciones de 25 % (7,5 mg), 50 % (15 mg), 75 % (22,5 mg) y 100 % (30 mg), y se colocaron en los medios de cultivo junto con clorhexidina al 0,12 % y etanol al 70 %, conforme lo detallado por *Vilchez H* y otros.[11] La unidad experimental correspondió a cada disco impregnado con el tratamiento respectivo. Se analizaron 32 discos por grupo, distribuidos en ocho placas de cultivo (cuatro discos equidistantes por placa), lo que garantizó condiciones homogéneas de difusión y evitó la superposición de halos de inhibición. Las siembras se repartieron en grupos:

- Grupo I: discos con agua desionizada.
- Grupo II: discos con etanol al 70 %.
- Grupo III: discos con clorhexidina al 0,12 %.
- Grupo IV: discos con extracto de *Nostoc sphaericum* al 25 %.

Bajo licencia Creative Commons

- Grupo V: discos con extracto de *Nostoc sphaericum* al 50 %.
- Grupo VI: discos con extracto de *Nostoc sphaericum* al 75 %.
- Grupo VII: discos con extracto de *Nostoc sphaericum* al 100 %.

Las placas con los discos se incubaron invertidas a 37 °C durante 24 horas en una incubadora (Memmert®).[23] Luego de la incubación, las áreas sin crecimiento microbiano alrededor de los discos se consideraron zonas de inhibición y se midieron con un calibrador Vernier (Truper®).[22]

Procesamiento

La evaluación cualitativa se realizó mediante la escala de *Duraffourd* y el análisis cuantitativo incluyó la medición de las áreas de inhibición y el cálculo del porcentaje de efecto inhibitorio frente a la clorhexidina.[11] Los datos se expresaron como media aritmética ± error estándar, con un nivel de confianza del 95 % y un error relativo del 5 %. Se ejecutaron la prueba de Levene, el ANOVA de una vía y el *post-hoc* T3 de Dunnett. El nivel de significancia se estableció en $p< 0,05$, a través del software IBM SPSS Statistics for Windows, versión 21.

Aspectos bioéticos

La investigación contó con la aprobación de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Perú.

RESULTADOS

El cribado fitoquímico preliminar evidenció la presencia de flavonoides, triterpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos (tabla 1).

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

Tabla 1 - Cribado fitoquímico del extracto de *Nostoc sphaericum*

Metabolitos	**Reactivo**	***Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault**
Flavonoides	Shinoda	+++
Triterpenoides	Liebermann	+++
Alcaloides	Dragendorff	+++
Compuestos fenólicos	$FeCl_3$	++
Aminoácidos libres	Ninhidrina	++
Carbohidratos	Molish	+
Lactonas	Legal	+
Taninos	Gelatina	-
Antocianinas	Rosenheim	-
Saponinas	Espuma	-
Quinonas	Bornträger	-
Glicósidos cardiotónicos	Baljet	-

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

El análisis realizado a las 24 horas (tabla 2) evidencia que los valores promedio se ubicaron dentro de los límites de aceptación establecidos, con un nivel de confianza del 95 % y un error relativo del 5 %; en consecuencia, no se excluyó ningún dato del conjunto analizado. Asimismo, los valores corresponden a mediciones derivadas de réplicas intra-placa.

Bajo licencia Creative Commons


2026;55(4):e026077378

Tabla 2 - Estadística descriptiva de los diámetros de inhibición (mm) sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175 en los diversos grupos de estudio

Grupos	n	Media*	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Grupo I	32	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,0	0,0
Grupo II	32	10,047	0,2851	0,0504	9,944	10,150	9,6	10,6
Grupo III	32	20,016	0,1762	0,0311	19,952	20,079	19,7	20,2
Grupo IV	32	13,169	0,2753	0,0487	13,070	13,268	12,7	13,7
Grupo V	32	15,591	0,3613	0,0639	15,460	15,721	14,9	16,2
Grupo VI	32	17,628	0,2679	0,0474	17,532	17,725	17,2	18,0
Grupo VII	32	19,222	0,2970	0,0525	19,115	19,329	18,7	19,8
Total	224	13,667	6,4638	0,4319	12,816	14,518	0,0	20,2

*En milímetros.

Con base en los valores promedio consignados en la tabla 2, los grupos V, VI y VII presentaron halos de inhibición comprendidos entre 15 y 19 mm. Según la escala de *Duraffourd* (tabla 3), dichos resultados se clasifican como muy sensible (++) y un efecto antibacteriano alto, según efecto inhibitorio en porcentaje sobre la bacteria en estudio.

Tabla 3 - Escala de *Duraffourd* y porcentaje de inhibición del desarrollo de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 en los grupos experimentales

Grupos	Escala de *Duraffourd**	Porcentaje del efecto inhibitorio*
Grupo I	-	0,00
Grupo II	+	50,20
Grupo III	+++	100,00
Grupo IV	+	65,79
Grupo V	++	77,89
Grupo VI	++	88,07
Grupo VII	++	96,03

*Del promedio de los diámetros de inhibición de 32 discos por grupo.

Bajo licencia Creative Commons

La prueba de Levene confirmó la heterogeneidad de varianzas entre los grupos evaluados (p< 0,001); en consecuencia, el análisis de varianza de una vía (ANOVA) reveló diferencias estadísticas significativas entre los grupos sobre *S. mutans* ATCC 25175.

Tabla 4 - ANOVA de un factor de los grupos de ensayo sobre *S. mutans* ATCC 25175

Análisis	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.*
Inter - grupos	9302,175	6	1550,362	22674,692	0,000
Intra - grupos	14,837	217	0,068	-	-
Total	9317,012	223	-	-	-

*De 224 discos por 7 grupos evaluados.

Al ejecutar el *post-hoc* T3 de *Dunnett*, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre todos los grupos evaluados (p< 0,001).

DISCUSIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS)[24] la resistencia a los antimicrobianos causa más de 1 millón de muertes en el mundo. Esta problemática ha impulsado la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos provenientes de microorganismos fotosintéticos, en particular las cianobacterias, reconocidas por su capacidad de sintetizar una diversidad de metabolitos secundarios.[15,25]

Nostoc sphaericum se prepara de forma tradicional como jugo y refresco.[20] Para la extracción de metabolitos secundarios se empleó etanol al 70 % mediante la técnica de maceración.[27] Los resultados de la prueba de solubilidad concuerdan con los reportados por *Puma A* y otros,[26] quienes confirmaron una adecuada disolución del extracto tanto en agua desionizada como en etanol.

El cribado fitoquímico (tabla 1) reveló la presencia predominante de flavonoides, triterpenoides y alcaloides, así como una presencia moderada de compuestos fenólicos. Estos resultados coinciden en parte con los reportados por *Puma A* y otros[26] no obstante, difieren de lo descrito por *Del Carpio C* y otros,[27] quienes señalan que los alcaloides se detectaron de forma escasa. El estudio

Bajo licencia Creative Commons


2026;55(4):e026077378

se limitó al análisis de concentraciones de extractos de *Nostoc sphaericum* al 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, de acuerdo con antecedentes metodológicos reportados por *Vilchez H* y otros.[11] Para el ensayo microbiológico se utilizó la técnica de difusión en disco de Bauer–Kirby, uno de los métodos más empleados para la evaluación de la actividad antibacteriana.[10,22]

Los resultados presentados en las tablas 2 y 3 evidencian una relación directa entre el incremento de la concentración del extracto hidroalcohólico y el aumento del diámetro promedio de los halos de inhibición. El extracto, evaluado a diferentes concentraciones, mostró un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de la bacteria en estudio. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por *Vilchez H* y otros.[23] En todos los grupos evaluados, los halos fueron mayores que los del grupo II, con excepción del grupo I, que empleó agua desionizada.

Los halos de inhibición de los grupos V al VII evidencian una actividad antibacteriana significativa frente a la bacteria en estudio, ubicándose dentro del rango reportado para extractos hidroalcohólicos de origen natural, como los descritos por *Santa Cruz C* y otros[10] y *Vilchez H* y otros.[11] Asimismo, valores superiores a 15 mm se consideran indicativos de actividad antibacteriana moderada a alta.[22]

Aunque el grupo VII presentó el mayor halo de inhibición entre las concentraciones evaluadas, este fue ligeramente inferior al grupo III, lo que puede atribuirse a las limitaciones del método de difusión en agar para evaluar extractos complejos. En este contexto, la difusión de los compuestos bioactivos depende de sus propiedades fisicoquímicas, lo que puede subestimar su actividad antibacteriana real.[28] En contraste, la clorhexidina, al ser un agente purificado y con alta capacidad de difusión, genera halos de mayor diámetro.[12]

Diversos estudios,[10,11,22] evidencian que la acción conjunta de metabolitos secundarios ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*. En este sentido, se reporta que flavonoides, triterpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos presentan actividad antibacteriana frente a bacterias grampositivas. Este efecto puede atribuirse, al menos en parte, a mecanismos como la alteración de la permeabilidad de la membrana bacteriana y la interferencia en procesos metabólicos esenciales; además, la inhibición de la síntesis de polisacáridos extracelulares, lo que afecta la formación del biofilm, un proceso clave en la patogenicidad de *S. mutans*.[7,28]

Bajo licencia Creative Commons


2026;55(4):e026077378

La aplicación de la prueba de Levene evidenció una heterogeneidad significativade varianzas (p< 0,001). El análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba *post-hoc* T3 de Dunnett mostraron que todos los extractos evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas frente a la clorhexidina al 0,12 %. Sin embargo, estos hallazgos deben interpretarse como resultados preliminares, siendo necesario profundizar los mecanismos moleculares implicados en el efecto observado sobre la bacteria evaluada.

Tras una revisión de la literatura en la base de datos PubMed-NCBI (diciembre 2024 a diciembre 2025), la evidencia sobre procedimientos experimentales, el potencial terapéutico y la actividad antibacteriana de *Nostoc sphaericum* en el ámbito peruano es limitada, dado que los estudios disponibles se centran en aspectos fisicoquímicos y nutricionales.[20,21]

La investigación presenta algunas limitaciones. El diseño *in vitro* no reproduce las condiciones complejas del medio oral, incluyendo la presencia de saliva, biofilm multiespecie y factores inmunológicos del huésped, lo que limita la extrapolación directa de los resultados a contextos clínicos. Del mismo modo, no se evaluó la citotoxicidad del extracto ni su estabilidad química. De igual forma, no se realizó el aislamiento ni la identificación individual de los principales metabolitos secundarios de la especie en estudio, ni ensayos dirigidos a determinar de manera específica la actividad antibacteriana de flavonoides, triterpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos.

No obstante, una fortaleza relevante del estudio radica en la generación de evidencia científica sobre la actividad del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault frente a *Streptococcus mutans*, lo que sienta las bases para el desarrollo de futuras investigaciones orientadas a la formulación de un enjuague bucal y a la evaluación de su eficacia mediante ensayos clínicos.

Se concluye que el extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* al 100 % presenta efecto antibacteriano *in vitro* frente a *Streptococcus mutans*, lo que sugiere su potencial como fuente natural de compuestos bioactivos antibacterianos.

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. OMS: Informe mundial sobre el estado de la salud bucodental: hacia la cobertura sanitaria universal para la salud bucodental en 2030 [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [acceso: 16/02/2026]. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484

2. Organización Mundial de la Salud. OMS: Salud bucodental [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [acceso: 16/02/2026]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health

3. Martignon S, Roncalli A, Alvarez E, Aranguiz V, Feldens C, Buzalaf M. Risk factors for dental caries in Latin American and Caribbean countries [Internet]. Braz. Oral Res. 2021 [acceso: 16/02/2026]; 35(suppl 01):19-42. Disponible en: https://www.scielo.br/j/bor/a/4yFxjpCdTNL4yzZsKrT4KWg/abstract/?lang=en

4. Ministerio de Salud. Programa Presupuestal 0018: Enfermedades No Transmisibles. Reporte de seguimiento 2024-I [Internet]. Lima: MINSA; 2024 [acceso: 16/02/2026]. Disponible en: https://www.minsa.gob.pe/presupuestales/doc2024/reporte-seguimiento/Reporte_PP_0018_2024_I.pdf

5. Ruiz J, Pisfil-Benites N, Azañedo D, Hernández-Vásquez A. Impact of health insurance on the use of oral health services in the Peruvian population 2015–2019 [Internet]. BMC Oral Health. 2024 [acceso: 16/02/2026]; 24(1):684. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38867214/

6. Fang Y, Chen X, Chu C, Yu O, He J, Li M. Roles of *Streptococcus mutans* in human health: beyond dental caries [Internet]. Front Microbiol. 2024 [acceso: 16/02/2026]; 15:1503657. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39749137/

7. Zheng T, Jing M, Gong T, Yan J, Wang X, Xu M, et al. Regulatory mechanisms of exopolysaccharide synthesis and biofilm formation in *Streptococcus mutans* [Internet]. J Oral Microbiol. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 15(1):2225257. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37346997/

Bajo licencia Creative Commons

8. Alomía-Lucero J, Romero-Alva M, Quispe-Concepción P, Roland-Jacobsen C. Estudio etnobotánico de la diversidad de plantas medicinales de la zona de Satipo, Perú [Internet]. Rev Investig Agrar. 2024 [acceso: 16/02/2026]; 6(2):21-33. Disponible en: https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/2202

9. Guzmán-Ardiles R, Costa A, Marques C. Use of three Peruvian medicinal plants and their scientific support [Internet]. Ciênc Rural. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 55(8):e373. Disponible en: https://www.scielo.br/j/cr/a/7srPyDFkNC37Nbt7z7DT7Ng/

10. Santa Cruz C, Romero-Flores J, Villegas-Manay E, Moreno-Mantilla M, Carrasco-Solano F. Estudio *in vitro* de la actividad antibacteriana de extractos etanólicos de *Punica granatum* y *Syzygium aromaticum* [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2026 [acceso: 16/02/2026]; 55(1):e76773. Disponible en: https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/76773

11. Vílchez-Cáceda H, Rojas-Berastein K, Takahashi-Ferrer C, Alvia-Saldarriaga C. Efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Tillandsia maculata* (Bromeliaceae) sobre *Streptococcus mutans* [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2024 [acceso: 16/02/2026]; 53(2):e38860. Disponible en: https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/38860/2586

12. Jindamporn S, Sooampon S, Lertpimonchai A, Vorapanya A, Wongdechakul C, Markpaiboon W, et al. Efficacy of 0.12% chlorhexidine mouthwash containing 0.001% EDTA versus commercially available chlorhexidine mouthwash in minimizing tooth staining: a randomized clinical trial [Internet]. BMC Oral Health. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 25(1):1890. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12687519/

13. Gerges B, Rosenblatt J, Truong Y, Reitzel R, Raad I. Review of allergic reactions from use of chlorhexidine on medical products in clinical settings over 40 years: risks and mitigations [Internet]. Infect Control Hosp Epidemiol. 2022 [acceso: 16/02/2026]; 43(6):775-89. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34078513/

14. Cabrera-Becerril E, García-García A, Núñez M, Dreckmann K, Sentíes A. Taxonomic history and state of knowledge of the marine species in Nostocales (Cyanoprokaryote) from the Mexican Atlantic [Internet]. Ecol Evol. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 15(8):e71826. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40746381/

Bajo licencia Creative Commons

15. Jasińska J, Kamińska I, Chmiel M, Jamróz E. Biological potential of polysaccharides extracted from Nostoc colonies for film production: physical and biological properties [Internet]. Biotechnol J. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 18(5):e2200455. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36840918/

16. Zhu S, Xu J, Adhikari B, Lv W, Chen H. *Nostoc sphaeroides* cyanobacteria: a review of its nutritional characteristics and processing technologies [Internet]. Crit Rev Food Sci Nutr. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 63(27):8975–91. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35416723/

17. Mao M, Han G, Zhao Y, Xu X, Zhao Y. A review of phycocyanin: production, extraction, stability and food applications [Internet]. Int J Biol Macromol. 2024 [acceso: 01/05/2026]; 280(Pt3):135860. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39307501/

18. Carmona J, Caro A, Becerra-Absalón I, Perona E, Márquez K, Mateo P. Description of two new species of *Nostoc* (Nostocales, Cyanobacteria) from central Mexico, using morphological, ecological, and molecular attributes [Internet]. J Phycol. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 59(6):1237–57. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37889842/

19. Álvarez C, Jiménez-Ríos L, Iniesta-Pallarés M, Jurado-Flores A, Molina-Heredia F, Ng C, et al. Symbiosis between cyanobacteria and plants: from molecular studies to agronomic applications [Internet]. J Exp Bot. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 74(19):6145–57. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37422707/

20. Corpus-Gómez A, Alcantara-Callata M, Celis-Teodoro H, Echevarría-Alarcón B, Paredes-Julca J, Paucar-Menacho L. Cushuro (*Nostoc sphaericum*): hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales [Internet]. Agroind Sci. 2021 [acceso: 16/02/2026]; 11(2):231-8. Disponible en: https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3819

21. Méndez-Ancca S, Pepe-Victoriano R, Gonzales H, Zambrano-Cabanillas A, Marín-Machuca O, Rojas J, et al. Physicochemical Evaluation of Cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet &Flahault) in the Region of Moquegua for Food Purposes [Internet]. Foods. 2023 [acceso: 16/02/2026]; 12(10):1939. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37238756/

Bajo licencia Creative Commons

22. Vilchez-Cáceda H, Rojas-Berastein K, Alvia-Saldarriaga C, Takahashi-Ferrer C. Efecto antibacteriano de nueve extractos hidroalcohólicos de plantas etnomedicinales de Huayucachi-Perú sobre bacterias grampositivas [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2024 [acceso: 16/02/2026]; 53(3):e43497. Disponible en: https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/43497

23. Vílchez-Cáceda H, Trejo-Levy J, Rojas-Berastein K, Takahashi-Ferrer C, Benites-Azabache J. Efecto antibacteriano del extracto etanólico de la corteza de *Bertholletia excelsa* (castaña) sobre *Staphylococcus aureus* [Internet]. Rev Cub Med Mil. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 54(4):e76887. Disponible en: https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/76887

24. World Health Organization. Antimicrobial resistance [Internet]. Geneva: WHO; 2023 [acceso: 16/02/2026]. Disponible en: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance

25. Chasquibol N, Sotelo A, Tapia M, Alarcón R, Goycoolea F, Hernández-Álvarez A.Evaluation of cushuro (*Nostoc sphaericum*) as an alternative source of minerals, functional protein and bioactive peptides [Internet].LWT-Food Sci Technol. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 217:117426.Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643825001100

26. Puma-Calvo A. Actividad antioxidante y fotoprotectora UVB in vitro de un cremigel elaborado con extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum* [Internet].[Tesis de pregrado].Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias de la Salud; 2024 [acceso: 16/02/2026]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNS_b9d52576006f8aff306262c5b03322f2

27. Del Carpio C, Cardeña K, Gutierrez R, Duran P, Cusiyunca Y. Formulación de una emulsión cosmética fotoprotectora usando extractos de la cianobacteria *Nostoc sphaericum* [Internet]. Rev Colomb Cienc Quím Farm. 2025 [acceso: 16/02/2026]; 53(3):736–57. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/119191

28. Zouine A, El Barnossi A, El Moussaoui A, Bourhia M, Salamatullah AM, Alzahrani A, et al. A comprehensive review on medicinal plant extracts as antibacterial agents: mechanisms, challenges and future prospects [Internet]. Trends Food Sci Technol. 2024 [acceso: 16/02/2026];

Bajo licencia Creative Commons

146:1043–58. Disponible en:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224424000375

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: *Jesús Edson Trejo-Levy, Daniela Alison Pereyra-Flores, Fernando Enrique Holguin-Chura, Ketty Rojas-Berastein.*

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

Investigación: *Jesús Edson Trejo-Levy, Daniela Alison Pereyra-Flores, Fernando Enrique Holguin-Chura.*

Metodología: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda, Jesús Edson Trejo-Levy.*

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

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

Supervisión: *Héctor Alexander Vilchez-Cáceda.*

Validación: *Jesús Edson Trejo-Levy, Daniela Alison Pereyra-Flores, Fernando Enrique Holguin-Chura, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer.*

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

Redacción – Elaboración del borrador original: *Jesús Edson Trejo-Levy, Carolina Mayo Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein, Daniela Alison Pereyra-Flores, Fernando Enrique Holguin-Chura, Héctor Alexander Vilchez-Cáceda.*

Bajo licencia Creative Commons

2026;55(4):e026077378

Redacción – Revisión y edición: *Jesús Edson Trejo-Levy, Carolina M. Takahashi-Ferrer, Ketty Rojas-Berastein, Daniela Alison Pereyra-Flores, Fernando Enrique Holguin-Chura, 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.18567915. Los datos están disponibles según los términos de licencia Creative Commons BY-NC-SA 4.0.

Bajo licencia Creative Commons