



Facultad Ciencias de la Salud

Tema:

Estudio comparativo de la efectividad antibacteriana del aceite de copaiba vs hipoclorito de sodio frente al Biofilm Endodóntico en conos de gutapercha.

Trabajo de Titulación para la obtención del Título de Especialista en Endodoncia

Presentado por:

Irene Victoria Cevallos Baque

Tutor:

Dr. Kevin Villota

Quito, agosto de 2026

Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Nombre: Irene Victoria Cevallos Baque

Cédula: 1312462854

Dedicatoria

A mi Madre, por ser mi apoyo incondicional, mi inspiración y uno de los pilares fundamentales de mi vida. Gracias por acompañarme siempre con amor, paciencia y sabiduría, y por enseñarme, el valor de lo natural, de cuidar nuestra salud y de confiar en aquello que nos brinda la naturaleza.

A mi hermano, por estar presente durante este proceso. Gracias por formar parte de este camino.

A mis tutores, quienes desempeñaron un papel crucial en mi formación, Gracias por compartir sus conocimientos y experiencia, pero, sobre todo, por contribuir a mi crecimiento profesional y enseñarme a ejercer con responsabilidad, criterio científico, precisión y vocación.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron una palabra de ánimo, una enseñanza o un gesto de apoyo durante esta etapa. Este Posgrado representa mucho más que la culminación de una formación académica; representa: perseverancia, crecimiento, gratitud y el cumplimiento de un sueño.

¡Gracias a Todos!

Índice

Dedicatoria	3
Índice de tablas.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción	9
Metodología	14
Obtención, selección y preparación de las muestras	15
Resultados	18
Discusión	23
Conclusiones	29
Referencias.....	31

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de Distribución experimental	15
Tabla 2. Tabla de Distribución experimental de la muestra frente a cada grupo bacteriano, microorganismo y subgrupo (n=20)	17
Tabla 3. Tabla de Verificación de normalidad (Shapiro-Wilk).....	19
Tabla 4. Tabla del Número de UFC de Enterococcus faecalis según sustancia objeto de estudio	19
Tabla 5. Tabla del Número de UFC de Streptococcus mutans según sustancia objeto de estudio	20
Tabla 6. Tabla del Número de UFC de Streptococcus oralis según sustancia objeto de estudio	20
Tabla 7. Tabla de Comparación de la respuesta entre sustancias (Kruskal-Wallis).....	21
Tabla 8. Tabla de Comparaciones múltiples del comportamiento de las tres bacterias ante las tres sustancias del estudio	22

Estudio comparativo de la efectividad antibacteriana del aceite de copaiba vs hipoclorito de sodio frente al Biofilm Endodóntico en conos de gutapercha.

Irene Victoria Cevallos Baque

Universidad Hemisferios

Correo: irenecevallos070@gmail.com

Resumen

El hipoclorito de sodio constituye el desinfectante de referencia debido a su elevada eficacia antimicrobiana, el interés por alternativas naturales con menor toxicidad y mayor biocompatibilidad ha impulsado el estudio del aceite de copaiba como posible agente desinfectante. Objetivo: Evaluar y comparar la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba al 10% y del hipoclorito de sodio al 5.25%, en la desinfección de conos de gutapercha contaminados experimentalmente con *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus oralis*.

Materiales y métodos: Estudio experimental comparativo in vitro utilizando 180 conos de gutapercha distribuidos aleatoriamente en nueve subgrupos experimentales (n=20), contaminados con *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus oralis*, luego fueron sometidos a tratamiento con aceite de copaiba al 10%, hipoclorito de sodio al 5.25% y agua destilada como control negativo. La variable de estudio fue el número de unidades formadoras de colonias. La normalidad se evaluó con Shapiro-Wilk y las comparaciones entre grupos con Kruskal-Wallis y Dunn post hoc, considerando significancia de $p < 0.05$.

Resultados: El hipoclorito de sodio presentó la mayor eficacia antibacteriana frente a las tres especies evaluadas, con medias de 0.8 ± 2 UFC para *E. faecalis*, 1.4 ± 2.3 UFC para *S. mutans* y

ausencia de crecimiento para *S. oralis*. El aceite de copaiba también redujo significativamente el crecimiento bacteriano respecto al control negativo, registrando medias de 31.3 ± 9.9 UFC, 58 ± 25.4 UFC y 7.4 ± 3.3 UFC, respectivamente. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos para todas las bacterias estudiadas (Kruskal-Wallis; $p < 0,005$), confirmadas mediante la prueba de Dunn post hoc.

Conclusiones: El hipoclorito de sodio al 5.25% demostró mayor eficacia antibacteriana para la desinfección de conos de gutapercha contaminados con bacterias endodóntica. El aceite de copaiba al 10% presentó actividad antimicrobiana significativa, especialmente contra *Streptococcus oralis*. Estos resultados sugieren que el aceite de copaiba constituye una alternativa natural con potencial para futuras investigaciones dirigidas al desarrollo de protocolos de desinfección más biocompatibles en endodoncia.

Palabras clave: Aceite de copaiba; hipoclorito de sodio; cono de gutapercha; desinfección; endodoncia; biofilm; *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus mutans*.

Abstract

Sodium hypochlorite is the reference disinfectant due to its high antimicrobial efficacy. However, interest in natural alternatives with lower toxicity and greater biocompatibility has driven the study of copaiba oil as a potential disinfectant. Objective: To evaluate and compare the antibacterial efficacy of 10% copaiba oil and 5.25% sodium hypochlorite in the disinfection of gutta-percha cones experimentally contaminated with *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, and *Streptococcus oralis*.

Materials and methods: A comparative in vitro experimental study was conducted using 180 gutta-percha cones randomly distributed into nine experimental subgroups ($n=20$). These cones were contaminated with *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, and *Streptococcus oralis*,

and were then treated with 10% copaiba oil, 5.25% sodium hypochlorite, and distilled water as a negative control. The study variable was the number of colony-forming units. Normality was assessed using the Shapiro-Wilk test, and comparisons between groups were performed using the Kruskal-Wallis and Dunn post-hoc tests, considering $p < 0.05$ as significant.

Results: Sodium hypochlorite showed the greatest antibacterial efficacy against the three species evaluated, with means of 0.8 ± 2 CFU for *Enterococcus faecalis*, 1.4 ± 2.3 CFU for *Streptococcus mutans*, and no growth for *Streptococcus oralis*. Copaiba oil also significantly reduced bacterial growth compared to the negative control, registering means of 31.3 ± 9.9 CFU, 58 ± 25.4 CFU, and 7.4 ± 3.3 CFU, respectively. Statistically significant differences were identified among the three treatments for all bacteria studied (Kruskal-Wallis; $p < 0.005$), confirmed by Dunn's post-hoc test.

Conclusions: 5.25% sodium hypochlorite demonstrated greater antibacterial efficacy for disinfecting gutta-percha cones contaminated with endodontic bacteria. 10% copaiba oil showed significant antimicrobial activity, especially against *Streptococcus oralis*. These results suggest that copaiba oil is a natural alternative with potential for future research aimed at developing more biocompatible disinfection protocols in endodontics.

Keywords: Copaiba oil; sodium hypochlorite; gutta-percha cone; disinfection; endodontics; biofilm; *Enterococcus faecalis*; *Streptococcus oralis*; *Streptococcus mutans*.

Introducción

La evidencia científica sugiere que, para optimizar la eficacia del tratamiento endodóntico, es esencial mantener la esterilidad de todos los equipos y materiales empleados, por lo que cualquier contaminación podría comprometer el éxito del procedimiento. Por consiguiente, la investigación sobre métodos de desinfección sigue siendo relevante debido a los desafíos asociados con la eliminación de bacterias y subproductos durante el tratamiento endodóntico, especialmente considerando las implicaciones de la contaminación y la creciente resistencia bacteriana. Este panorama resalta la necesidad constante de actualizar y mejorar las estrategias de desinfección en este campo (Patiño et al., 2025).

Las infecciones endodónticas constituyen una de las principales causas de patología pulpar y periapical en la práctica odontológica contemporánea. La persistencia de microorganismos dentro del sistema radicular es considerada el principal factor asociado al fracaso de los tratamientos endodónticos, ya que puede conducir a la permanencia o recurrencia de lesiones periapicales incluso después de haberse realizado procedimientos clínicos adecuados (Cabrera, Ruiz, & Farfan, 2021).

El control de la infección microbiana durante el tratamiento endodóntico se logra mediante la combinación de procedimientos mecánicos y químicos. La instrumentación del conducto radicular permite remover tejido necrótico, restos orgánicos y parte de la microbiota presente, mientras que el uso de soluciones irrigantes antimicrobianas contribuye a eliminar microorganismos en zonas de difícil acceso dentro del sistema radicular. Posteriormente, una vez finalizadas las etapas de limpieza y conformación, el conducto debe ser obturado con materiales biocompatibles que permitan sellar tridimensionalmente el espacio radicular y prevenir la

reinfección del sistema endodóntico. En este contexto, los conos de gutapercha constituyen el material de obturación más utilizado en endodoncia debido a su estabilidad dimensional, biocompatibilidad, radiopacidad y facilidad de manipulación clínica (Kowalski et al., 2024).

A pesar de sus ventajas clínicas, diversos estudios han señalado que los conos de gutapercha pueden contaminarse durante su proceso de fabricación, almacenamiento o manipulación clínica. Esta contaminación representa un riesgo potencial de introducir microorganismos en un conducto previamente desinfectado durante la fase de obturación, lo que podría comprometer el éxito del tratamiento endodóntico (Rodríguez, 2021). Investigaciones experimentales han demostrado que la superficie de los conos de gutapercha puede albergar diferentes microorganismos capaces de sobrevivir en condiciones ambientales y que, al ser introducidos en el conducto radicular, podrían contribuir a la persistencia de infecciones endodónticas (Saavedra & Cabrera, 2022).

Debido a que los conos de gutapercha son materiales termoplásticos sensibles al calor, no pueden ser sometidos a métodos convencionales de esterilización como la autoclave, ya que estos procesos provocarían deformaciones y alteraciones estructurales del material. Por esta razón, en la práctica clínica se recomienda realizar procedimientos de desinfección química inmediata antes de su uso. La esterilización y desinfección de materiales dentales constituyen medidas fundamentales para garantizar el control de infecciones en la práctica odontológica y evitar la transmisión de microorganismos entre pacientes y profesionales de la salud (Patiño et al., 2025). En este sentido, diferentes investigaciones han evaluado la eficacia de diversos agentes antimicrobianos capaces de desinfectar los conos de gutapercha sin alterar sus propiedades físicas o su integridad estructural.

Entre los agentes químicos más utilizados para la desinfección de conos de gutapercha se encuentra el hipoclorito de sodio, una sustancia ampliamente empleada en endodoncia debido a su potente actividad antimicrobiana y su capacidad para disolver tejido orgánico. Diversos estudios han demostrado que el hipoclorito de sodio presenta una elevada eficacia bactericida frente a una amplia variedad de microorganismos asociados a infecciones endodónticas, lo que ha favorecido su uso como agente desinfectante en la práctica clínica (Pedraza et al., 2025). Investigaciones experimentales han evaluado diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de esta sustancia con el objetivo de optimizar su efecto antimicrobiano en la desinfección de conos de gutapercha utilizados en procedimientos clínicos (Palacios, 2024; Marín, 2024).

Se ha reportado que la concentración de hipoclorito de sodio al 5,25% con un tiempo de inmersión aproximado de un minuto constituye uno de los protocolos más recomendados para la desinfección rápida de conos de gutapercha en la práctica endodóntica (Galvis et al., 2024). Sin embargo, a pesar de su eficacia antimicrobiana, algunas investigaciones han señalado que el uso de hipoclorito de sodio puede generar alteraciones en la superficie de los conos de gutapercha. Estudios microscópicos han demostrado que la inmersión en hipoclorito de sodio puede inducir la formación de cristales de cloruro de sodio sobre la superficie del material, lo que incrementa la rugosidad del cono y puede afectar la adhesión de los selladores endodónticos (Vitali et al., 2019; Valois et al., 2005). Estas alteraciones superficiales podrían comprometer la calidad del sellado del conducto radicular, favoreciendo potencialmente la microfiltración y la persistencia de microorganismos dentro del sistema endodóntico.

Debido a estas limitaciones, la investigación científica ha mostrado un creciente interés en la búsqueda de alternativas antimicrobianas que presenten una eficacia comparable a la de los agentes químicos convencionales, pero que al mismo tiempo posean menor toxicidad y mayor

biocompatibilidad. En este contexto, los productos de origen natural han adquirido relevancia dentro de la investigación odontológica. El uso de plantas medicinales y compuestos derivados de ellas ha sido promovido incluso por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, que reconoce el potencial terapéutico de estos recursos naturales y la necesidad de garantizar su calidad mediante métodos científicos adecuados (Palhares et al., 2015).

Entre las sustancias naturales que han despertado interés en la investigación biomédica se encuentra el aceite de copaiba, una oleorresina obtenida de especies del género *Copaifera*. Este producto natural ha sido utilizado tradicionalmente en la medicina popular de América Latina por sus propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes y antimicrobianas. Diversos estudios han identificado que el aceite de copaiba contiene compuestos bioactivos como diterpenos y sesquiterpenos, los cuales son responsables de su actividad farmacológica frente a diferentes microorganismos patógenos (Pedrinha et al., 2025)

Investigaciones microbiológicas han demostrado que el aceite de copaiba presenta actividad bacteriostática frente a microorganismos asociados a infecciones orales, incluyendo *Streptococcus mutans*, una bacteria frecuentemente implicada en procesos infecciosos del sistema estomatognático (Pieri et al., 2012). Asimismo, revisiones sistemáticas han señalado que el aceite de copaiba presenta actividad antimicrobiana frente a diversos patógenos orales que forman parte del biofilm bacteriano, tales como *Streptococcus sanguinis*, *Fusobacterium nucleatum* y *Porphyromonas gingivalis* (Diefenbach et al., 2018). Estos hallazgos sugieren que esta sustancia natural podría tener aplicaciones potenciales en diferentes áreas de la odontología, incluyendo la endodoncia.

En los últimos años, diversos estudios han evaluado la eficacia antimicrobiana de soluciones herbales y extractos naturales como alternativas para la desinfección de conos de gutapercha contaminados con microorganismos endodónticos. Estas investigaciones han demostrado que algunas sustancias de origen vegetal presentan una actividad antimicrobiana comparable a la de agentes químicos tradicionales utilizados en endodoncia (Vanapatla et al., 2022; Rai et al., 2019).

De manera complementaria, estudios experimentales también han analizado el efecto de diferentes solventes y sustancias químicas sobre los conos de gutapercha con el objetivo de determinar su impacto sobre las propiedades del material y su capacidad de desinfección (Salinas, 2022). Incluso tecnologías innovadoras como el uso de agua ozonizada han sido evaluadas como métodos alternativos de desinfección en odontología, demostrando una reducción significativa de la carga microbiana en superficies contaminadas (Mascarenhas et al., 2022).

A pesar del creciente interés por el uso de agentes naturales en odontología, aún existe una limitada evidencia científica respecto a la eficacia del aceite de copaiba como agente desinfectante de materiales utilizados en endodoncia. En particular, son escasos los estudios que evalúan su efecto antibacteriano en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con bacterias asociadas a infecciones endodónticas. Esta falta de evidencia científica resalta la necesidad de desarrollar investigaciones experimentales que permitan comparar su eficacia con la de agentes desinfectantes convencionalmente utilizados en la práctica clínica.

La comparación de su eficacia permitirá generar evidencia científica relevante sobre el potencial del aceite de copaiba como alternativa desinfectante en procedimientos endodónticos, contribuyendo al desarrollo de estrategias terapéuticas más biocompatibles y seguras en la

práctica odontológica.

Frente a lo expuesto, resulta pertinente investigar nuevas alternativas de desinfección que permitan mantener una elevada eficacia antimicrobiana sin comprometer las propiedades físicas de los materiales endodónticos.

El objetivo del presente estudio *in vitro* es evaluar y comparar la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba al 10 % y del hipoclorito de sodio al 5,25% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados experimentalmente con bacterias asociadas a infecciones endodónticas.

Metodología

El presente estudio corresponde a una investigación experimental, comparativa e *in vitro*, que se realizó para evaluar la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba al 10 % y del hipoclorito de sodio al 5,25% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados. Este tipo de diseño permitió controlar las condiciones experimentales, estandarizar la exposición de los conos a los agentes desinfectantes y comparar de manera objetiva la respuesta microbiológica obtenida en cada grupo de estudio. Para ello, se utilizaron tres tipos de bacterias que fueron sometidas a tres tratamientos diferentes, organizados en subgrupos experimentales, como se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1*Tabla de Distribución experimental*

Grupo bacteriano	Microorganismo	Subgrupo	Tratamiento
Grupo A	<i>Enterococcus faecalis</i>	A1	Aceite de copaiba 10 %
		A2	Agua destilada
		A3	Hipoclorito de sodio 5,25 %
Grupo B	<i>Streptococcus mutans</i>	B1	Aceite de copaiba 10 %
		B2	Agua destilada
		B3	Hipoclorito de sodio 5,25 %
Grupo C	<i>Streptococcus oralis</i>	C1	Aceite de copaiba 10 %
		C2	Agua destilada
		C3	Hipoclorito de sodio 5,25 %

Fuente: Elaboración propia

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología General de la Universidad de Los Hemisferios, bajo condiciones controladas de bioseguridad, esterilidad y manipulación microbiológica. El procesamiento de las cepas bacterianas, la contaminación experimental de los conos de gutapercha, la incubación y el recuento microbiológico se realizaron en dicho laboratorio, utilizando material estéril y procedimientos estandarizados de microbiología experimental y se realizó el análisis de unidades formadoras de colonias.

La población experimental estuvo conformada por conos de gutapercha nuevos, sellados de fábrica, de una misma marca comercial y del mismo lote de producción, con el fin de reducir la variabilidad derivada de diferencias de composición, manufactura o almacenamiento.

Obtención, selección y preparación de las muestras

La muestra estuvo constituida por 180 conos de gutapercha estandarizados, distribuidos aleatoriamente en nueve subgrupos experimentales de 20 muestras cada uno. En el estudio se emplearon tres soluciones desinfectantes:

Aceite de Copaiba: solución de prueba se preparó combinando 30 ml de alcohol 96°, 20 ml de polietilenglicol, 20 ml de glicerina y 10 ml de aceite de copaiba, obteniendo una solución madre concentrada al 10% (Pieri et al., 2012).

Agua destilada: solución control negativa se preparó con 30 ml de alcohol 96°, 20 ml de polietilenglicol, 20 ml de glicerina y 10 ml de agua destilada (Pieri et al., 2012).

Hipoclorito de sodio: solución control positiva, se utilizó hipoclorito de sodio NaOCl al 5.25% de nivel comercial (Pieri et al., 2012).

Se utilizaron tres cepas bacterianas asociadas a infecciones endodónticas: *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Streptococcus mutans* (ATCC 25175) y *Streptococcus oralis* (ATCC 6249). Las cepas se cultivaron en agar sangre e incubaron a 37°C, ajustando posteriormente la turbidez bacteriana al estándar 0,5 de McFarland y realizando la dilución necesaria para obtener una suspensión de 5×10^5 UFC/ml. Una vez culminado el tiempo correspondiente de la siembra, se pudo identificar las colonias de cada bacteria de acuerdo con las características correspondientes a cada microorganismo (Pedrinha et al., 2025).

Protocolo: Los conos de gutapercha fueron contaminados por inmersión en 0,5 ml de la suspensión bacteriana durante 10 minutos y posteriormente se secaron al aire sobre papel absorbente estéril durante 10 minutos. Finalmente, los conos contaminados se distribuyeron en tres grupos bacterianos y tres subgrupos de tratamiento. La estructura fue la siguiente:

Tabla 2

Tabla de Distribución experimental de la muestra frente a cada grupo bacteriano, microorganismo y subgrupo (n=20)

Grupo bacteriano	Microorganismo	Subgrupo	Tratamiento	n
Grupo A	<i>Enterococcus faecalis</i>	A1	Aceite de copaiba 10 %	20
		A2	Agua destilada	20
		A3	Hipoclorito de sodio 5,25 %	20
Grupo B	<i>Streptococcus mutans</i>	B1	Aceite de copaiba 10 %	20
		B2	Agua destilada	20
		B3	Hipoclorito de sodio 5,25 %	20
Grupo C	<i>Streptococcus oralis</i>	C1	Aceite de copaiba 10 %	20
		C2	Agua destilada	20
		C3	Hipoclorito de sodio 5,25 %	20
Total				180

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la eficacia de la desinfección de los conos de gutapercha, se estableció en un período de exposición de 5 minutos, debido a la relevancia de este factor en la acción antimicrobiana de los desinfectantes. Finalizado el tiempo de contacto, los conos de gutapercha se retiraron de la solución desinfectante y transferidos a tubos con caldo de infusión cerebro-corazón (BHI), donde se agitaron en Vortex durante 1 minuto para facilitar la liberación de los microorganismos. Luego, se colocaron sobre papel absorbente para su secado.

Luego, se procedió a la siembra microbiológica se inocularon cuidadosamente sobre la superficie del agar sangre, utilizando un asa de cultivo estéril asegurando un contacto uniforme con el medio.

Se preparó un total de 27 placas de agar sangre, 9 por cada bacteria distribuidas en 9 placas para cada sustancia en estudio. Posteriormente, las placas se incubaron en condiciones anaeróbicas a 37 °C durante 24 horas, lo que permitió la proliferación de las bacterias presentes y facilitó la cuantificación de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Después de la incubación, se procedió al recuento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en cada placa. Las colonias fueron observadas visualmente y cuantificadas mediante conteo manual, registrando los resultados de acuerdo con el código asignado a cada grupo experimental. (Vanapatla et al., 2022).

Resultados

En el presente estudio in vitro se evaluó y comparó la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba al 10 % y del hipoclorito de sodio al 5.25% para la desinfección de conos de gutapercha contaminados experimentalmente con bacterias que comúnmente han sido asociadas a infecciones endodónticas.

Prueba de normalidad

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, evidencia una distribución no normal con la mayoría de los valores de $p < 0.05$, por lo tanto se realizó el análisis de los datos con pruebas no paramétricas tales como Kruskal-Wallis y Dunn post hoc (Tabla 3).

Tabla 3

Tabla de Verificación de normalidad (Shapiro-Wilk)

Bacteria	Sustancia	p
<i>Enterococcus faecalis</i>	Aceite de copaiba 10%	<0,001
<i>Enterococcus faecalis</i>	Hipoclorito de sodio 5,25%	<0,001
<i>Enterococcus faecalis</i>	Agua destilada	0,106
<i>Streptococcus mutans</i>	Aceite de copaiba 10%	0,002
<i>Streptococcus mutans</i>	Hipoclorito de sodio 5,25%	<0,001
<i>Streptococcus mutans</i>	Agua destilada	1,000
<i>Streptococcus oralis</i>	Aceite de copaiba 10%	0,004
<i>Streptococcus oralis</i>	Hipoclorito de sodio 5,25%	1,000
<i>Streptococcus oralis</i>	Agua destilada	<0,001

Fuente: Elaboración propia

El conteo de UFC registró variaciones importantes de acuerdo a la sustancia empleada luego de la contaminación de los conos de gutapercha con la bacteria *Enterococcus faecalis*, evidenciando que el aceite de copaiba presentó mayor frecuencia de recuento bacteriano 31.3 (DE $\pm$ 9.9) UFC respecto al hipoclorito que eliminó prácticamente la mayoría de bacterias (Tabla 4).

Tabla 4Tabla del Número de UFC de *Enterococcus faecalis* según sustancia objeto de estudio

Sustancia	Media $\pm$ DE (UFC)	Mediana (RIC)(UFC)
Aceite de copaiba 10%	31.3 $\pm$ 9.9	32.5 (24–38.3)
Hipoclorito de sodio 5,25%	0.8 $\pm$ 2	0 (0–0)
Agua destilada	161 $\pm$ 66.3	200 (163.8–200)

Fuente: Elaboración propia

Al comparar el comportamiento de la bacteria *Streptococcus mutans* cuando se somete a la acción de las diferentes sustancias del estudio, se pudo evidenciar que el hipoclorito de sodio al 5.25 % fue el más efectivo puesto que permitió crecimiento bacteriano escaso con 1.4 (DE $\pm$ 2.3) UFC, seguido del aceite de copaiba con el cual se registró una media de 58 (DE $\pm$ 25.4) UFC (Tabla 5).

Tabla 5

Tabla del Número de UFC de Streptococcus mutans según sustancia objeto de estudio

Sustancia	Media $\pm$ DE (UFC)	Mediana (RIC)(UFC)
Aceite de copaiba 10%	58 $\pm$ 25.4	80 (50–80)
Hipoclorito de sodio 5,25%	1.4 $\pm$ 2.3	0 (0–2)
Agua destilada	>200 $\pm$ 0	>200 (200–200)

Fuente: Elaboración propia

Respecto al *Streptococcus oralis*, el aceite de copaiba mostró una importante reducción de las UFC con un conteo de 7.4 (DE $\pm$ 3.3) UFC en comparación con el control negativo de agua destilada con el cual se registraron 38.4 (DE $\pm$ 13) UFC, mientras que el hipoclorito de sodio al 5.25 % no permitió crecimiento de esta bacteria (Tabla 6).

Tabla 6

Tabla del Número de UFC de Streptococcus oralis según sustancia objeto de estudio

Sustancia	Media $\pm$ DE (UFC)	Mediana (RIC)(UFC)
Aceite de copaiba 10%	7.4 $\pm$ 3.3	7 (5–8.5)
Hipoclorito de sodio 5,25%	0.0 $\pm$ 0.0	0 (0–0)
Agua destilada	38.4 $\pm$ 13	31 (30–47)

Fuente: Elaboración propia

Análisis bivariado

Se realizó la comparación de la respuesta de las bacterias ante las sustancias del estudio, obteniendo que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas a cada sustancia para las tres bacterias incluidas con un valor de p menor a 0.05 (Tabla 7).

Tabla 7

Tabla de Comparación de la respuesta entre sustancias (Kruskal-Wallis)

Bacteria	Kruskal-Wallis	p
<i>Enterococcus faecalis</i>	49.8	<0.005
<i>Streptococcus mutans</i>	55.15	<0.005
<i>Streptococcus oralis</i>	54.65	<0.005

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló el análisis de comparaciones múltiples con el estadístico Dunn post hoc, obteniendo que las tres sustancias mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí y se puede afirmar que los tratamientos no tuvieron el mismo comportamiento antibacteriano (Tabla 8).

Tabla 8

Tabla de Comparaciones múltiples del comportamiento de las tres bacterias ante las tres sustancias del estudio

Bacteria	Comparación	p
<i>Enterococcus faecalis</i>	Copaiba vs Hipoclorito	<0.005
	Copaiba vs Agua destilada	0.011
	Hipoclorito vs Agua destilada	<0.005
<i>Streptococcus mutans</i>	Copaiba vs Hipoclorito	<0.005
	Copaiba vs Agua destilada	<0.005
	Hipoclorito vs Agua destilada	<0.005
<i>Streptococcus oralis</i>	Copaiba vs Hipoclorito	<0.005
	Copaiba vs Agua destilada	<0.005
	Hipoclorito vs Agua destilada	<0.005

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de comparar la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba en una dilución del 10 % con el hipoclorito de sodio al 5.25% para la desinfección de conos de gutapercha previamente contaminados de manera experimental con las bacterias *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus oralis*. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las tres bacterias evaluadas (Kruskal-Wallis; $p < 0,005$), confirmando que tanto el tipo de desinfectante como las características microbiológicas de cada especie influyen en la eficacia de la descontaminación.

Entre los resultados obtenidos resalta la superioridad en la desinfección de los conos del hipoclorito de sodio al 5.25 %, sustancia que logró la detener el crecimiento bacteriano en las tres especies estudiadas. De manera más específica, para la bacteria *En Enterococcus faecalis*, se obtuvo una media de 0.8 ± 2 UFC, mientras que en *Streptococcus oralis* no se observó crecimiento bacteriano y en *Streptococcus mutans* únicamente se registró una media de 1.4 ± 2.3 UFC. Estos resultados confirman que el hipoclorito de sodio se mantiene como el desinfectante químico de referencia para la desinfección rápida de conos de gutapercha, debido a su elevada capacidad oxidante y amplio espectro antimicrobiano.

Estos hallazgos concuerdan con lo descrito por los investigadores Galvis et al., (2024), Pedraza et al., (2025) y Pedrinha et al., (2025), quienes en sus estudios respectivos, reportaron una elevada eficacia del hipoclorito de sodio frente a microorganismos asociados a infecciones endodónticas.

En este contexto, el hipoclorito de sodio al 5,25 % se establece como el estándar más eficaz para la desinfección de conos de gutapercha debido a su alta actividad antimicrobiana y eficacia en tiempos cortos de contacto. Los investigadores Vitali et al., (2019) demostraron su efectividad frente a *Enterococcus faecalis* en 30 segundos, mientras que Aučínaitė et al., (2025) confirman que las concentraciones elevadas de hipoclorito de sodio presentan una eficacia consistente frente a microorganismos asociados a la contaminación endodóntica. En conjunto, estos hallazgos respaldan el uso del hipoclorito de sodio al 5,25 % como solución independiente, ya que permite un protocolo estandarizado y reproducible. Además, la evidencia indica que la incorporación de sustancias adicionales no es necesaria, dado que no mejora significativamente su acción desinfectante y puede alterar sus propiedades, como se observó con la adición de surfactantes en el estudio de Vitali et al., (2019).

Asimismo, agentes como el aceite de copaiba han mostrado actividad antimicrobiana aislada (Pieri et al., 2012), pero sin evidencia que justifique su combinación con hipoclorito de sodio. Por ello, se recomienda mantener el uso exclusivo del hipoclorito de sodio al 5,25 % sin aditivos para garantizar su eficacia y estandarización. Este consenso fortalece la validez externa de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Respecto al aceite de copaiba, los resultados demostraron que posee actividad antibacteriana frente a las tres bacterias evaluadas, aunque con una eficacia inferior al hipoclorito de sodio. de manera específica, la mayor reducción bacteriana se observó frente a la bacteria *Streptococcus oralis*, donde el promedio de UFC disminuyó de 38.4 ± 13 del grupo control a 7.4 ± 3.3 UFC con el tratamiento de aceite de copaiba, representando una reducción aproximada del 81 %. Con respecto al *Enterococcus faecalis*, también se evidenció un importante efecto inhibitorio, con una reducción del crecimiento desde una media de 161 ± 66.3 UFC en el grupo

control, hasta una media de 31.3 ± 9.9 UFC con aceite de copaiba. Sin embargo, el comportamiento fue menos favorable frente a *Streptococcus mutans*, donde persistió un promedio de 58 ± 25.4 UFC después del tratamiento con este aceite, sin embargo, cabe destacar que en el control con agua destilada el crecimiento fue de más de 200 UFC.

Estos resultados sugieren que la actividad antimicrobiana del aceite de copaiba puede estar relacionado con la susceptibilidad intrínseca de cada una de las bacterias, esto es posible porque sus compuestos bioactivos, principalmente β -cariofileno, diterpenos y sesquiterpenos, alteran la permeabilidad de la membrana celular bacteriana e con ello, interfieren con diversos procesos esenciales, produciendo un efecto predominantemente bacteriostático más que bactericida. Este mecanismo ha sido descrito previamente por los autores Pieri et al., (2012), quienes demostraron actividad inhibitoria frente a *Streptococcus mutans*, y por los investigadores Diefenbach et al., (2018), quienes hallaron actividad sobre diversos microorganismos integrantes del biofilm oral.

En cuanto a la menor eficacia que presentó el aceite de copaiba frente a *Enterococcus faecalis*, puede estar relacionado con las características propias de esta bacteria, puesto que se trata de uno microorganismos muy resistente en endodoncia debido a su capacidad para penetrar profundamente en los túbulos dentinarios, sobrevivir bajo condiciones nutricionales adversas, formar biofilm maduros y tolerar amplias variaciones del pH, elementos que se relacionan con el fracaso de tratamientos endodónticos persistentes. Este aspecto coincide con los hallazgos de la revisión sistemática de Ardila et al., (2026), quienes destacan que *Enterococcus faecalis* continúa representando el mayor desafío microbiológico en endodoncia y además señala que diversos productos naturales muestran actividad antimicrobiana prometedora, sin embargo, no hay

evidencias alguna sustancia de este tipo que haya demostrado superar la eficacia del hipoclorito de sodio en la erradicación de biofilm maduros. En consecuencia, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con la evidencia disponible y refuerzan la necesidad de continuar investigando alternativas complementarias que mejoren la eliminación de este microorganismo sin incrementar la toxicidad de los procedimientos clínicos.

En relación con *Streptococcus mutans*, aunque el aceite de copaiba redujo significativamente el crecimiento bacteriano respecto al agua destilada, el número de UFC fue considerablemente más elevado en comparación con del hipoclorito de sodio. Esta diferencia podría atribuirse a la reconocida capacidad de *Streptococcus mutans* para sintetizar polisacáridos extracelulares que favorecen la formación de biofilm y dificultan la penetración de algunas sustancias antimicrobianas.

Por otra parte, este estudio pudo evidenciar un excelente comportamiento del aceite de copaiba frente a *Streptococcus oralis*, aspecto especialmente relevante puesto que esta bacteria forma parte del microbiota oral normal, también participa en las primeras etapas de formación del biofilm dental y puede intervenir en infecciones endodónticas cuando invade tejidos profundos. La reducción cercana al 80 % obtenida con el aceite de copaiba, evidencia un buen potencial terapéutico, particularmente considerando su menor citotoxicidad y su origen natural.

Tomando en cuenta lo anterior, el aceite de copaiba podría considerarse una alternativa prometedora, no para reemplazar al hipoclorito de sodio como desinfectante, sino como una posible opción para el desarrollo de futuras formulaciones desinfectantes de origen natural, destacando por sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes, a lo que se agrega una reconocida biocompatibilidad, aspectos que representan ventajas que justifican la

continuidad de investigaciones dirigidas a optimizar su concentración, tiempo de contacto y sistemas de liberación. Diversos estudios han señalado que la eficacia de los extractos vegetales depende tanto de la concentración utilizada como del tiempo de exposición, como lo señalado por Diefenbach et al., (2018), quienes identificaron una actividad antimicrobiana significativa del aceite de copaiba frente a diversos patógenos orales, así como con los hallazgos de Pedrinha et al. (2025), quienes concluyen que los compuestos naturales constituyen una estrategia emergente para complementar la desinfección endodóntica debido a su potencial biológico y menor toxicidad, factores que podrían optimizarse en futuras investigaciones para potenciar la actividad del aceite de copaiba.

Otro hallazgo relevante se relaciona con las implicaciones clínicas derivadas del empleo del hipoclorito de sodio para la desinfección de los conos de gutapercha, aunque se toma en cuenta que su eficacia antimicrobiana fue evidentemente superior frente al aceite de copaiba, diversos autores han descrito que este agente puede producir alteraciones superficiales sobre los conos de gutapercha, aspecto que posteriormente puede favorecer la formación de depósitos cristalinos, incremento de la rugosidad superficial y posibles modificaciones en la adaptación de los cementos selladores. En este sentido, la revisión sistemática sobre la influencia de las soluciones desinfectantes en la topografía superficial de los conos de gutapercha Silva, et al., (2024) concluye que, aunque el hipoclorito mantiene el mejor desempeño microbiológico, persisten algunos aspectos poco positivos acerca de sus efectos sobre las propiedades físicas del material, por lo que continúa siendo pertinente investigar alternativas biocompatibles que logren un adecuado equilibrio entre eficacia antimicrobiana y conservación de la integridad superficial de la gutapercha.

De manera similar, Aucinaité et al., (2025) señalan que, aunque el hipoclorito de sodio continúa siendo el estándar para la desinfección de conos de gutapercha, existe un creciente interés científico por desarrollar agentes alternativos capaces de mantener una elevada eficacia antimicrobiana reduciendo simultáneamente los efectos adversos sobre los materiales endodónticos, lo que permite afirmar que los resultados del presente estudio, respaldan la necesidad de continuar investigando el aceite de copaiba como un recurso fitoterapéutico con potencial aplicación en la práctica endodóntica.

Entre las fortalezas del presente estudio destaca el diseño experimental controlado, la estandarización de las condiciones microbiológicas, el empleo de cepas representativas de infecciones endodónticas y la inclusión de controles positivo y negativo, lo cual permitió comparar objetivamente el comportamiento de ambas sustancias. Asimismo, el análisis mediante pruebas no paramétricas resultó metodológicamente apropiado al comprobarse previamente la ausencia de normalidad en la distribución de los datos, lo que le confiere mayor calidad científica al estudio.

Conclusiones

El hipoclorito de sodio al 5.25 % presentó la mayor eficacia antibacteriana en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus oralis*, evidenciando una reducción casi completa del crecimiento bacteriano. Aunque el aceite de copaiba al 10 % mostró una actividad antimicrobiana significativa frente a las tres bacterias evaluadas, su eficacia fue inferior a la del hipoclorito de sodio ante las tres bacterias, por lo que actualmente puede considerarse una alternativa prometedora, pero no aun como sustituto del desinfectante convencional.

En relación con la evaluación de la eficacia antibacteriana del aceite de copaiba al 10 %, este presentó actividad antibacteriana frente a las tres especies bacterianas estudiadas, logrando una disminución significativa del número de unidades formadoras de colonias respecto al grupo control. La mayor eficacia se observó frente a *Streptococcus oralis*, seguida de *Enterococcus faecalis*, mientras que el menor efecto inhibitorio se registró frente a *Streptococcus mutans*.

En cuanto a la evaluación de la eficacia del hipoclorito de sodio al 5.25 %, mostró una actividad bactericida superior, obteniendo recuentos bacterianos prácticamente nulos en los tres microorganismos evaluados. Estos resultados ratifican su condición de agente desinfectante de referencia para la descontaminación rápida de conos de gutapercha utilizados en procedimientos endodónticos.

La comparación entre ambos tratamientos evidenció diferencias significativas entre el aceite de copaiba, el hipoclorito de sodio y el agua destilada para las tres bacterias estudiadas, en consecuencia, el hipoclorito de sodio fue significativamente más eficaz que el aceite de copaiba, mientras que este último mostró un comportamiento antimicrobiano superior al control negativo, confirmando su potencial como alternativa natural.

El estudio comparativo en conjunto, permite establecer que el aceite de copaiba posee una actividad antibacteriana significativa frente a bacterias de importancia endodóntica; sin embargo, su eficacia permanece inferior a la alcanzada por el hipoclorito de sodio al 5.25 %, como referente principal. No obstante, considerando sus propiedades biológicas y el creciente interés por desarrollar productos más biocompatibles, el aceite de copaiba representa una alternativa con potencial para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de nuevos protocolos de desinfección en endodoncia.

Referencias

- Ardila, C. M., Pineda-Vélez, E., & Vivares-Builes, A. M. (2026). Antimicrobial effectiveness of intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis* in endodontics: A systematic review with structured domain-based interpretative synthesis and exploratory meta-analysis. *Frontiers in Oral Health*, 7.
- Aucinaite, R., Nedzinskienė, E., Peciulienė, V., & Dumbrytė, I. (2025). The Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine in Gutta-Percha Cone Decontamination: A Systematic Review. *Materials*, 18(7), 1539. <https://doi.org/10.3390/ma18071539>
- Bortoluzzi, E. A., & Teixeira, C. S. (2019). Disinfection and surface changes of gutta-percha cones after immersion in sodium hypochlorite solution containing surfactant. *Microscopy Research and Technique*, 82(8), 1290–1296. <https://doi.org/10.1002/jemt.23279>
- Cabrera, C., & Ruiz, E. (2021). Factores asociados al fracaso de tratamientos endodónticos realizados entre 2015 y 2020: revisión sistemática (Tesis de grado). Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co>
- Charan, J., & Kantharia, N. (2013). How to calculate sample size in animal studies? *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 4(4), 303–306. <https://doi.org/10.4103/0976-500X.119726>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Diefenbach, A. L., Muniz, F. W. M. G., Oballe, H. J. R., & Rösing, C. K. (2018). Antimicrobial activity of copaiba oil (*Copaifera* spp.) on oral pathogens: A systematic review. *Phytotherapy Research*, 32(4), 586–596. <https://doi.org/10.1002/ptr.5992>
- Galvis, Y., Angarita, B., Morales, L., & Ayala, M. (2024). Eficacia de dos sustancias químicas en la desinfección de conos de gutapercha de uso clínico en odontología (Tesis de grado). Universidad Santo Tomás
- Kowalski, J., Rygas, J., Homa, K., Dobrzyński, W., Wiglusz, R. J., Matys, J., & Dobrzyński, M. (2024). Antibacterial activity of endodontic gutta-percha: A systematic review. *Applied Sciences*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app14010388>
- Marín, L. (2024). Evaluación del efecto antimicrobiano de la concentración y tiempo de aplicación de clorhexidina sobre conos de gutapercha de uso endodóntico (Tesis de especialidad). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Mascarenhas, L. A. B., Santos, L. M. C., Oliveira, F. O., Rodrigues, L. A. P., Neves, P. R. F., Moreira, G. A. F., Santos, A. A. B., Lobato, G. M., Nascimento, C., Gerhardt, M., & Machado, B. A. S. (2022). Evaluation of the microbial reduction efficacy and perception of use of an ozonized water spray disinfection technology. *Scientific Reports*, 12, 13019. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16953-2>
- Palacios, M. (2024). Evaluación del efecto antimicrobiano de la concentración y tiempos de inmersión de hipoclorito de sodio sobre conos de gutapercha (Tesis de especialidad). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

- Palhares, R. M., Drummond, M. G., Brasil, B. S. A. F., Cosenza, G. P., Brandão, M. G. L., & Oliveira, G. (2015). Medicinal plants recommended by the World Health Organization: DNA barcode identification associated with chemical analyses guarantees their quality. *PLOS ONE*, 10(5), e0127866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127866>
- Patiño, N., Villa, L., Aguirre, E., Medina, C., Martínez, A., Martínez, R., Márquez, R., & Rosales, P. (2025). Sterilization and disinfection: Ensuring infection control in dental practices. *Cureus*, 17(2), e79041.
- Pedraza, D., Balcázar, C., Pacheco, L., Estrada, A., & García, K. (2025). Efectividad de agentes antimicrobianos en la desinfección de conos de gutapercha. *Revista Veritas*, 6(3).
- Pedrinha, V. F., Barros, M. C., Portes, J. D., Slomp, A. M., Woudstra, W., Lameira, O. A., Queiroga, C. L., Marcucci, M. C., Shahbazi, M. A., Sharma, P. K., & Andrade, F. B. (2025). Antimicrobial efficacy of alternative root canal disinfection strategies: An evaluation on multiple working models. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 183, 117833. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.117833>
- Pieri, F. A., Mussi, M. C. M., Fiorini, J. E., Moreira, M. A. S., & Schneedorf, J. M. (2012). Bacteriostatic effect of copaiba oil (*Copaifera officinalis*) against *Streptococcus mutans*. *Brazilian Dental Journal*, 23(1), 36–38. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000100006>.
- Rai, N., Shetty, S., Gupta, R., Shetty, A., Shetty, A., & Jacob, B. (2019). Comparing the efficacy of berberine against sodium hypochlorite and chlorhexidine cetrimide as a chairside disinfectant of gutta percha cones. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 13(4). <https://doi.org/10.7860/JCDR/2019/37606.12512>.

- Rodríguez, M. (2021). Comparación in vitro del efecto antibacteriano de tres agentes químicos sobre conos de gutapercha inoculados con cepa de *Enterococcus faecalis* (Tesis de grado). Universidad Alas Peruanas.
- Rosales, P. (2025). Sterilization and disinfection: Ensuring infection control in dental practices. *Cureus*, 17(2), e79041.
- Saavedra, P., & Cabrera, M. (2022). Estudio in vitro del efecto de tres solventes comerciales sobre conos de gutapercha utilizados para técnica en frío y termoplastificada. *Revista Científica Odontológica*, 10(2).
- Salinas, J. (2022). Estudio comparativo in vitro del efecto disolvente del aceite esencial de limón y eucaliptol en gutaperchas (Tesis de grado). Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.
- Silva, L. C., et al. (2024). Influence of disinfecting solutions on the surface topography of gutta-percha cones: A systematic review of in vitro studies. *Journal of Functional Biomaterials*.
- Valois, C. R. A., Silva, L. P., & Azevedo, R. B. (2005). Effects of sodium hypochlorite on gutta-percha cones: Surface alterations and crystal deposition. *Journal of Endodontics*, 31(10), 749–752. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000153843.20479.5a>
- Vanapatla, A., Nanda, N., Satyarth, S., Kawle, S., Gawande, H., & Gupte, J. (2022). Antibacterial efficacy of herbal solutions in disinfecting gutta percha cones against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 14(Suppl. 1), S748–S752. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_111_22

- Vitali, F. C., Nomura, L. H., Delai, D., Henriques, D. H. N., Alves, A. M. H., Garcia, L. F. R., Bortoluzzi, E. A., & Teixeira, C. S. (2019). Disinfection and surface changes of gutta-percha cones after immersion in sodium hypochlorite solution containing surfactant. *Microscopy Research and Technique*, 82(8), 1290–1296. <https://doi.org/10.1002/jemt.23279>
- Whitley, E., & Ball, J. (2002). Statistics review 4: Sample size calculations. *Critical Care*, 6(4), 335–341. <https://doi.org/10.1186/cc1521>