

Efecto inhibitorio de la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y aceite esencial de timol sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM

Inhibitory effect of hydralgyrite clay (chaqo) and thymol essential oil on Streptococcus mutans ATCC 25175TM

Thalia Margoth Sanca-Apaza^{1a}

<https://orcid.org/0009-0001-2395-1218>

Henry Richar Huarachi-Ito^{1a}

<https://orcid.org/0009-0006-6924-729X>

Gian Carlo Valdez-Velazco^{2b}

<https://orcid.org/0000-0003-1282-0527>

*Luis Fernando Sanca-Apaza^{2c}

<https://orcid.org/0009-0009-5759-7227>

Karol Alessandra Valencia-Arce^{2c}

<https://orcid.org/0009-0001-9948-5292>

Rita Viccel Argote-Oha^{2c}

<https://orcid.org/0009-0009-9179-2923>

Tania Carola Padilla-Cáceres^{2d}

<https://orcid.org/0000-0002-3083-1417>

Correspondencia: lsancaa@est.unap.edu.pe

Resumen

Objetivo: Evaluar *in vitro* la efectividad antibacteriana de la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y el aceite esencial de timol sobre *Streptococcus mutans*. **Métodos:** El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, prospectivo, longitudinal y un diseño cuasi experimental. Se cultivaron 50 placas de Petri, distribuyendo 6 discos de papel filtro en cada una, obteniendo un total de 300 discos; se evaluó el efecto antibacteriano mediante el método de difusión por disco de Kirby Bauer. Las placas se dividieron en 8 grupos según las concentraciones de arcilla de hidralgirita y aceite esencial de timol. Los halos inhibitorios fueron medidos a las 24 y 48 horas. **Resultados:** La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y el aceite esencial de timol mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.00$) en sus efectos inhibitorios según el análisis H de Kruskal-Wallis. El mejor efecto antibacteriano se obtuvo con la arcilla de hidralgirita al 100 % a las 24 horas. **Conclusiones:** La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) tiene un efecto inhibitorio superior en comparación con el aceite esencial de timol a las 24 y 48 horas. Estos hallazgos sugieren que la arcilla de hidralgirita es una alternativa accesible y de bajo costo para el control de *Streptococcus mutans*.

Palabras clave: *Streptococcus mutans*, timol, arcilla de hidralgirita, antibacteriano

¹ Investigador independiente

² Universidad Nacional del Altiplano Puno. Escuela Profesional de Odontología. Puno, Perú

^a Cirujano dentista

^b Magíster en estomatología

^c Estudiante del X semestre

^d Especialista en odontopediatría y docente

Fecha de recepción: 24/11/2024

Fecha de aceptación: 30/01/2025

Abstract

Objective: To evaluate *in vitro* the antibacterial effectiveness of hydralgirite clay (*chaqo*) and thymol essential oil on *Streptococcus mutans*. **Methods:** The study had a quantitative, prospective, longitudinal approach and a quasi-experimental design. Fifty Petri dishes were cultured, distributing 6 filter paper discs in each one, obtaining a total of 300 discs; the antibacterial effect was evaluated using the Kirby Bauer disc diffusion method. The plates were divided into 8 groups according to the concentrations of hydralgirite clay and thymol essential oil. Inhibitory halos were measured at 24 and 48 hours. **Results:** Hydralgirite clay (*chaqo*) and thymol essential oil showed statistically significant differences ($p = 0.00$) in their inhibitory effects according to Kruskal-Wallis H-analysis. The best antibacterial effect was obtained with 100% hydralgirite clay at 24 hours. **Conclusions:** Hydralgirite clay (*chaqo*) has a superior inhibitory effect compared to thymol essential oil at 24 and 48 hours. These findings suggest that hydralgirite clay is an accessible and low-cost alternative for the control of *Streptococcus mutans*.

Keywords: *Streptococcus mutans*, thymol, hydralgirite clay, antibacterial

Introducción

Los estreptococos orales componen la flora microbiana oral que origina la formación de *biofilm*. Uno de los estreptococos orales aislados más comunes es *Streptococcus mutans*, que tiene un papel fundamental en la generación de enfermedades bucales, principalmente en la etapa temprana de la caries. Su rol en la formación de caries lo hace un foco de investigación para desarrollar estrategias de prevención y control que mejoren la salud bucal.^{1,2}

Según la OMS, la caries es un problema de salud pública que afecta más a menudo a los países en vías de desarrollo. Asimismo, menciona que un 60 % a 90 % de escolares del mundo padecen de caries dental, y que, por su alto costo económico, supera la capacidad del sistema de salud. En el Perú, según las cifras proporcionadas por el Sistema de Información en Salud (SIS), detallan que más del 60 % de los niños mostraron caries dental, la cifra se eleva al 70 % en los escolares y adolescentes, y más del 98 % en adultos. Esto se debe a la falta de un tratamiento oportuno y apropiado. En la actualidad, según los datos estadísticos obtenidos de la Red de Salud Puno, mencionan que más del 95 % de la población de Puno presenta caries dental.²⁻⁴

En los últimos años, el uso de esencias de origen natural ha ganado popularidad para tratar diversas enfermedades de la cavidad oral, como alternativa a los productos antibacterianos sintéticos que se han desarrollado para prevenir la caries dental.

La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) medicinal comestible, utilizada desde tiempos precolombinos por los habitantes del altiplano peruano-boliviano, es valorada por sus beneficios en el tratamiento de enfermedades digestivas y por sus propiedades antisépticas, antibacterianas y cicatrizantes, que favorecen la regeneración rápida de los tejidos.⁵ Su uso fue influenciado por factores biológicos, nutricionales, fisiológicos, psicológicos y sociales, que llevaron a las personas a descubrir sus numerosas propiedades curativas.⁶

El timol es un componente de varios aceites extraídos del tomillo, orégano y ajedrea, que en concentraciones del 1 % al 2 % muestra un gran potencial antioxidante y antibacteriano, especialmente eficaz contra bacterias grampositivas.⁷ Se demostró también que mantiene una buena higiene oral y es más efectivo contra el *Streptococcus mutans* en una mezcla junto con el eucaliptol.⁸

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto inhibitorio *in vitro* de la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y del aceite esencial de timol sobre la bacteria *Streptococcus mutans*. Indagando sobre sus actividades antimicrobianas se podrían proponer alternativas más accesibles y económicas con mínimos efectos secundarios, lo que puede favorecer su mayor aceptación entre la población.

Materiales y Métodos

El estudio fue de diseño cuasiexperimental, prospectivo de corte longitudinal. La técnica empleada fue la observación directa. El instrumento usado fue una ficha de recolección de datos, el cual fue validado en un estudio previo.⁹

La población estuvo conformada por cepas provenientes de *Streptococcus mutans* ATCC 25175™ que fueron obtenidas de Microbiologics, Minnesota, USA, siendo importadas por el laboratorio Gen Lab del Perú S.A.C. Estas bacterias liofilizadas aseguran su viabilidad y pureza.

La muestra fue seleccionada de forma no probabilística por conveniencia, ya que la selección estuvo basada en un juicio subjetivo. Estuvo conformada por 50 placas de Petri, con 6 discos de papel filtro dentro de la placa donde se cultivaron *Streptococcus mutans* embebidos de arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y aceite esencial de timol, resultando en un total de 300 discos. Se incluyeron las cajas de Petri que muestran halos inhibitorios después del proceso de incubación en condiciones óptimas, y las que presentaron un buen crecimiento y desarrollo de la bacteria *Streptococcus mutans*; se excluyeron las placas de Petri que presentaron rajaduras o fisuras y las contaminadas.

La muestra fue dividida en 8 grupos según la concentración de 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, tanto para la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) como para el aceite esencial de timol. El control positivo fue la clorhexidina al 0.12 %.

Obtención de la Arcilla de Hidralgirita (*Chaqo*)

La arcilla de hidralgirita se adquirió del yacimiento ubicado en Asillo, provincia de Azángaro. Se obtuvo en su estado natural, con algo de humedad, y se apartaron todos los elementos ajenos a esta. Se tomaron como muestra 2 kilos de arcilla de hidralgirita (*chaqo*) para después colocarlos en bolsas de cierre hermético debidamente rotulados para su estudio.

Preparación de las Diferentes Concentraciones del (*Chaqo*)

- Para una concentración al 100 % se disolvió 2 g de arcilla de hidralgirita en 10 ml de agua bidestilada.
- Para la concentración al 75 % se disolvió 1.5 g de arcilla de hidralgirita en 10 ml de agua bidestilada.
- Para la concentración al 50 % se disolvió 1 g de arcilla de hidralgirita en 10 ml de agua bidestilada.
- Para la concentración al 25 % se disolvió 0.5 g de arcilla de hidralgirita en 10 ml de agua bidestilada.

Obtención del Aceite Esencial de Timol

El aceite de timol se adquirió de la compañía farmacéutica SILVERLINE CHEMICALS (India). Fue importado por la Empresa Importadora Continental SAC - PERÚ.

Preparación de las Diferentes Concentraciones del Aceite Esencial de Timol

- La concentración al 100 % es 1 ml de aceite esencial de timol.
- La concentración al 75 % se disolvió con alcohol absoluto, con 99.7 de pureza Q.P. en un volumen de 0.25 ml con 0.75 ml de aceite esencial de timol.
- La concentración al 50 % se disolvió con alcohol absoluto, con 99.7 de pureza Q.P. en un volumen de 0.50 ml con 0.50 ml de aceite esencial de timol.
- La concentración al 25 % se disolvió con alcohol absoluto, con 99.7 de pureza Q.P. en un volumen de 0.75 ml con 0.25 ml de aceite esencial de timol.

Obtención de la Bacteria *Streptococcus mutans*

La bacteria *Streptococcus mutans* fue facilitada por Gen Lab del Perú S.A.C. con los procedimientos y las especificaciones del fabricante. Para la activación de la bacteria liofilizada *Streptococcus mutans* (ATCC 25175™) se transportó en cadena de frío hasta -2 °C antes de su activación según las indicaciones del laboratorio.

Incubación

Después de 10 minutos, las placas de Petri con las aplicaciones en los pocillos, colocadas en posición invertida, se trasladaron a la incubadora de CO₂ a 37 °C durante 24 y 48 horas. Los halos de inhibición fueron observados tanto a las 24 como a las 48 horas.

Lectura del Halo de Inhibición y Recolección de los Resultados

Para medir los halos de inhibición se utilizó un calibrador metálico junto con un contador de colonias (J.P. Selecta). Para registrar el diámetro del área inhibida se consideró la escala de Duraffourd para el análisis.

- Nula (-): < 8 mm
- Sensible (+): ≥ 9 mm - 14 mm
- Muy sensible (++) : ≥ 15 - 19 mm
- Sumamente sensible (+++) : ≥ 20 mm

Recolección de Datos

Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva, incluyendo medidas de tendencia central, así como también de dispersión. Para realizar el análisis inferencial se realizaron pruebas de homogeneidad y pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, que confirmaron que los datos recopilados no siguen una distribución normal; por lo tanto, se utilizó un análisis estadístico no paramétrico, la prueba de H de Kruskal-Wallis para muestras independientes.

Resultados

El análisis de los halos de inhibición de *Streptococcus mutans* con arcilla de hidralgirita (*chaqo*) a las 24 horas muestra que la mayor inhibición ocurre con la concentración al 100 % (18.03 mm), mientras que la menor inhibición se da al 25 % (14.47 mm). Las concentraciones al 50 %, 75 % y 100 % se consideran "muy sensibles" según la escala de Duraffourd, y la concentración al 25 % es "sensible". El análisis de los halos de inhibición de *Streptococcus mutans* con arcilla de hidralgirita (*chaqo*) a las 48 horas muestra que la mayor inhibición se produce con la concentración al 100 % (17.82 mm), mientras que la menor inhibición ocurre al 25 % (13.83 mm). Las concentraciones al 50 %, 75 % y 100 % se consideran "muy sensibles" según la escala de Duraffourd, mientras que la concentración al 25 % es "sensible" (Tabla 1).

Tabla 1

Efecto inhibitorio in vitro de la arcilla de hidralgirita (chaqo) en las concentraciones de 25 %, 50 %, 75 % y 100 % frente al crecimiento de Streptococcus mutans a las 24 y 48 horas

	CONCENTRACIONES A LAS 24 HORAS				CONCENTRACIONES A LAS 48 HORAS			
	25 %	50 %	75 %	100 %	25 %	50 %	75 %	100 %
N Válido	30	30	30	30	30	30	30	30
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
MEDIA	**14.467	*15.580	*16.507	*18.033	**13.827	*15.540	*16.420	*17.817
MEDIANA	14.400	15.600	16.600	17.900	13.600	15.600	16.400	17.800
RANGO	0.80	0.60	1.10	0.90	1.50	0.90	1.00	1.10
MÍNIMO	14.10	15.30	15.80	17.60	13.10	15.00	16.00	17.20
MÁXIMO	14.90	15.90	16.90	18.50	14.60	15.90	17.00	18.30

* Muy sensible según la escala de Duraffourd

** Sensible según la escala de Duraffourd

El análisis de los halos de inhibición de *Streptococcus mutans* con aceite esencial de timol a las 24 horas muestra que la mayor inhibición se da en la concentración al 25 % (14.19 mm), mientras que la menor inhibición ocurre al 100 % (12.42 mm). El aceite esencial de timol en todas las concentraciones (25 %, 50 %, 75 %, y 100 %) se

clasifica como "sensible" según la escala de Duraffourd. El análisis de los halos de inhibición de *Streptococcus mutans* con aceite esencial de timol a las 48 horas muestra que la mayor inhibición se da en la concentración al 25 % (13.79 mm), mientras que la menor inhibición ocurre al 100 % (11.82 mm) (Tabla 2).

Tabla 2

Efecto inhibitorio in vitro del aceite esencial de timol en las concentraciones de 25 %, 50 %, 75 % y 100 % frente al crecimiento de Streptococcus mutans a las 24 y 48 horas

	CONCENTRACIONES A LAS 24 HORAS				CONCENTRACIONES A LAS 48 HORAS			
	25 %	50 %	75 %	100 %	25 %	50 %	75 %	100 %
N Válido	30	30	30	30	30	30	30	30
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
MEDIA	**14.190	**13.987	**12.667	**12.423	**13.790	**13.687	**11.987	**11.823
MEDIANA	14.150	13.950	12.600	12.400	13.750	13.650	12.000	11.800
RANGO	1.30	1.10	1.00	0.80	1.30	1.10	0.60	0.80
MÍNIMO	13.60	13.40	12.30	12.00	13.20	13.10	11.70	11.40
MÁXIMO	14.90	14.50	13.30	12.80	14.50	14.20	12.30	12.20

* Muy sensible según la escala de Duraffourd

** Sensible según la escala de Duraffourd

El análisis comparativo del efecto inhibitorio *in vitro* sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas muestra que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) al 100 % tiene el mayor halo de inhibición con 18.03 mm. Las concentraciones de arcilla de hidralgirita al 75 % (16.51 mm), 50 % (15.58 mm) y 25 % (14.47 mm) también muestran buenos efectos inhibitorios, mientras que el aceite esencial de timol, aunque superior en su concentración al 25 % (14.19 mm), tiene resultados menores a las concentraciones más altas de la arcilla de hidralgirita. El aceite esencial de timol al 100 % es el que presenta el efecto inhibitorio más bajo (12.42 mm). La prueba estadística de Kruskal-Wallis, con un p-valor de 0.00, comparado con $\alpha = 0.05$ (95 % de confiabilidad) indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos, lo que confirma que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) tiene un mayor efecto inhibitorio sobre la bacteria *Streptococcus mutans* en relación al aceite esencial de timol a las 24 horas. De manera que, a una mayor concentración, la acción inhibitoria será más eficaz (Tabla 3).

Tabla 3

Comparación del efecto inhibitorio in vitro de la arcilla de hidralgirita (chaqo) aceite esencial de timol en las concentraciones de 25 %, 50 %, 75 % y 100 % frente al crecimiento del Streptococcus mutans a las 24 horas

Aplicación	N Válido	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	P-valor H de Kruskal-Wallis
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 25 %	30	14.467	0.2468	14.10	14.90	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 50 %	30	15.580	0.1989	15.30	15.90	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 75 %	30	16.507	0.3194	15.80	16.90	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 100 %	30	18.033	0.3066	17.60	18.50	0.000*
Aceite esencial de timol al 25 %	30	14.190	0.4397	13.60	14.90	0.000*
Aceite esencial de timol al 50 %	30	13.987	0.3559	13.40	14.50	0.000*
Aceite esencial de timol al 75 %	30	12.667	0.2998	12.30	13.30	0.000*
Aceite esencial de timol al 100 %	30	12.423	0.2062	12.00	12.80	0.000*

Prueba de Kruskal-Wallis (* $p < 0.05$)

El análisis comparativo del efecto inhibitorio *in vitro* sobre *Streptococcus mutans* a las 48 horas muestra que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) al 100 % tiene el mayor halo de inhibición con 17.81 mm. Las concentraciones de arcilla de hidralgirita al 75 % (16.42 mm), 50 % (15.54 mm) y 25 % (13.83 mm) también muestran buenos efectos

inhibitorios. En cuanto al aceite esencial de timol, la concentración al 25 % presenta un mejor efecto (13.79 mm) en comparación con las concentraciones más altas, siendo la concentración al 100 % la de menor inhibición (11.82 mm). El análisis estadístico de Kruskal-Wallis, con un p-valor de 0.00, comparado con $\alpha = 0.05$ (95 % de confiabilidad), indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que confirma que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) tiene un mayor efecto inhibitorio sobre la bacteria *Streptococcus mutans* en relación al aceite esencial de timol a las 48 horas (Tabla 4).

Tabla 4

Comparación del efecto inhibitorio in vitro de la arcilla de hidralgirita (chaqo), aceite esencial de timol en las concentraciones de 25 %, 50 %, 75 % y 100 % frente al crecimiento del Streptococcus mutans a las 48 horas

Aplicación	N Válido	Media	D.E.	Varianza	Mínimo	Máximo	P-valor H de Kruskal-Wallis
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 25 %	30	13.827	0.5356	0.287	13.10	14.60	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 50 %	30	15.540	0.2787	0.078	15.00	15.90	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 75 %	30	16.420	0.2565	0.066	16.00	17.00	0.000*
Arcilla de hidralgirita (CHAQO) al 100 %	30	17.817	0.3130	0.098	17.20	18.30	0.000*
Aceite esencial de timol al 25 %	30	13.790	0.4397	0.193	13.20	14.50	0.000*
Aceite esencial de timol al 50 %	30	13.687	0.3559	0.127	13.10	14.20	0.000*
Aceite esencial de timol al 75 %	30	11.987	0.1907	0.036	11.70	12.30	0.000*
Aceite esencial de timol al 100 %	30	11.823	0.2063	0.043	11.40	12.20	0.000*

Prueba de Kruskal-Wallis (* $p < 0.05$)

Discusión

La caries es un grave problema de salud en Perú.³ Para su prevención se usan agentes antimicrobianos como la clorhexidina, pero su uso prolongado puede ser dañino.¹⁰ En este contexto, la medicina tradicional, especialmente el uso de plantas medicinales, arcillas y aceites esenciales ofrecen alternativas más accesibles.⁵

El estudio exploró el uso de alternativas naturales, como la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y el aceite esencial de timol, debido a sus propiedades antibacterianas y antiinflamatorias, con el objetivo de prevenir enfermedades a bajo costo.¹¹

Este estudio mostró que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) al 100 % tuvo un notable efecto inhibitorio *in vitro* con halos de inhibición promedio de 18.03 mm, después de 24 horas contra el *Streptococcus mutans*. Esta es una bacteria patológica bucal que contribuye a la caries y pertenece al grupo anaeróbico, al igual que algunas bacterias como la *Porphyromona gingivalis*.¹² Huacasi G.¹³ realizó una investigación *in vitro* sobre la efectividad de la arcilla de hidralgirita en contra del desarrollo de esta bacteria, mostrando que la arcilla de hidralgirita al 0.5 % tiene una acción inhibitoria significativa contra *Porphyromona gingivalis*, superando al control positivo de clorhexidina al 0.12 %.

Ambos estudios coinciden en que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) presenta un alto potencial como agente antibacteriano de anaerobios; debido a su mecanismo de acción basado en la capacidad de absorción de distintas moléculas orgánicas, dentro de ellos productos bacterianos que ocasionan lesiones cariosas que se encuentran adheridos en las piezas dentarias.¹⁴ La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) interfiere en el metabolismo de las bacterias, esto sucede porque presenta una superficie muy activa, la cual puede absorber nutrientes esenciales, enzimas, y metabolitos, alterando así los procesos metabólicos necesarios para la supervivencia y proliferación bacteriana.¹²

Este estudio mostró la efectividad del aceite esencial de timol para inhibir *Streptococcus mutans*. A menor concentración el efecto inhibitorio fue mayor, alcanzando un promedio de 14.35 mm de halo de inhibición con una concentración del 25 % a las 24 horas. Erazo M. et al.⁷ mostraron un efecto inhibitorio similar; sin embargo, fueron diferentes las concentraciones estudiadas; se aplicaron soluciones de aceites esenciales de eugenol, cinamaldehído y timol en concentraciones de 0.1 % y 1 %. Se observó su acción inhibitoria a las 24 y 48 horas. Timol al 1 % produjo un halo de inhibición de 17.33 mm a las 48 horas, superando al halo de 14.6 mm generado por la clorhexidina al 0.12 %. Priya et al.¹⁷ confirmaron la alta eficacia de timol frente a *Streptococcus mutans*, evidenciando que a una concentración mínima inhibitoria (MIC) de 256 µg/ml, el timol inhibió completamente el crecimiento de *Streptococcus mutans* en monocultivo de microdilución en caldo TYES, mostrando en un ensayo de tiempo de muerte al timol un efecto antibacteriano rápido, eliminando completamente las células de *Streptococcus mutans* en solo 2 minutos a la concentración MIC.

Ambos estudios coinciden que el timol es un potente antibacteriano debido a su mecanismo de acción que desestabiliza la membrana celular bacteriana al interactuar con sus lípidos, aumentando su permeabilidad, lo que reduce la capacidad de *Streptococcus mutans* para crecer, colonizar y formar lesiones cariosas.¹⁵

Por consiguiente, los resultados obtenidos en este estudio son relevantes, ya que revelaron que la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) y el timol tienen un efecto inhibitorio sobre *Streptococcus mutans*, demostrando ser efectivas en frenar el crecimiento de esta bacteria dependiendo de las concentraciones aplicadas. Esto sugiere que estas alternativas naturales podrían ser valiosas en la prevención de enfermedades bucales relacionadas con la proliferación de *Streptococcus mutans*.

El estudio ofrece opciones ecológicas y económicas para el control de *Streptococcus mutans*, abordando un tema innovador que establece un nuevo precedente para futuras investigaciones. Estos hallazgos amplían el conocimiento sobre la efectividad inhibitoria de los compuestos evaluados y abren la puerta a nuevas aplicaciones clínicas. Sin embargo, debido a la limitada bibliografía disponible, fue difícil comparar los resultados con estudios previos y evaluar de manera precisa su potencial clínico, lo que resalta la necesidad de realizar más investigaciones para consolidar su uso y explorar su efectividad en otros contextos.

Conclusiones

Se evidenció un efecto inhibitorio *in vitro*, tanto de la arcilla de hidralgirita (*chaqo*) como del aceite esencial de timol frente a la proliferación de *Streptococcus mutans*, evaluado a las 24 y 48 horas.

La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) al 100 % demostró un efecto inhibitorio significativo *in vitro* contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM, con halos de inhibición promedio de 18.03 mm a las 24 horas y 17.83 mm a las 48 horas, clasificándola como "Muy sensible" según la escala de Duraffourd. A mayor concentración, la acción inhibitoria es más eficaz.

El aceite esencial de timol al 25 % mostró un efecto inhibitorio *in vitro* contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM, con halos de inhibición de 14.19 mm a las 24 horas y 13.79 mm a las 48 horas, clasificándolo como "Sensible" según la escala de Duraffourd. Esto evidencia que concentraciones menores presentan una notable acción inhibitoria.

La arcilla de hidralgirita (*chaqo*) al 100 % demostró un efecto inhibitorio superior al del aceite esencial de timol tanto a las 24 como a las 48 horas contra cepas de *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM.

Referencias

1. Rezaei, T., Mehramouz, B., Gholizadeh, P., Yousefi, L., Ganbarov, K., Ghotaslou, R., Taghizadeh, S., & Kafil, H. S. (2023). Factors Associated with *Streptococcus mutans* Pathogenicity in the Oral Cavity. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(4). <https://doi.org/10.33263/BRIAC134.368>
2. Organización Mundial de la Salud. Salud bucal [Internet]. World Health Organization. 2020 [cited 2024 Oct 25]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
3. Ministerio de salud del Perú. Salud bucal [Internet]. MINSA. 2019 [cited 2024 Oct.25]. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/45475-el-90-4-de-los-peruanos-tiene-caries-dental>
4. Dirección Regional de Salud Puno. Salud bucal [Internet]. DIRESA-PUNO. 2022 [cited 2024 Oct. 25]. Available from: <https://www.diresapuno.gob.pe/con-exitose-desarrollo-el-lanzamiento-de-la-campana-por-el-dia-del-cepillado-dental/>
5. Castillo O, Frisancho O. El “chaco”: arcilla medicinal comestible del altiplano peruano y sus propiedades en la patología digestiva. *Rev de gastroenterología del Perú*. 2015;35(1):97-9.
6. Ramirez Alanoca GF, Copa Gisbert VJ. PHASA: Todo sobre la arcilla comestible. *Rev científica Ciencias Médicas*. 2020;23(2):240-6.
7. Erazo M, Arroyo F, Arroyo D, Castro M, Santacruz S, Armas A. Efecto antimicrobiano del cinamaldehído, timol, eugenol y quitosano sobre cepas de *Streptococcus mutans*. *Rev Cuba Estomatol*. 2017;54(4):1–9.
8. Aguilar-Ancori EG, Aguilar-Ancori KV, Garay B, Mamani V, Quispe-Flórez MM. Actividad antibacteriana frente a *Streptococcus mutans* de aceites esenciales de cinco plantas alto andinas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2018;35(1): 161-3.
9. Maquera Quispe Y, Monroy Ticona S. Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico de *Caléndula officinalis* L. en *Streptococcus mutans*, Puno-2019. 2019;92.
10. Ruiz-Barrueto MA, Terrones-campo W, Cueva-Yesan D, Sanchez-Villavicencio M. Potencial antibacteriano de un enjuague bucal a base de *Azadirachta indica* (neem) sobre patógenos orales. 2023;52(2).
11. Aranibar, Marcelino. Arcillas Comestibles (arcilla 3A-T). *Revista Agronoticias* Pág 9.
12. Gamboa FO, García DA, Plazas LA. Características microbiológicas y moleculares de microorganismos de importancia en caries dental y enfermedad periodontal: aportes de investigación en Colombia. *Univ Odontol*. 2020; 39.
13. Huacasi Supo GW. Efecto de la arcilla de hidralgirita y de la clorhexidina en el crecimiento de *Porphyromona gingivalis*, e identificación molecular en pacientes con periodontitis crónica de la especialidad de periodoncia e implantología UCSM, Arequipa. 2016
14. Ragad Albani, Syed Rashid Habib, Abdulaziz A, Mohammed A. adhesión de *Streptococcus - mutans* y *Porphyromonas- gingivalis* a superficies esmaltadas- pulidas de restauraciones CAD/ CAM. *Rev. Heliyon* 2024; 10.
15. Cardentey J. Empleo de la medicina natural y tradicional en el tratamiento estomatológico. *Rev Arch Médico Camagüey*. 2015;19(3):316–21.

16. Higashida Hirose BY. Odontología preventiva. 2da Ed. McGraw-Hill, editor. México; 2009. 307 p.
17. Priya A, Selvaraj A, Divya D, Karthik Raja R, Pandian SK. In vitro and in vivo anti-infective potential of thymol against early childhood caries causing dual species *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*. *Front Pharmacol.* 2021;12:760768. doi:10.3389/fphar.2021.760768.

-
- **Conflicto de intereses:** La presente investigación no presenta conflicto de intereses entre los investigadores.
 - **Fuente de financiamiento:** La presente investigación fue financiada por los investigadores.