Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Vicerrectoría de postgrado y educación contínua

Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Endodoncia y Microcirugía

Salud y bienestar
Endodoncia y Microcirugía

Actividad antibacteriana del hidróxido de calcio con clorhexidina al 2% versus lidocaína al 2% en cultivos intracanal de dientes con pulpa no vital, UNICA 2026

AUTOR
Larios – Neira, Alex Arnoldo
https://orcid.org/0009-0005-8507-5988

Managua, Nicaragua
Octubre de 2026

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Vicerrectoría de postgrado y educación contínua

Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Endodoncia y Microcirugía

Salud y bienestar
Endodoncia y Microcirugía

Actividad antibacteriana del hidróxido de calcio con clorhexidina al 2% versus lidocaína al 2% en cultivos intracanal de dientes con pulpa no vital, UNICA 2026

AUTOR
Larios – Neira, Alex Arnoldo
https://orcid.org/0009-0005-8507-5988

TUTOR CIENTÍFICO
Dra. Janilda Torrez Torres
Especialista en Endodoncia
https://orcid.org/0009-0001-8142-685X

TUTOR METODOLÓGICO
PhD. José Jesús Mendoza Casanova
Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0006-9968-1986

REVISOR Y CORRECTOR DE ESTILO
Lic. Hazel María López Palacios
Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0003-9963-8409

Managua, Nicaragua
Octubre de 2026

CARTA AVAL TUTOR CIENTÍFICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

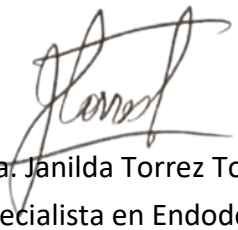
Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026

Realizado por Alex Arnoldo Larios Neira, cumple con las disposiciones institucionales, científica y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo al Dr. Larios Neira, que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 11 de agosto de 2026.

Atentamente,



Dra. Janilda Torrez Torres
Especialista en Endodoncia
Jtorrez9@unica.edu.ni

CARTA AVAL TUTOR METODOLÓGICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor metodológico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026

Realizado por Alex Arnoldo Larios Neira, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de Especialista en Endodoncia y Microcirugía.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo al Dr. Larios Neira, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 11 de agosto de 2026.

Atentamente,



PhD. José Jesús Mendoza Casanova
Profesor Investigador/UNICA
jmendoza8@unica.edu.ni

Dedicatoria

Dedico este trabajo, primeramente, **a Dios**, por haberme dado la fuerza para continuar en los momentos difíciles, la sabiduría para afrontar cada desafío, la entereza para no desfallecer y la constancia necesaria para culminar este importante proceso de formación profesional. A Él agradezco haber guiado mis pasos y permitirme alcanzar una meta que representa años de esfuerzo, aprendizaje y dedicación.

A mi esposa, mi compañera de vida, por ser mi apoyo incondicional durante todo este camino, por luchar a mi lado, comprender mis ausencias y sacrificios, y brindarme siempre palabras de aliento cuando más las necesité. Este logro también es tuyo, porque has sido parte fundamental de cada paso que me permitió llegar hasta aquí.

A mis hijos, quienes son mi mayor motivación y la razón que me impulsa cada día a superarme. Que este logro les recuerde que, con esfuerzo, perseverancia y determinación, es posible alcanzar las metas que nos proponemos. Cada sacrificio realizado durante este proceso ha tenido en ustedes su más grande inspiración.

A mi padre, quien ya no se encuentra conmigo en este plano terrenal, pero cuya presencia, enseñanzas y recuerdo continúan acompañándome. Sé que, desde donde esté, contempla con orgullo este momento. A él dedico especialmente este logro, con la certeza de que una parte de la persona y del profesional que hoy soy se la debo a su ejemplo y a todo lo que sembró en mí.

A todos ustedes, con amor y gratitud, dedico este logro.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a **Dios**, porque sin Él nada de esto habría sido posible. Gracias por acompañarme en cada esfuerzo, en cada desafío y en cada decisión tomada a lo largo de este camino. Por permitirme mantener siempre la fe como guía y la certeza de que, aun en los momentos más difíciles, nunca he estado solo. A Él agradezco la fortaleza, la sabiduría y la oportunidad de culminar una etapa tan importante de mi formación profesional.

A mi **esposa**, por ser mi fortaleza, mi compañera y mi apoyo incondicional, no solamente durante este proceso académico, sino en cada uno de los caminos que hemos decidido recorrer juntos. Gracias por creer en mí, por comprender los sacrificios que implicó alcanzar esta meta y por luchar a mi lado para hacer realidad nuestros sueños y proyectos.

A mis **padres**, por haber sembrado en mí los valores de responsabilidad, disciplina, perseverancia y compromiso que han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por enseñarme, con su ejemplo, que el aprendizaje no tiene edad y que nunca es tarde para proponerse nuevos retos, crecer y continuar superándose.

Expreso mi profundo agradecimiento al cuerpo docente de la Especialidad de Endodoncia y Microcirugía, por compartir generosamente sus conocimientos y experiencias, por contribuir a nuestra formación profesional y, especialmente, por brindarnos su apoyo y alentarnos constantemente a continuar aprendiendo y superándonos.

De manera especial, agradezco a mi tutora científica, **Dra. Janilda Torrez**, por su dedicación, constancia, tiempo y disposición durante el desarrollo de esta investigación. Su

orientación y acompañamiento fueron fundamentales para llevar este estudio hasta su culminación.

Asimismo, agradezco al **maestro Jesús Mendoza**, por su acompañamiento a lo largo de todo el proceso de esta investigación, por su disposición para orientarme y por sus aportes durante las diferentes etapas del estudio.

Agradecimiento al Lic. Douglas Espinoza y al laboratorio de Microbiología de la universidad nacional autónoma de Nicaragua UNAN-Managua por el apoyo en el procesamiento de las muestras y cultivos.

Finalmente, a mis compañeros de la Especialidad, con quienes tuve la fortuna de compartir este camino. Más que un grupo académico, hemos construido un equipo caracterizado por el compañerismo, la solidaridad y el apoyo mutuo. Gracias por estar presentes no solo ante las dificultades académicas, sino también en los momentos personales, por compartir conocimientos, experiencias, alegrías y desafíos. Haber recorrido juntos esta etapa hizo que el esfuerzo fuera más llevadero y que esta experiencia tuviera un significado aún más especial.

A todos los que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso y contribuyeron a la culminación de esta meta, mi más sincero agradecimiento.

Resumen

Las infecciones endodónticas persistentes constituyen una de las principales causas de fracaso del tratamiento de conductos radiculares, por lo que la selección de la medicación intracanal con adecuada actividad antimicrobiana representa un aspecto fundamental para optimizar la desinfección del sistema de conductos. La presente investigación tuvo como objetivo comparar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo durante el año 2026. Se realizó una investigación de enfoque cuantitativo, correlacional, aplicada, longitudinal y con una fase experimental in vitro. La población y muestra estuvieron conformadas por 36 cultivos derivados de muestras intracanal obtenidas de dientes con diagnóstico de pulpa necrotica, distribuidos en dos grupos experimentales de 18 muestras cada uno. La recolección de datos se efectuó mediante una ficha de registro microbiológico y el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de las formulaciones evaluadas. El procesamiento estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 27, utilizando estadística descriptiva e inferencial para comparar la reducción porcentual de la carga bacteriana entre ambos grupos. Los descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) orientaron la selección de la terminología científica utilizada. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de la carga bacteriana en ambos grupos; sin embargo, la formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % presentó una reducción porcentual de UFC significativamente superior a la obtenida con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % ($p < 0,001$), confirmando una mayor eficacia antibacteriana. Se concluye que la clorhexidina al 2 % constituye un vehículo más eficaz que la lidocaína al 2 % para potenciar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio en las condiciones experimentales evaluadas. Estos resultados aportan evidencia científica que fortalece la selección de medicamentos intracanal basados en evidencia y respaldan el desarrollo de futuras investigaciones clínicas que confirmen estos hallazgos.

Palabras clave: Hidróxido de calcio, Clorhexidina, Endodoncia, Necrosis pulpar**,** Actividad antibacteriana, Conducto radicular.

Abstract

Persistent endodontic infections remain one of the leading causes of root canal treatment failure; therefore, selecting intracanal medications with adequate antimicrobial activity is essential to optimize root canal system disinfection. The aim of this study was to compare the antibacterial activity of calcium hydroxide combined with 2% chlorhexidine versus calcium hydroxide combined with 2% lidocaine in cultures derived from intracanal samples obtained from teeth with non-vital pulp, collected at the Endodontic Specialty Clinics of Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo during 2026.

A quantitative, correlational, applied, and longitudinal study with an in vitro experimental phase was conducted. The study population and sample consisted of 36 cultures derived from intracanal samples collected from teeth diagnosed with pulp necrosis, distributed into two experimental groups of 18 samples each. Data were collected using a microbiological recording form and by counting colony-forming units (CFU) before and after the application of the evaluated formulations. Statistical analysis was performed using SPSS version 27, applying descriptive and inferential statistics to compare the percentage reduction in bacterial load between both groups. Health Sciences Descriptors (DeCS) were used to guide the selection of standardized scientific terminology.

The results demonstrated a significant reduction in bacterial load in both groups. However, the calcium hydroxide formulation combined with 2% chlorhexidine achieved a significantly greater percentage reduction in CFU than the calcium hydroxide formulation combined with 2% lidocaine ($p < 0.001$), confirming its superior antibacterial efficacy.

It is concluded that 2% chlorhexidine is a more effective vehicle than 2% lidocaine for enhancing the antibacterial activity of calcium hydroxide under the experimental conditions evaluated. These findings provide scientific evidence to support evidence-based selection of intracanal medications and encourage future clinical studies to validate these results.

Keywords: Calcium hydroxide, Chlorhexidine, Endodontics, Dental pulp necrosis, Antibacterial activity, Root canal

Índice de contenido

1. Introducción 1

2. Antecedentes 4

3. Contexto del problema 9

4. Pregunta de investigación 12

5. Tema delimitado y objetivos 13

5.2 Objetivo general 13

5.3 Objetivos específicos 13

6. Justificación 14

7. Limitantes de la investigación 17

8. Marco teórico 19

8.1 Marco referencial 19

8.2 Marco conceptual 26

9. Marco metodológico 35

9.1 Tipo de investigación 35

9.2 Hipótesis de investigación 36

9.3 Definición operativa de las variables 37

9.4 Criterios de inclusión y exclusión 41

9.5 Población y muestra 42

9.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 43

9.7 Validez y confiabilidad de los instrumentos 49

9.8 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información 51

9.9 Consideraciones éticas 52

10. Resultados y discusión 54

Caracterización de la muestra 54

Objetivo específico 1 57

Objetivo específico 2 59

Objetivo específico 3 67

11. Conclusiones 74

12. Recomendaciones 75

13. Referencias 76

14. Apéndices / Anexos 80

14.1 Apéndices 80

14.2 Anexos 85

Índice de tablas

Tabla 1 Bacterias aerobias y anaerobias facultativas aisladas en las necrosis pulpares 29

Tabla 2 Propiedades fisicoquímicas, antimicrobianas y clínicas de las formulaciones empleadas como medicación intracanal 33

Tabla 3 Definición operativa del objetivo específico 1 38

Tabla 4 Definición operativa del objetivo específico 2 39

Tabla 5 Definición operativa del objetivo específico 3 40

Tabla 6 Distribución de la muestra según arcada dental 55

Tabla 7 Estadísticos descriptivos del recuento inicial de unidades formadoras de colonias (UFC) 58

Tabla 8 Distribución de las muestras según la formulación intracanal asignada 59

Tabla 9 Estadísticos descriptivos del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) posterior a la aplicación de la medicación intracanal. 60

Tabla 10 Estadísticos descriptivos de la reducción porcentual de UFC 61

Tabla 11 Estadísticos descriptivos del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de las formulaciones experimentales..... 64

Tabla 12 Prueba t de Student para muestras emparejadas del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de la medicación intracanal..... 65

Tabla 13 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la reducción porcentual de UFC según la formulación experimental 69

Tabla 14 Estadísticos descriptivos de la reducción porcentual de UFC según la formulación experimental..... 70

Tabla 15 Comparación de la reducción porcentual de UFC entre las formulaciones experimentales mediante la prueba t de Student para muestras independientes 72

Índice de figuras

Figura 1 Vías de invasión bacteriana 27
Figura 2 Etapas de la formación del biofilm 30
Figura 3 Aislamiento absoluto 44
Figura 4 Conos de papel estériles ISO 30/02 45
Figura 5 Toma de muestras intracanal en dientes con necrosis pulpar 45
Figura 6 Colocación de la muestra en el medio de transporte 46
Figura 7 Medio de cultivo agar MacConkey 47
Figura 8 Medio de cultivo agar sangre de cordero 47
Figura 9 Formulaciones experimentales aplicadas a los cultivos 48
Figura 10 Medio de cultivo agar Mueller-Hinton 50
Figura 11 Resultados obtenidos en la prueba piloto 50
Figura 12 Aplicación de las formulaciones experimentales en los cultivos 51
Figura 13 Distribución porcentual de la muestra según el tipo de diente 54
Figura 14 Frecuencia de microorganismos identificados en cultivos de muestras intracanal 56
Figura 15 Comparación del recuento medio de UFC antes y después de la medicación según la formulación experimental 63
Figura 16 Comparación de la reducción porcentual media de UFC según la formulación experimental 67

1. Introducción

Las infecciones endodónticas continúan representando uno de los principales desafíos de la práctica clínica, debido a la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares y a la capacidad de diversos microorganismos para sobrevivir a los procedimientos convencionales de limpieza, conformación e irrigación. La persistencia de bacterias en los conductos radiculares constituye uno de los factores etiológicos más importantes asociados al fracaso del tratamiento endodóntico y al desarrollo o mantenimiento de lesiones periapicales, lo que hace indispensable la utilización de medicamentos intracanal con elevada eficacia antimicrobiana como complemento de la preparación biomecánica. En este contexto, el hidróxido de calcio continúa siendo el medicamento intracanal de referencia por su capacidad para liberar iones hidroxilo y generar un ambiente altamente alcalino desfavorable para la supervivencia bacteriana; sin embargo, múltiples investigaciones han demostrado que su actividad antimicrobiana puede modificarse de acuerdo con el vehículo utilizado para su preparación.

Durante los últimos años, diversos estudios internacionales han evaluado la eficacia del hidróxido de calcio combinado con diferentes vehículos, particularmente con clorhexidina al 2 %, debido a sus propiedades antimicrobianas de amplio espectro y a su capacidad de sustantividad. Asimismo, otras investigaciones han explorado el empleo de lidocaína al 2 % como vehículo alternativo, destacando su biocompatibilidad y la posibilidad de utilizarla durante la preparación de la medicación intracanal. Aunque la literatura científica evidencia resultados favorables para ambas formulaciones, persisten diferencias entre los estudios respecto a la magnitud de su actividad antibacteriana, especialmente cuando esta se cuantifica mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). En Nicaragua, no se identificaron investigaciones recientes que comparen directamente ambas formulaciones utilizando cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, situación que evidencia una importante brecha de conocimiento en el contexto nacional.

La necesidad de generar evidencia científica local surge de la importancia que tiene la adecuada selección de la medicación intracanal para favorecer la desinfección del sistema de conductos radiculares y contribuir al éxito del tratamiento endodóntico. En las Clínicas de

Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo se atienden pacientes con necrosis pulpar y lesiones periapicales en quienes la reducción de la carga bacteriana constituye un objetivo terapéutico fundamental. Sin embargo, la elección del vehículo para mezclar el hidróxido de calcio suele fundamentarse en la experiencia clínica y en la disponibilidad de materiales, más que en evidencia obtenida bajo las condiciones propias del entorno nacional. En consecuencia, resultó pertinente desarrollar una investigación que permitiera comparar objetivamente la actividad antibacteriana de dos formulaciones ampliamente utilizadas en la práctica clínica.

El propósito de esta investigación fue comparar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo durante el año 2026, mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), con el fin de identificar la formulación más eficaz para reducir la carga bacteriana. Para alcanzar este propósito se plantearon como objetivos específicos medir la carga bacteriana inicial de los cultivos antes de la aplicación de los tratamientos, cuantificar la carga bacteriana posterior a las 24 horas de exposición a ambas formulaciones y comparar la reducción porcentual de UFC entre los grupos mediante análisis estadístico inferencial.

Al tratarse de una investigación con enfoque cuantitativo, se formuló como hipótesis que la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina al 2 % presenta una actividad antibacteriana significativamente superior a la obtenida con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 %, expresada mediante una mayor reducción porcentual de unidades formadoras de colonias en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital.

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental in vitro, utilizando cultivos obtenidos de muestras intracanal recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo, en Managua, Nicaragua, durante el año 2026. Conceptualmente, la investigación se delimitó al análisis de la actividad antibacteriana de ambas formulaciones mediante el recuento de UFC como indicador microbiológico de la carga

bacteriana cultivable, sin incluir técnicas moleculares de identificación microbiana ni la evaluación de resultados clínicos posteriores al tratamiento.

El presente informe se organiza en catorce capítulos. Inicia con la introducción, seguida de los antecedentes, el contexto del problema, la pregunta de investigación, el tema delimitado y los objetivos. Posteriormente se presentan la justificación, las limitantes del estudio, el marco teórico y el marco metodológico, donde se describen el tipo de investigación, la hipótesis, las variables, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los procedimientos para el procesamiento y análisis de la información y las consideraciones éticas. Finalmente, se exponen los resultados y su discusión, las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los apéndices y anexos que respaldan el desarrollo de la investigación.

2. Antecedentes

Esta investigación se centra en el estudio de la medicación intracanal y la desinfección endodóntica, poniendo especial atención en cómo el hidróxido de calcio, al combinarse con diferentes vehículos, puede potenciar o modificar su capacidad para eliminar bacterias presentes en los conductos radiculares. Se enfoca particularmente en dos formulaciones: una con clorhexidina al 2 % y otra con lidocaína al 2 %, ambas de interés actual por su posible efecto sobre la eficacia antimicrobiana del material. Para contextualizar este trabajo, se revisan antecedentes a nivel internacional, regional y nacional que permiten comprender cómo ha evolucionado la investigación sobre estas combinaciones y por qué resulta relevante desarrollar un estudio in vitro en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo.

Nivel Internacional

A nivel internacional, en la última década se ha consolidado una línea de investigación centrada en la caracterización microbiológica de conductos radiculares infectados y en la medición de la carga bacteriana inicial como línea base para evaluar la efectividad de las medicaciones intracanal. Diversas investigaciones in vitro y clínicas han cuantificado la carga microbiana (UFC de *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans* y flora mixta) antes de la colocación del medicamento, empleando técnicas de siembra seriada y, en algunos casos, métodos moleculares.

Estudios recientes como el de Al-Sabawi et al. (2020), que evaluaron la eficacia residual de una pasta de hidróxido de calcio combinada con gel de clorhexidina al 2% en dientes con periodontitis apical, parten precisamente de un recuento inicial de UFC para establecer la línea base microbiológica antes de medicar el conducto, y reportan una reducción significativa de la carga bacteriana mantenida en el tiempo. Los resultados mostraron que la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina tuvo un efecto antibacteriano significativo durante las primeras dos semanas, tanto en laboratorio como en pacientes, mientras que su eficacia disminuyó notablemente a las tres semanas, perdiendo capacidad para reducir *E. faecalis*.

De forma complementaria, trabajos in vitro como el de Rêgo et al. (2024) realizado en la universidad federal de Rio de Janeiro, realizaron un estudio experimental in vitro con el objetivo

de evaluar la eficacia antimicrobiana de cinco medicamentos intraconducto frente a Candida albicans y Enterococcus faecalis en dientes temporales unirradiculares. La muestra estuvo conformada por 43 dientes anteriores temporales, de los cuales 42 fueron contaminados experimentalmente con ambos microorganismos y posteriormente distribuidos aleatoriamente en seis grupos de tratamiento: hidróxido de calcio, paramonoclorofenol alcanforado, hidróxido de calcio asociado con paramonoclorofenol alcanforado, gel de clorhexidina al 2 %, pasta de yodoformo y un grupo control. La actividad antimicrobiana se evaluó mediante el recuento de unidades formadoras de colonia y mediante microscopía electrónica de barrido.

Los resultados demostraron que el gel de clorhexidina al 2 % y la pasta de yodoformo presentaron la mayor reducción de Enterococcus faecalis, mientras que todas las medicaciones, excepto el paramonoclorofenol alcanforado, redujeron significativamente los niveles de Candida albicans. Los autores concluyeron que el gel de clorhexidina al 2 % y la pasta de yodoformo mostraron un desempeño antimicrobiano favorable como medicamentos intraconducto; sin embargo, ninguna de las medicaciones presentó un efecto residual prolongado contra los microorganismos evaluados.

En la misma línea de terapia antimicrobiana intracanal, varios estudios han explorado específicamente el efecto antibacteriano del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina frente a otras mezclas y vehículos, midiendo la disminución de UFC a las 24–48 horas post-exposición. Punathil et al. (2020) realizaron un estudio in vitro en la India, comparando la actividad de hidróxido de calcio mezclado con clorhexidina al 2%, yodopovidona y solución salina frente a *E. faecalis* inoculado en túbulos dentinarios; sus resultados mostraron que las combinaciones con clorhexidina y yodopovidona lograron reducciones significativamente mayores de UFC que el hidróxido de calcio con solución salina, que resultó prácticamente ineficaz.

Estudios más recientes, como el de Pawar et al. (2025), realizado en el Departamento de Endodoncia de DY Patil Dental College (Pune, India), donde evaluó cinco preparaciones de hidróxido de calcio con diferentes vehículos: agua destilada, paramonoclorofenol alcanforado, glicerina, gel de clorhexidina al 0.12% y gel de metronidazol al 1%, encontrando variaciones

importantes en el pH, liberación de iones calcio y eficacia antibacteriana según el vehículo utilizado.

Múltiples trabajos han aplicado análisis inferenciales para contrastar la eficacia antibacteriana de hidróxido de calcio solo frente a hidróxido de calcio combinado con otros fármacos. Velozo et al. (2021) realizaron una revisión sistemática de ensayos clínicos sobre combinaciones de hidróxido de calcio con diversos antimicrobianos en pacientes con periodontitis apical, concluyendo que en varios estudios la mezcla de hidróxido de calcio + clorhexidina mostró igual o mejor desempeño antibacteriano que el hidróxido de calcio aislado, aunque con resultados heterogéneos según el diseño y los tiempos de evaluación.

Los resultados de la revisión evidenciaron que las formulaciones de hidróxido de calcio asociadas con otros agentes antimicrobianos, particularmente la clorhexidina y las nanopartículas de plata, presentaron una mayor eficacia en la reducción de Enterococcus faecalis en comparación con el hidróxido de calcio utilizado de manera aislada. Asimismo, los autores concluyeron que la combinación del hidróxido de calcio con otros compuestos puede potenciar su actividad antimicrobiana y mejorar el control de las infecciones endodónticas persistentes, recomendando el desarrollo de nuevas investigaciones que evalúen diferentes vehículos y formulaciones de este medicamento intracanal.

Nivel Regional

En el ámbito regional latinoamericano, y particularmente en Centroamérica, la endodoncia clínica ha desarrollado una línea de investigación y reporte de casos centrada en el manejo de lesiones periapicales y ápices abiertos mediante medicación intracanal con hidróxido de calcio.

Mendoza-Avilés (2025) realizó un estudio titulado *“Evaluación del efecto antimicrobiano del hidróxido de calcio/hōjicha como potencial medicamento intraconducto: estudio in vitro”.* El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Nanoestructuras y Biomateriales de la ENES–UNAM León, México, y tuvo como objetivo determinar si el extracto acuoso de té verde tostado (hōjicha) podía potenciar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio frente a Enterococcus faecalis. Los resultados demostraron que la mezcla de hidróxido de calcio con té verde tostado al 10 %

produjo una inhibición bacteriana comparable a la de la clorhexidina al 2 %, tanto en los halos de difusión como en el porcentaje de inhibición observado en microdilución.

En Costa Rica, Barzuna y Pabón (2020) publicaron en la revista *Odontología Vital* el reporte de un caso clínico de lesión periapical de gran tamaño tratada de forma no quirúrgica, en el que se utilizaron protocolos de limpieza y conformación seguidos de medicación intracanal con una pasta comercial a base de hidróxido de calcio y yodoformo (Vitapex®), evidenciando radiográficamente la regresión progresiva de la lesión y la cicatrización ósea periapical a lo largo de los controles. Los resultados del caso evidenciaron una evolución clínica y radiográfica favorable después de la medicación intraconducto con hidróxido de calcio (Vitapex®) y la posterior obturación con Biodentine®. A los tres meses de iniciado el tratamiento se observó la formación de tejido óseo en la zona periapical y, tras nueve meses de seguimiento, se evidenció una mayor definición ósea y ausencia de sintomatología clínica.

Martínez Guzhñay y Guerrero Coello (2021) publicaron un estudio titulado *"Efectividad del gel de clorhexidina y pasta de hidróxido de calcio con clorhexidina como medicamento intraconducto en la eliminación de Enterococcus faecalis"*, cuyo objetivo fue determinar, mediante una revisión bibliográfica sistemática, la eficacia antimicrobiana de la clorhexidina y de la mezcla de hidróxido de calcio con clorhexidina frente a *E. faecalis*, microorganismo altamente asociado al fracaso del tratamiento endodóntico. La revisión se desarrolló en la Universidad Católica de Cuenca (Ecuador) y recopiló estudios publicados entre 2003 y 2020 en bases como PubMed, ScienceDirect, SciELO, Springer y Google Scholar. Los resultados recopilados mostraron que la clorhexidina al 2% fue, en la mayoría de los estudios, el medicamento intracanal más eficaz, logrando eliminar completamente *E. faecalis* en un promedio de 7 días.

Nivel Nacional

En el contexto nacional, la información específica sobre hidróxido de calcio combinado con diferentes vehículos como medicación intracanal es más limitada y, en su mayor parte, anterior al periodo 2020–2025, pero constituye un soporte importante para comprender la realidad local. En la línea de terapia endodóntica antimicrobiana, Cano Mayorga y González Cano (2015) desarrollaron en la UNAN-Managua un estudio en conductos unirradiculares, en el que evaluaron la presencia de microorganismos antes y después de la colocación de hidróxido de

calcio como medicación intracanal. Sus resultados mostraron que, aunque se observó una reducción significativa de la flora bacteriana, especies como *Enterococcus faecalis* y *Klebsiella pneumoniae* podían persistir después del tratamiento, lo que pone de manifiesto la necesidad de mejorar las estrategias antimicrobianas intraconducto.

El estudio sobre "Conocimiento básico sobre biomateriales dentales" elaborado por García Aburto et al. (2021), realizado en la Facultad de Odontología de la UNAN-Managua describe, entre otros aspectos, las sustancias empleadas como medicación intraconducto, destacando al hidróxido de calcio como un auxiliar fundamental de la terapéutica endodóntica por su poder antiséptico y su capacidad para favorecer la reparación tisular. El documento detalla que el hidróxido de calcio se utiliza mezclado con vehículos acuosos o hidrofílicos (agua estéril, solución fisiológica, propilenglicol, polietilenglicol, entre otros), enfatizando que la presencia de agua es esencial para la disociación iónica y la elevación del pH que sustenta su acción antimicrobiana.

No se encontraron, hasta la fecha, estudios nacionales que comparen específicamente la actividad antibacteriana de hidróxido de calcio asociado a clorhexidina al 2% frente a hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, ni que cuantifiquen la reducción porcentual de UFC entre ambas formulaciones. Esta ausencia de evidencia local reciente abre un espacio claro para que la presente investigación aporte datos microbiológicos y análisis estadísticos propios del contexto nicaragüense, alineados con sus necesidades clínicas y con las prácticas de las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo.

3. Contexto del problema

En los entornos clínicos – docentes, la eficacia de los medicamentos intracanal representa un factor decisivo tanto para la calidad del tratamiento endodóntico como para la formación académica de los futuros profesionales. El estudio de nuevas combinaciones, como el hidróxido de calcio con diferentes vehículos, permite generar evidencia que favorezca la mejora continua de los procedimientos endodónticos y, con ello, la satisfacción del paciente y el fortalecimiento de la enseñanza clínica. En este contexto, la presente investigación se desarrolló en las clínicas de la especialidad de endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo, ubicadas en Managua, Nicaragua, donde se atiende a una población diversa que combina pacientes de bajos y medianos recursos socioeconómicos. Este entorno ofrece atención odontológica especializada a costos accesibles, convirtiéndose en un espacio formativo y asistencial clave para la comunidad universitaria y para la población que depende de servicios clínicos de carácter social.

Las clínicas de la universidad UNICA atienden principalmente a pacientes provenientes de zonas urbanas y de municipios aledaños al área metropolitana de Managua. La mayoría pertenece a estratos socioeconómicos medios-bajos, donde el acceso a tratamientos privados es limitado, por lo que estas clínicas representan una opción fundamental de atención asequible y de calidad. Este entorno mixto docente-asistencial fomenta la integración entre la práctica clínica supervisada y la investigación aplicada, bajo condiciones que reflejan la realidad odontológica del país.

La persistencia de microorganismos en el sistema de conductos radiculares constituye uno de los principales desafíos para lograr una desinfección endodóntica eficaz. Algunas especies, como *Enterococcus faecalis*, poseen la capacidad de sobrevivir en condiciones adversas y persistir dentro de los túbulos dentinarios, lo que dificulta su eliminación mediante los procedimientos convencionales de preparación y desinfección. Esta situación sustenta la necesidad de emplear estrategias antimicrobianas complementarias que contribuyan a disminuir la carga bacteriana residual y mejorar el control de la infección intracanal (Haapasalo & Ørstavik, 1987; Gomes et al., 2003).

En la práctica endodóntica universitaria, la persistencia de carga bacteriana intracanal posterior a la instrumentación mecánica y química continúa representando un desafío para el éxito del tratamiento. En este contexto, el hidróxido de calcio continúa siendo uno de los medicamentos intracanal más utilizados debido a su capacidad de liberar iones hidroxilo y generar un ambiente altamente alcalino. Sin embargo, su actividad antimicrobiana puede estar influenciada por el vehículo con el que se combine, lo que justifica la evaluación de diferentes formulaciones destinadas a mejorar el control de los microorganismos persistentes en el sistema de conductos radiculares (Haapasalo & Ørstavik, 1987; Mohammadi & Dummer, 2011).

La clorhexidina ha demostrado una actividad antimicrobiana importante frente a microorganismos resistentes asociados con las infecciones endodónticas, particularmente *Enterococcus faecalis*. Estudios *in vitro* han evidenciado una mayor actividad antibacteriana de formulaciones que contienen clorhexidina en comparación con el hidróxido de calcio utilizado de forma aislada, lo que sustenta su empleo como componente de las medicaciones intracanal (Basrani et al., 2003; Gomes et al., 2003).

Por otra parte, la lidocaína ha sido evaluada como vehículo del hidróxido de calcio debido a su disponibilidad clínica y a la posibilidad de modificar las características de la medicación intracanal. Arslan et al. (2021) evaluaron clínicamente la combinación de hidróxido de calcio con lidocaína HCl como medicación intracanal; sin embargo, su estudio se orientó principalmente al dolor postoperatorio y no a la cuantificación directa de su actividad antibacteriana.

La falta de evidencia comparativa robusta que determine cual combinación ofrece mayor actividad antibacteriana in vitro genera incertidumbre clínica. En consecuencia, la toma de decisiones se basa más en la experiencia del operador que en evidencia científica reproducible, lo cual repercute en la variabilidad de los resultados clínicos y en la dificultad para estandarizar protocolos dentro del entorno docente.

El efecto directo de esta problemática es la persistencia bacteriana intracanal después del tratamiento, lo que puede conducir a dolor postoperatorio, formación o mantenimiento de lesiones periapicales, y necesidad de retratamientos (Sjögren et al., 1997).

La persistencia bacteriana en el sistema de conductos radiculares puede comprometer el pronóstico del tratamiento endodóntico y favorecer el mantenimiento de lesiones periapicales.

Sjögren et al. (1997), en un seguimiento de cinco años de dientes con periodontitis apical, observaron cicatrización periapical completa en el 94 % de los casos con cultivos negativos antes de la obturación, mientras que en aquellos con cultivos positivos la tasa de éxito fue del 68 %. Estos hallazgos evidencian la importancia de reducir la carga bacteriana intracanal antes de completar el tratamiento endodóntico.

En pacientes de recursos limitados, cada retratamiento implica costos adicionales y pérdida de tiempo laboral o académico, lo que impacta negativamente en su calidad de vida. A nivel institucional, la recurrencia de casos clínicos con resultados variables aumenta la carga asistencial, dificulta la evaluación de la calidad del tratamiento y limita la formación basada en evidencias científicas de los estudiantes de posgrado.

Además, la persistencia de biopelículas resistentes dentro del sistema de conductos radiculares constituye un foco de diseminación microbiana que puede derivar en infecciones periapicales crónicas o exacerbadas, aumentado la morbilidad odontológica local. La persistencia de *Enterococcus faecalis* en dientes con fracaso endodóntico ha sido ampliamente documentada; Sundqvist et al. (1998) la identificaron en el 38 % de los conductos en los que se recuperaron microorganismos.

En este marco, la investigación “Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo” se plantea como una respuesta a la necesidad de evidencias local y cuantitativa que oriente la selección de medicamentos intracanal más eficaces.

Este enfoque permitirá determinar si existen diferencias significativas en la reducción de carga bacteriana, contribuyendo al fortalecimiento de la práctica endodóntica universitaria y al desarrollo de protocolos clínicos basados en evidencias.

4. Pregunta de investigación

¿Existe una diferencia significativa en la reducción de unidades formadoras de colonia (UFC) entre cultivos tratados con hidróxido de calcio + clorhexidina 2% y cultivos tratados con hidróxido de calcio + lidocaína 2% a partir de muestras intracanal de dientes con diagnóstico de pulpa no vital recolectadas en las Clínicas de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo en 2026?

P (Población): Cultivos derivados de muestras intracanales de dientes con pulpa no vital

I (intervención): Aplicación de hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2%

C (Comparación): Aplicación de hidróxido de calcio con lidocaína al 2%

O (Outcome): Reducción de unidades formadoras de colonia y disminución de la carga bacteriana

5. Tema delimitado y objetivos

5.1 Tema delimitado

Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026

5.2 Objetivo general

Comparar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos obtenidos de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo durante 2026, mediante recuento de UFC, para la identificación de la formulación más eficaz en la reducción de la carga bacteriana.

5.3 Objetivos específicos

Medir la carga bacteriana inicial de los cultivos procedentes de muestras intracanal mediante recuento de UFC y antes de la aplicación de los tratamientos, para la caracterización de la línea base microbiológica.

Cuantificar la carga bacteriana en cultivos tratados con ambas formulaciones mediante recuento de UFC a las 24 horas post-exposición, para la evaluación del efecto antibacteriano de ambas formulaciones.

Comparar la reducción porcentual de UFC entre ambos grupos mediante análisis estadístico inferencial, para la determinación de la existencia de diferencias estadísticamente significativas en eficacia antibacteriana.

6. Justificación

Conveniencia

El estudio resulta conveniente porque aborda una laguna operativa en la práctica endodóntica: aunque el hidróxido de calcio es un agente intracanal ampliamente usado, el vehículo que lo acompaña (p. ej., clorhexidina vs lidocaína) puede modular su actividad antibacteriana, y la evidencia comparativa directa, con métodos cuantitativos robustos, es limitada. Realizar un análisis in vitro con cultivos derivados de muestras intracanal recogidas en la Clínica de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo, permite obtener datos contextualizados que pueden ser incorporados rápidamente a las guías clínicas docentes de la universidad.

Además, la conveniencia se expresa en la relación costo-beneficio para la institución: el diseño in vitro reduce tiempos y costos frente a un ensayo clínico completo, a la vez que emplea técnicas como la medición UFC que aportan mediciones objetivas y reproducibles, facilitando decisiones informadas sobre qué formulación recomendar en el manejo de conductos necróticos atendidos en la institución.

Relevancia social

A nivel poblacional, la persistencia de infección endodóntica es una causa importante de fracaso del tratamiento endodóntico y de morbilidad odontológica que impacta la calidad de vida; por tanto, optimizar el uso de la medicación intracanal tiene un efecto directo en la salud oral comunitaria atendida por la universidad. Generar evidencia sobre cuál vehículo mejora la eficacia del hidróxido de calcio contribuye a disminuir reinfecciones, retratamientos y costos asociados a complicaciones, beneficiando a la población que acude a las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo.

Además, la investigación tiene implicaciones sociales en la formación académica: las conclusiones pueden informar protocolos docentes y mejorar la calidad de la atención que reciben pacientes de bajos recursos que usan la clínica universitaria, fortaleciendo el rol social de la universidad como proveedor de atención basada en evidencia.

Valor teórico

Desde la perspectiva teórica, el estudio aporta a la comprensión de los mecanismos por los cuales el vehículo modula la actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio —por ejemplo, alteraciones en la liberación de iones calcio/hidroxilo, interacción con membranas bacterianas o efectos sinérgicos con clorhexidina— y cómo estas interacciones se traducen en reducción de viabilidad bacteriana mediante cultivo microbiológico y recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Estos hallazgos permitirán afinar modelos teóricos sobre farmacodinámica local de pastas intracanal y sobre la interpretación de resultados microbiológicos en endodoncia experimental.

Asimismo, el empleo del recuento de UFC en cultivos derivados de muestras intracanal aporta evidencia cuantitativa sobre la carga microbiana cultivable y permite valorar los cambios producidos después de la exposición a las formulaciones experimentales. De esta manera, el estudio contribuye al conocimiento sobre la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio en función del vehículo utilizado para su preparación.

Utilidad metodológica

Metodológicamente, el estudio aporta un protocolo estandarizado para colecta aséptica de muestras intracanal en contexto clínico-docente, preparación de cultivos representativos y aplicación controlada de formulaciones experimentales, así como un flujo de trabajo que combina recuento de UFC. Este paquete metodológico será útil como referencia para futuros estudios in vitro e intermedios (ex vivo), facilitando replicabilidad y comparación entre laboratorios.

Implicaciones prácticas

En el plano práctico-clínico, los resultados ofrecerán evidencia aplicada para que clínicos y docentes decidan el vehículo más eficaz para mezclar con hidróxido de calcio en terapia intracanal, lo que puede traducirse en protocolos institucionales revisados y en una mejora tangible de los resultados terapéuticos (menor persistencia bacteriana, reducción de fracasos y necesidad de retratamientos). Así, el estudio puede impactar directamente en la práctica diaria de la Clínica de Endodoncia de la UNICA.

Finalmente, las implicaciones prácticas se extienden a la formación: incorporar los hallazgos en el currículo y en manuales de procedimientos permitirá a estudiantes y residentes aplicar prácticas basadas en evidencia, elevar los estándares de atención y, a mediano plazo, aportar a políticas locales de manejo endodóntico que prioricen intervenciones costo-efectivas y seguras.

7. Limitantes de la investigación

La presente investigación presentó algunas limitaciones relacionadas con su diseño *in vitro* y con las condiciones experimentales establecidas para evaluar la actividad antibacteriana de las formulaciones de hidróxido de calcio. Estas limitaciones deben considerarse al interpretar los resultados obtenidos, debido a que el comportamiento observado en condiciones controladas de laboratorio no reproduce completamente las condiciones biológicas presentes en el sistema de conductos radiculares. No obstante, los procedimientos estandarizados empleados permitieron realizar la comparación entre las formulaciones de acuerdo con los objetivos planteados en el estudio.

Conforme a la definición metodológica adoptada (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018), las limitaciones constituyen las características del diseño o metodología que puedan afectar la validez, la reproducibilidad o la generalización de los hallazgos. En este estudio, la restricción principal es la decisión de utilizar exclusivamente recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) como indicador microbiológico.

Desde la perspectiva técnica, el uso exclusivo de recuento de UFC implica que sólo se cuantificaron microorganismos capaces de proliferar en los medios y condiciones seleccionadas; por tanto, bacterias viables, pero no cultivables en las condiciones estándar, microorganismos fastidiosos, es decir, con requerimientos especiales para crecer en cultivos o aquellos presentes en modos de vida dentro de biopelículas densas, pueden quedar subrepresentados o no detectados. Asimismo, el recuento de UFC no discrimina entre especies: a menos que se realicen subcultivos e identificaciones adicionales, los resultados ofrecen una medida de “carga cultivable total” pero no del perfil taxonómico ni de la presencia o eliminación de patógenos específicos.

Dentro de las limitaciones metodológicas, aunque las muestras microbiológicas fueron obtenidas de conductos radiculares de dientes con diagnóstico de necrosis pulpar, la evaluación de la actividad antibacteriana de las formulaciones se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio, por lo que los resultados obtenidos no reproducen completamente las condiciones biológicas y clínicas presentes en el sistema de conductos radiculares in vivo, es decir, presencia de fluidos, interacción y respuesta inmunitaria, entre otras. Además, la población de muestra que

corresponde a los pacientes que acuden a las clínicas de especialidades de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo, puede no ser representativa de otras poblaciones.

Otra limitación estuvo relacionada con la variabilidad biológica inherente a las muestras intracanal obtenidas de dientes con necrosis pulpar. Las diferencias en la carga bacteriana inicial, las características anatómicas de los conductos radiculares y la posible presencia de restos orgánicos pudieron influir en el crecimiento microbiano y en la respuesta a las formulaciones evaluadas, generando variabilidad entre las muestras.

Asimismo, la evaluación de la actividad antibacteriana se realizó mediante cultivo microbiológico y recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Si bien este procedimiento permitió cuantificar microorganismos viables antes y después de la exposición a las formulaciones, no se utilizaron técnicas moleculares que permitieran una caracterización más amplia de la diversidad microbiana presente en las muestras.

Finalmente, el efecto antibacteriano fue evaluado a las 24 horas de exposición, por lo que los resultados corresponden específicamente a este periodo experimental y no permiten determinar la persistencia de la actividad antimicrobiana de las formulaciones durante periodos más prolongados.

Considerando las limitaciones señaladas, los resultados de este estudio deben interpretarse dentro de las condiciones experimentales en las que fueron obtenidos. Las diferencias observadas en el recuento de UFC entre las formulaciones de hidróxido de calcio con clorhexidina al 2 % e hidróxido de calcio con lidocaína al 2 % reflejan principalmente el comportamiento de los microorganismos capaces de crecer en los medios de cultivo utilizados. Por esta razón, los hallazgos no permiten afirmar la eliminación total de la carga microbiana ni identificar microorganismos que pudieran permanecer viables sin ser detectados mediante el cultivo microbiológico. En este sentido, los resultados constituyen evidencia experimental *in vitro* sobre la actividad antibacteriana de ambas formulaciones y requieren ser complementados con investigaciones que incorporen otros métodos de identificación microbiológica y, posteriormente, estudios clínicos que permitan valorar su comportamiento en condiciones clínicas.

8. Marco teórico

En el presente marco teórico se adoptó una estructura bipartita para ordenar la evidencia y los conceptos que sustentan la investigación. La primera parte, el marco referencial, recopiló y sintetizó las referencias bibliográficas más relevantes (estudios experimentales, revisiones sistemáticas, tesis y trabajos institucionales) relacionadas con la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio y sus vehículos, metodologías de medición (UFC) y hallazgos aplicables a muestras intracanal. Esta sección enfatiza los resultados empíricos y las lagunas del conocimiento identificadas en la literatura, estableciendo el estado del arte y la justificación empírica que fundamenta el estudio propuesto.

La segunda parte, el marco conceptual, define y aclara los principales conceptos, variables y constructos usados en el estudio, además de ofrecer las definiciones operacionales que se emplearon en el mismo. Juntas, ambas secciones proporcionan la base teórica y operativa necesaria para diseñar los procedimientos experimentales, formular hipótesis y seleccionar las técnicas analíticas adecuadas, garantizando coherencia entre la evidencia previa y las decisiones metodológicas del estudio.

8.1 Marco referencial

Con el propósito de organizar de manera sistemática la evidencia científica que sustenta la presente investigación, el marco referencial se desarrolla siguiendo una secuencia acorde con los objetivos específicos del estudio. Inicialmente se presentan investigaciones orientadas a la caracterización de la línea base microbiológica mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes de la aplicación de la medicación intracanal; posteriormente se incluyen estudios que evalúan el efecto antibacteriano de diferentes formulaciones de hidróxido de calcio tras su aplicación, con énfasis en la combinación con clorhexidina al 2 % y otros vehículos; finalmente, se exponen investigaciones comparativas que analizan, mediante pruebas estadísticas inferenciales, las diferencias en la reducción bacteriana entre distintas formulaciones intracanal.

Esta organización permite integrar de forma lógica y progresiva la evidencia disponible, proporcionando el fundamento científico que sustenta la comparación entre el hidróxido de

calcio combinado con clorhexidina al 2 % y el hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital.

Según Rêgo et al. (2024), en su estudio titulado “Eficacia in vitro de medicaciones intracanal contra C. albicans y E. faecalis en dientes primarios”, los autores plantean la necesidad de comprender cómo se comporta la microbiota intracanal antes de aplicar un medicamento.

El propósito central del estudio fue analizar la respuesta de dos microorganismos frecuentes en endodoncia: *Enterococcus faecalis y Candida albicans* frente a distintas medicaciones intracanal. Se trató de un estudio experimental in vitro que buscó caracterizar tanto la contaminación inicial como la posterior reducción bacteriana después del tratamiento, sentando bases sólidas para investigaciones microbiológicas.

Rêgo et al. (2024) utilizaron una metodología basada en la contaminación controlada de dientes primarios unirradiculares, los cuales fueron inoculados con *E. faecalis y C. albicans* durante un periodo específico que permitió la penetración en los túbulos dentinarios.

Los resultados mostraron que ambas especies microbianas lograron establecerse y crecer adecuadamente en la fase inicial, permitiendo obtener un valor basal confiable de UFC previo a cualquier tratamiento, concluyendo que la caracterización inicial de la infección es esencial para valorar la eficacia de cualquier medicación intracanal, especialmente en estudios comparativos.

De acuerdo con Punathil et al. (2020), la evaluación de la eficacia de las medicaciones intracanal requiere modelos microbiológicos estandarizados que permitan reproducir de manera confiable las condiciones de infección persistente observadas en endodoncia. Los autores desarrollaron un estudio in vitro en el que evaluaron diferentes formulaciones de hidróxido de calcio utilizadas como medicación intraconducto utilizando dientes humanos inoculados con *Enterococcus faecalis*, manteniéndolos en incubación durante 21 días con el propósito de favorecer la penetración bacteriana en los túbulos dentinarios y obtener un modelo experimental estable y reproducible.

Los resultados demostraron una colonización bacteriana intensa y consistente, confirmada mediante cultivos y recuento de unidades formadoras de colonia (UFC), lo que permitió validar el modelo de infección antes de la aplicación de la medicación evaluada.

El estudio demostró que la eficacia antimicrobiana del hidróxido de calcio varía según el vehículo empleado, observándose una mayor reducción bacteriana cuando se combinó con clorhexidina al 2% en comparación con otras formulaciones. Aunque el estudio se desarrolló en un modelo de infección artificial y no en muestras clínicas directas, estos hallazgos aportan evidencia en cuanto a la selección del vehículo y su efecto sobre el mismo.

Pawar et al. (2025), plantean en su estudio la importancia de entender cómo diferentes combinaciones del hidróxido de calcio afectan el comportamiento microbiano inicial. El objetivo principal fue comparar la actividad antimicrobiana de varias formulaciones frente a diversas bacterias asociadas a infecciones endodónticas. Se trató de un estudio experimental que evaluó la capacidad de crecimiento microbiano básico y la influencia de diferentes vehículos sobre dicho comportamiento.

El estudio de Pawar describe la utilización de cultivos de múltiples microorganismos, incluyendo *Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus, Streptococcus mutans*, bacterias anaerobias y hongos como *Candida albicans*, donde, el procedimiento incluyó cultivos iniciales en agar y medición de halos de crecimiento bacteriano sin medicación, lo cual permitió determinar la carga basal microbiana antes de aplicar cualquier agente antimicrobiano. La técnica de difusión en agar permitió observar la vigorosidad inicial de las colonias y caracterizar el comportamiento microbiológico de cada especie.

Según Mendoza-Avilés (2025), en su tesis titulada “Evaluación del efecto antimicrobiano de hidróxido de calcio mezclado con hōjicha”, el propósito principal fue determinar el comportamiento microbiológico inicial y posterior de formulaciones experimentales basadas en hidróxido de calcio. Se plantea que *Enterococcus faecalis* constituye el microorganismo ideal para estudios de resistencia y evaluación antimicrobiana. Este trabajo se desarrolló como un estudio in vitro con enfoque microbiológico, lo que permite observar detalladamente el crecimiento bacteriano antes de la intervención. Mendoza-Avilés (2025), al igual que Rêgo et al. (2024), concluye que la caracterización inicial de la infección es esencial para valorar la eficacia de cualquier medicación intracanal.

Arslan et al. (2021), realizaron un ensayo clínico en Turquía, el cual, tuvo como propósito evaluar el desempeño clínico del hidróxido de calcio cuando se mezcla con lidocaína HCl y se

utiliza como medicación intracanal entre citas. Los autores plantean que, aunque la lidocaína suele emplearse como anestésico local, su comportamiento como vehículo para el hidróxido de calcio no ha sido estudiado ampliamente, especialmente en relación con su impacto inmediato sobre la respuesta del paciente. El enfoque de esta investigación fue clínico, orientado principalmente a determinar si esta combinación produce beneficios postoperatorios atribuibles a una reducción bacteriana temprana y dolor postoperatorio.

El estudio incluyó pacientes con diagnóstico de pulpitis irreversible y periodontitis apical sintomática, en quienes se utilizó hidróxido de calcio mezclado con lidocaína HCl como medicación intracanal. Se registraron parámetros clínicos durante las primeras 24–48 horas posteriores al tratamiento, enfocándose especialmente en la presencia de dolor y en la respuesta inflamatoria, variables que se consideran indirectamente relacionadas con la carga bacteriana residual tras la acción del medicamento. Los autores concluyen que la lidocaína HCl no solo actúa como anestésico, sino que también se comporta como un vehículo viable que no interfiere con la acción del hidróxido de calcio y podría incluso favorecer una respuesta clínica más confortable.

Sy et al. (2023), en su estudio titulado “Potencial terapéutico de medicaciones intracanal basadas en hidróxido de calcio cargadas con clorhexidina”, plantean evaluar la eficacia antimicrobiana después de la aplicación de medicaciones intracanal, especialmente en entornos endodónticos complejos como las lesiones endoperiodontales. Su objetivo fue observar el comportamiento clínico y microbiológico del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina, empleando un diseño mixto ex vivo e in vitro que permite analizar los efectos antimicrobianos posteriores a la exposición del medicamento.

Los resultados mostraron reducciones significativas en UFC, especialmente frente a *E. faecalis*, y demostraron que la difusión de clorhexidina y iones hidroxilo contribuye al efecto antimicrobiano sostenido, concluyendo que la mezcla hidróxido de calcio + clorhexidina presenta una acción antibacteriana superior a agentes menos substantivos.

Según Al-Sabawi et al. (2020), el estudio buscó comparar el efecto antibacteriano del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina frente a otras medicaciones intracanal. Los autores plantean que *E. faecalis* es uno de los microorganismos más resistentes al tratamiento endodóntico, por lo que evaluaron la eficacia posterior a la exposición del medicamento

mediante un estudio in vitro controlado. El estudio utilizó dientes humanos infectados deliberadamente con *E. faecalis*, aplicando medicaciones durante distintos intervalos de tiempo para medir la reducción bacteriana después del tratamiento. La recuperación bacteriana se realizó mediante cultivo y recuento de UFC, lo que permitió cuantificar la eficacia antimicrobiana real de cada formulación, observándose una reducción significativa de UFC en los grupos tratados con hidróxido de calcio combinado con clorhexidina.

Según Martínez Guzhñay y Guerrero Coello (2021), la combinación entre hidróxido de calcio y clorhexidina podría potenciar el efecto antimicrobiano, particularmente en escenarios donde la infección es difícil de erradicar. La revisión analizó más de treinta estudios experimentales y clínicos que utilizaron técnicas como recuento de UFC, difusión en agar, pruebas de microdilución, análisis de biopelículas y modelos de penetración en túbulos dentinarios, donde, la mayoría de las investigaciones evaluadas incluyeron mediciones bacterianas posteriores a la aplicación de hidróxido de calcio + clorhexidina, comparando la efectividad frente a *E. faecalis* en periodos que oscilaban entre 24 horas y 30 días.

La mayoría de los estudios incluidos en esta revisión señalaron que la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina presentó una actividad antibacteriana superior al hidróxido de calcio utilizado de manera aislada, especialmente frente a *Enterococcus faecalis*. Las reducciones bacterianas descritas fueron más rápidas y consistentes, lo que sugiere que la incorporación de clorhexidina puede potenciar la actividad antimicrobiana de la medicación intracanal (Martínez Guzhñay & Guerrero Coello, 2021).

Adl et al. (2012) realizaron un estudio *in vitro* con el propósito de comparar la actividad antimicrobiana de diferentes medicaciones intracanal frente a *Enterococcus faecalis*, microorganismo relacionado con infecciones endodónticas persistentes. Los autores evaluaron la pasta triple antibiótica y diferentes formulaciones a base de hidróxido de calcio, incluida su combinación con clorhexidina al 2 %. La actividad antimicrobiana de las medicaciones fue evaluada mediante una prueba de difusión en agar, utilizando cultivos de *E. faecalis* y comparando las zonas de inhibición producidas por los diferentes agentes.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre las medicaciones evaluadas. La pasta triple antibiótica presentó la mayor actividad antimicrobiana frente a *E. faecalis*, mientras

que la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina al 2 % mostró mayor actividad que las formulaciones de hidróxido de calcio preparadas con otros vehículos. Estos hallazgos evidencian que la incorporación de clorhexidina puede modificar favorablemente la actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio y respaldan la importancia del vehículo empleado en las formulaciones utilizadas como medicación intracanal (Adl et al., 2012).

Ghabraei et al. (2018) desarrollaron un estudio *in vitro* con el objetivo de comparar la actividad antimicrobiana de la pasta triple antibiótica y del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % frente al biofilm de *Enterococcus faecalis*. Para ello utilizaron dientes humanos unirradiculares, cuyos conductos fueron contaminados experimentalmente para favorecer la formación del biofilm bacteriano. Posteriormente se aplicaron las medicaciones intracanal y se evaluó la presencia de bacterias viables después de diferentes períodos de exposición mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC).

Los resultados demostraron que ambas medicaciones presentaron actividad antimicrobiana frente al biofilm de *E. faecalis*, aunque con diferencias relacionadas con el tiempo de exposición. La combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina al 2 % logró eliminar las bacterias cultivables después de tres días, mientras que la pasta triple antibiótica requirió siete días para alcanzar un resultado comparable. Los autores concluyeron que ambas formulaciones fueron eficaces, pero que la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina presentó una acción antimicrobiana más rápida en las condiciones experimentales evaluadas (Ghabraei et al., 2018).

Rêgo et al. (2024) realizaron el estudio titulado “Eficacia in vitro de medicaciones antimicrobianas contra patógenos endodónticos” teniendo como propósito comparar la efectividad de diferentes medicaciones intracanal frente a varios microorganismos altamente resistentes, planteando un análisis comparativo detallado que buscó determinar si existían diferencias significativas entre las formulaciones utilizadas. Utilizaron cultivos de *E. Faecalis*, *Candida albicans* y bacterias anaerobias estrictas exponiéndolas a hidróxido de calcio, clorhexidina, mezclas combinadas y antibióticos.

La evaluación microbiológica se realizó mediante UFC, dentro del análisis estadístico se incluyó pruebas de significancia estadística. Los resultados demostraron diferencias sustanciales

entre los agentes, siendo las formulaciones combinadas las más efectivas con una significancia estadística de $p < 0.05$. Desde el punto de vista clínico, este hallazgo sugiere que la utilización de combinaciones farmacológicas podría incrementar la capacidad de desinfección del sistema de conductos radiculares, favoreciendo un mejor control de las infecciones persistentes y potencialmente aumentando la probabilidad de éxito del tratamiento endodóntico, especialmente en casos asociados con microorganismos resistentes.

No obstante, la significancia estadística no implica necesariamente una superioridad clínica absoluta, ya que el éxito del tratamiento endodóntico depende también de otros factores, como la adecuada instrumentación, irrigación, tiempo de permanencia de la medicación intracanal y las condiciones propias del huésped.

Martínez Guzhñay y Guerrero Coello (2021) analizaron la efectividad del gel de clorhexidina y de la pasta de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina como medicación intraconducto frente a *Enterococcus faecalis*. Mediante una revisión de la literatura científica, los autores encontraron que la clorhexidina presentó una elevada eficacia antimicrobiana y que su asociación con hidróxido de calcio mostró resultados favorables en la eliminación de este microorganismo. Estos hallazgos respaldan la utilización de la clorhexidina como agente antimicrobiano y su combinación con hidróxido de calcio en la medicación intracanal

Pawar et al. (2025), en su estudio comparativo titulado “Actividad antimicrobiana y propiedades fisicoquímicas de pastas de hidróxido de calcio utilizadas como medicación intracanal”, planteó comparar el comportamiento antimicrobiano de diferentes pastas de hidróxido de calcio elaboradas con vehículos distintos. Su objetivo principal fue determinar si las variaciones en la composición modificaban la capacidad antimicrobiana y, de manera paralela, evaluar propiedades fisicoquímicas como la liberación de iones, consistencia y pH.

Los resultados mostraron que las pastas de hidróxido de calcio elaboradas con vehículos de mayor capacidad antimicrobiana como la clorhexidina, produjeron zonas de inhibición significativamente mayores, especialmente frente a *E. faecalis*, concluyendo que el vehículo influye significativamente en la eficacia del hidróxido de calcio.

8.2 Marco conceptual

El propósito específico de este marco conceptual es, por tanto, proveer el andamiaje teórico que explique por qué resulta pertinente y viable comparar las dos formulaciones propuestas mediante recuento de UFC (UFC = unidades formadoras de colonia) en cultivos obtenidos de muestras intracanal. Desde esa perspectiva, el marco conceptual articula las nociones de eficacia antimicrobiana (definida operacionalmente como reducción logarítmica de UFC), las propiedades fisicoquímicas relevantes del hidróxido de calcio y de los vehículos (pH, liberación iónica, viscosidad, substantividad en el caso de la clorhexidina) y la limitación metodológica explícita de medir únicamente la fracción cultivable de la microbiota.

Microbiología de las Infecciones Endodónticas

De las 600 especies microbianas relacionadas con la cavidad oral, en cada individuo solo se identifican entre 50 a 150. Los tejidos duros dentarios actúan como barreras mecánicas defensivas impidiendo la invasión microbiana de la pulpa. Su destrucción, parcial o completa, determina la progresión de los microorganismos hacia el interior de la cavidad pulpar y causa una inflamación en la pulpa que puede evolucionar hacia su necrosis total y afectar a los tejidos del periápice.

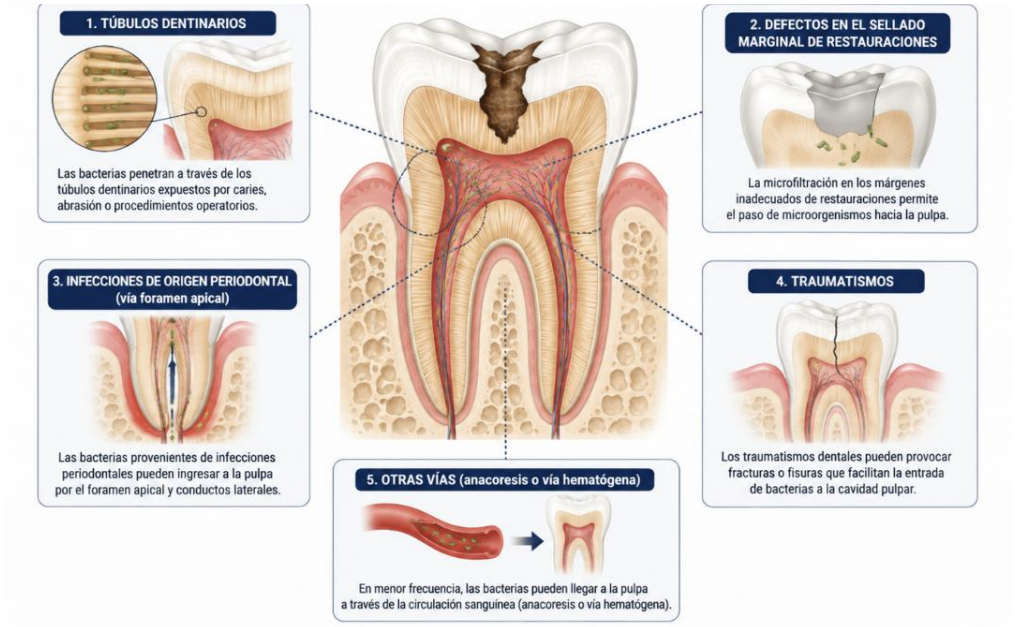
Vías de invasión Bacteriana

Las bacterias pueden utilizar diversas puertas de entrada hacia la cavidad pulpar. En función de su magnitud y proximidad, la patología se instaura rápidamente o de forma prolongada. Dentro de las principales vías se mencionan los túbulos dentinarios, defectos en el sellado marginal de restauraciones, infecciones de origen periodontal donde las bacterias entran por el foramen apical, traumatismos y otras vías como anacoresis o vía hematógena.

La progresión de los microorganismos hacia el tejido pulpar está condicionada por la integridad de las estructuras dentarias y por la proximidad de la vía de entrada a la pulpa. Una vez superadas las barreras naturales de protección, las bacterias y sus productos pueden alcanzar el sistema de conductos radiculares, favorecer el desarrollo de inflamación pulpar y, posteriormente, contribuir al establecimiento de la necrosis y de la infección endodóntica (Berman & Hargreaves, 2021).

Figura 1

Vías de invasión bacteriana



Nota. Elaboración propia con base en Berman y Hargreaves (2021).

Microbiología del sistema de conductos

Desde que Kakehashi y cols. demostraron que la invasión microbiana de la pulpa cursaba siempre con una respuesta inflamatoria pulpar, se han abierto numerosas líneas de investigación dirigidas a identificar los ecosistemas bacterianos de la cavidad pulpar, en sus distintos estadios clínicos, y de los tejidos periapicales alterados.

Los factores de virulencia microbiana desempeñan un papel fundamental en la invasión bacteriana del tejido pulpar y de los tejidos periapicales, determinando la aparición y evolución de los procesos inflamatorios. La intensidad y naturaleza de la respuesta inflamatoria aguda o crónica dependen de características propias de los microorganismos y de la interacción con el hospedador. Entre los factores más relevantes se encuentran el carácter de la invasión bacteriana, la diversidad de la microbiota, el número de microorganismos presentes, la producción de endotoxinas, exoenzimas, metabolitos y exotoxinas, así como el tiempo de exposición y la capacidad defensiva del huésped. Aunque el número de bacterias influye en la magnitud de la infección, la capacidad de multiplicación y actividad metabólica de los

microorganismos resulta aún más determinante, ya que favorece la liberación de sustancias tóxicas que incrementan su virulencia.

Entre los principales mecanismos patogénicos destacan las endotoxinas, que activan complejos procesos inflamatorios a través de la activación del complemento y de células inmunitarias, y que pueden difundirse a través de la dentina hacia la pulpa. Asimismo, diversas bacterias liberan exoenzimas, como colagenasas, hialuronidasas y fibrinolisinas, capaces de degradar componentes del tejido conectivo y facilitar la diseminación bacteriana. A esto se suman metabolitos tóxicos derivados del metabolismo bacteriano y exotoxinas, proteínas con efecto necrótico directo sobre los tejidos. La combinación de estos factores, junto con el tiempo de exposición y la eficacia del sistema inmunitario del hospedador, determina si el proceso inflamatorio se manifestará de forma aguda y sintomática o evolucionará hacia formas crónicas con sintomatología leve o ausente.

Microbiología de los conductos radiculares en las necrosis pulpares

La mayor parte de las necrosis pulpares obedecen a infecciones polimicrobianas y mixtas que incluyen aerobios estrictos, anaerobios facultativos o microaerofílicos como microorganismos concomitantes. Estos últimos, y los aerobios estrictos, disminuyen la tensión de oxígeno y el potencial de oxidorreducción en los tejidos. De este modo, proporcionan las condiciones favorables para que se desarrollen las bacterias estrictamente anaerobias.

Las condiciones biológicas locales del conducto radicular condicionan la presencia o ausencia de elementos nutricionales necesarios para el crecimiento y el desarrollo bacteriano.

Habitualmente las bacterias aisladas de los conductos infectados no son móviles, aunque se han descrito *C. rectus, E. corrodens y Capnocytophaga spp* que se localizan en el tercio apical del conducto. En el interior de los conductos raramente se hallan espiroquetas, probablemente porque son difíciles de cultivar.

La persistencia microbiana dentro del sistema de conductos es considerada el principal factor etiológico de las lesiones periapicales y del fracaso del tratamiento endodóntico. Por ello, la reducción efectiva de la carga bacteriana constituye un objetivo esencial en la terapia endodóntica moderna.

Tabla 1

Bacterias aerobias y anaerobias facultativas aisladas en las necrosis pulpares

FORMA	TINCIÓN DE GRAM	GÉNERO	ESPECIE
Cocos	Grampositivos	***Streptococcus***	*mitis, milleri, oralis, intermedius, monbilorum, constellatus, mutans, sanguis, mitior*
		Enterococcus	*faecalis, faecium*
		Staphylococcus	*aureus, epidermidis*
Bacilos	Grampositivos	***Corynebacterium***	*xerosis, catenaforme, minutus*
		Lactobacillus	*minutus*
		Actinomyces	*odontolyticus, naeslundii, israelii, meyeri, viscosus*
	Gramnegativos	***Propionobacterium***	*acnes, propionicus*
		Eikenella	*corrodens*
		Capnocytophaga	*ochracea*
		Actinobacillus	*spp*
		Campylobacter	*rectus, sputorum, curvus*
Levaduras	–	***Candida***	*albicans, glabrata, guilliermondii*
		Geotrichum	*conilidum*

Nota. Clasificación de los principales microorganismos asociados a las infecciones endodónticas según su morfología, tinción de Gram, género y especie. Adaptado de Canalda y Brau (2019).

Biofilms bacterianos Intracanal

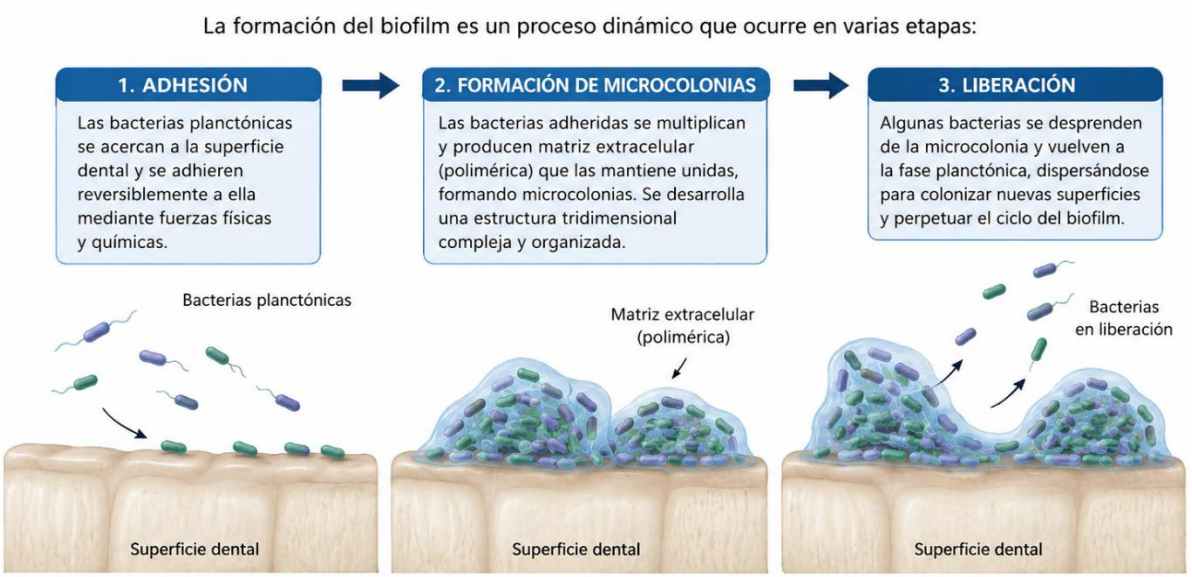
Las bacterias que colonizan el interior de los conductos radiculares no acostumbran a vivir solas sino agrupadas en poblaciones densas y firmemente adheridas a la dentina radicular, formando biofilms bacterianos, los cuales son una de las causas más comunes de infección endodóncica persistente, y su erradicación es difícil.

El biofilm bacteriano constituye una comunidad microbiana compleja formada por una o varias especies de microorganismos adheridos a la dentina radicular e inmersos en una matriz extracelular de sustancias poliméricas producidas por ellos mismos. Esta organización estructural incrementa la resistencia de las bacterias frente a la irrigación y a las medicaciones intracanal, permitiéndoles persistir en el sistema de conductos radiculares. Se desarrollan principalmente en ambientes necróticos y son considerados uno de los principales factores responsables de las infecciones endodónticas persistentes y del fracaso del tratamiento endodóntico.

La formación del biofilm es un proceso dinámico constituido por diferentes etapas, entre las que se encuentran la adhesión inicial, la formación y maduración de microcolonias y, finalmente, la dispersión o liberación de microorganismos hacia nuevas superficies.

Figura 2

Etapas de la formación del biofilm



Nota. Elaboración propia con base en Sedgley et al. (2006) y Siqueira y Rôças (2009).

En endodoncia, los biofilms intrarradiculares representan uno de los mayores desafíos terapéuticos, ya que pueden persistir incluso después de la instrumentación y la irrigación química. Por esta razón, el empleo de medicaciones intracanal busca complementar la desinfección mecánica y reducir la carga microbiana residual.

Hidróxido de calcio como medicación Intracanal

El hidróxido de calcio es uno de los medicamentos intracanal más utilizados en endodoncia debido principalmente a sus propiedades antimicrobianas y biológicas. Su mecanismo de acción antimicrobiana se relaciona con la disociación en iones calcio e hidroxilo, generando un medio altamente alcalino. Los iones hidroxilo pueden producir alteraciones en componentes esenciales de las células bacterianas, incluyendo daño de la membrana citoplasmática, desnaturalización de proteínas y alteraciones del ADN, mecanismos que

contribuyen a la eliminación de los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares (Mohammadi, 2012).

La eficacia antimicrobiana del hidróxido de calcio como medicación intracanal también ha sido demostrada experimentalmente. Sjögren et al. (1991) evaluaron su efecto sobre las bacterias presentes en conductos radiculares infectados y observaron que su aplicación como medicación intracanal durante siete días permitió eliminar las bacterias cultivables en los casos evaluados. Estos resultados respaldaron el empleo del hidróxido de calcio como medicación temporal entre sesiones, destacando la importancia de mantener un tiempo de contacto adecuado para favorecer su acción antimicrobiana.

Sin embargo, la actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio presenta limitaciones frente a determinados microorganismos endodónticos, particularmente *Enterococcus faecalis*, cuya capacidad de tolerar condiciones alcalinas puede favorecer su persistencia. Esta limitación ha impulsado la investigación de diferentes vehículos y combinaciones destinadas a potenciar la acción antimicrobiana del hidróxido de calcio (Mohammadi, 2012).

Clorhexidina al 2% como vehículo del hidróxido de calcio

La clorhexidina es un agente antimicrobiano de amplio espectro con actividad frente a bacterias grampositivas, gramnegativas y hongos. Su principal característica es la sustantividad, definida como la capacidad de adherirse a los tejidos dentales y liberarse gradualmente durante un período prolongado.

Cuando se combina con hidróxido de calcio, la clorhexidina puede potenciar el efecto antimicrobiano mediante mecanismos complementarios: mientras el hidróxido de calcio genera un ambiente alcalino, la clorhexidina altera la permeabilidad de la membrana bacteriana y produce precipitación del contenido citoplasmático. Diversos estudios han demostrado que la combinación hidróxido de calcio–clorhexidina presenta mayor actividad frente a Enterococcus faecalis en comparación con el hidróxido de calcio solo, sugiriendo un posible efecto sinérgico que mejora la desinfección intracanal.

Lidocaína al 2% como vehículo del hidróxido de calcio

La lidocaína al 2% es un anestésico local ampliamente utilizado en odontología. Además de su función anestésica, algunos estudios han sugerido que podría actuar como vehículo para el hidróxido de calcio sin interferir significativamente en sus propiedades fisicoquímicas.

El uso de lidocaína como vehículo presenta ventajas relacionadas con su disponibilidad clínica y biocompatibilidad. Asimismo, se ha propuesto que ciertas formulaciones podrían exhibir efectos bacteriostáticos, aunque la evidencia científica sobre su actividad antimicrobiana sigue siendo limitada y contradictoria.

Tabla 2

Propiedades fisicoquímicas, antimicrobianas y clínicas de las formulaciones empleadas como medicación intracanal

Aspecto	Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$)	Clorhexidina	Lidocaína al 2 %
Clasificación	Medicación intraconduuto alcalina	Antiséptico de amplio espectro	Anestésico local tipo amida
pH	Aproximadamente 12,5	5,5 – 7,0	5,0 – 7,0
Mecanismo de acción	Libera iones hidroxilo (OH-) que alteran las membranas celulares, desnaturalizan proteínas y dañan el ADN bacteriano.	Produce alteración de la membrana citoplasmática y precipitación de proteínas intracelulares. Posee sustantividad.	Bloquea los canales de sodio dependientes de voltaje en las fibras nerviosas, impidiendo la conducción del impulso nervioso (efecto anestésico).
Espectro antimicrobiano	Amplio, aunque limitado frente a *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*.	Amplio espectro contra bacterias Gram positivas, Gram negativas y algunos hongos, incluyendo *E. faecalis*.	Escasa o nula actividad antimicrobiana intrínseca.
Propiedades principales	• Antimicrobiano • Neutraliza endotoxinas • Induce mineralización • Favorece la reparación periapical	• Alta sustantividad • Baja toxicidad relativa • Penetración en túbulos dentinarios • Actividad residual prolongada	• Buena biocompatibilidad • Baja viscosidad • Facilita la manipulación de la pasta • Efecto anestésico local
Ventajas	• Bajo costo y fácil disponibilidad • Promueve formación de tejido duro y reparación ósea	• Potencia la actividad antimicrobiana, especialmente contra *E. faecalis* • Mantiene actividad residual	• Fácil obtención • Buena capacidad de mezcla • Potencial efecto analgésico local
Desventajas	• Efectividad limitada frente a bacterias en biofilm y microorganismos resistentes • Requiere tiempo de acción prolongado	• Puede reducir la liberación de iones hidroxilo cuando se combina con $Ca(OH)_2$ • Controversias sobre la estabilidad química de la mezcla	• Poca evidencia científica sobre su capacidad para potenciar la acción antimicrobiana del hidróxido de calcio • No aporta acción bactericida adicional significativa
Influencia sobre la disociación del $Ca(OH)_2$	Depende del vehículo utilizado.	Puede modificar la liberación iónica y aportar un efecto antimicrobiano adicional.	Al ser un vehículo acuoso, podría favorecer la difusión inicial de los iones, aunque la evidencia es limitada.
Efecto sobre *Enterococcus faecalis*	Reducción parcial; la bacteria presenta mecanismos de resistencia al pH alcalino.	Mayor eficacia antimicrobiana en comparación con el $Ca(OH)_2$ solo, según numerosos estudios experimentales.	No se ha demostrado de manera concluyente un aumento significativo de la actividad antimicrobiana.
Modo de preparación	Polvo mezclado con un vehículo hasta obtener consistencia de pasta.	Se mezcla el polvo de $Ca(OH)_2$ con gel o solución de clorhexidina al 2 %.	Se mezcla el polvo de $Ca(OH)_2$ con solución de lidocaína al 2 % hasta obtener una pasta homogénea.
Modo de aplicación clínica	Se introduce en el conducto mediante lentulo, espiral o instrumento manual y se deja de 7 a 21 días.	Se coloca de la misma manera que el $Ca(OH)_2$ convencional, generalmente entre 7 y 21 días.	Se aplica como medicación intraconduoto temporal, utilizando la misma técnica de colocación.
Indicación principal	Infecciones endodónticas, necrosis pulpar, lesiones periapicales, reabsorciones y apexificaciones.	Casos de infección persistente o sospecha de presencia de *E. faecalis*.	Uso experimental o como alternativa de vehículo en investigaciones sobre medicación intraconduuto.
Nivel de evidencia cientifica	Alto. Amplia evidencia clínica y experimental.	Moderado-alto. Numerosos estudios *in vitro* y revisiones sistemáticas.	Bajo-moderado. Escasos estudios experimentales y poca evidencia clínica.

Nota. Síntesis comparativa elaborada con base en la literatura consultada (Canalda & Brau, 2019; Gomes et al., 2006; Martínez Guzhñay & Guerrero Coello, 2021; Mohammadi & Dummer, 2011; Siqueira & Rôças, 2014).

Actividad antibacteriana y recuento de unidades formadoras de colonias (UFC)

La actividad antibacteriana se define como la capacidad de una sustancia para inhibir o eliminar microorganismos. En estudios microbiológicos, esta actividad suele cuantificarse mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), técnica que permite estimar el número de microorganismos viables presentes en una muestra.

El método consiste en sembrar la muestra en medios de cultivo apropiados y contabilizar las colonias desarrolladas tras un periodo de incubación. Una disminución en el número de UFC refleja una reducción de la carga bacteriana y, por tanto, una mayor eficacia antimicrobiana del tratamiento evaluado.

Dientes con necrosis pulpar

La necrosis pulpar corresponde a una categoría diagnóstica clínica que indica la muerte del tejido pulpar y la ausencia de respuesta de la pulpa a las pruebas de sensibilidad. Este estado puede involucrar parcial o totalmente el tejido pulpar y suele estar asociado con procesos infecciosos capaces de favorecer la colonización microbiana del sistema de conductos radiculares (American Association of Endodontists [AAE], 2020).

Desde el punto de vista microbiológico, los dientes con necrosis pulpar pueden constituir un reservorio de microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares, por lo que representan un modelo clínico pertinente para evaluar la eficacia de medicamentos intracanal. El análisis de cultivos obtenidos de estos dientes permite estudiar la carga microbiana cultivable y valorar su modificación después de la aplicación de diferentes formulaciones antimicrobianas.

9. Marco metodológico

El marco metodológico de la presente investigación describe los procedimientos empleados para evaluar y comparar la actividad antibacteriana de dos formulaciones de hidróxido de calcio utilizadas como medicación intracanal: hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % e hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 %. El estudio se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, con una fase de obtención clínica de muestras intracanal procedentes de dientes con diagnóstico de necrosis pulpar y una fase experimental in vitro, en la que se determinó la carga bacteriana mediante cultivo microbiológico y recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la exposición a las formulaciones experimentales.

En este capítulo se presentan la clasificación y el diseño de la investigación, las hipótesis planteadas, la población y muestra, así como los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la selección de las muestras. Asimismo, se describen las variables y su operacionalización, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de los datos, el procedimiento seguido para la obtención, transporte, procesamiento y cultivo de las muestras intracanal, y la aplicación de las formulaciones experimentales durante 24 horas. También se exponen los procedimientos empleados para garantizar la validez y confiabilidad del instrumento, el procesamiento y análisis estadístico de los datos mediante estadística descriptiva e inferencial y, finalmente, las consideraciones éticas y de bioseguridad observadas durante el desarrollo de la investigación.

9.1 Tipo de investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres (2018), la clasificación del tipo de investigación debe apoyarse en cinco criterios fundamentales: enfoque o paradigma, alcance o profundidad, aplicabilidad, dimensión temporal y diseño; cada criterio aporta una perspectiva distinta para determinar la naturaleza metodológica del estudio y orientar las decisiones sobre técnicas, recolección y análisis de datos.

Según el enfoque

La investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, debido a que las variables estudiadas fueron medidas y expresadas mediante datos numéricos, principalmente a través del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) y del porcentaje de reducción de la carga

bacteriana. Estos datos fueron analizados mediante procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales para evaluar y comparar el comportamiento de las formulaciones estudiadas.

Según el nivel de profundidad del conocimiento

La investigación se clasificó como correlacional, debido a que estuvo orientada a analizar la relación entre el tipo de vehículo utilizado en combinación con el hidróxido de calcio y la reducción de la carga bacteriana, expresada mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Aunque se aplicaron tratamientos controlados a los cultivos, el estudio se centró en determinar estadísticamente las diferencias observadas entre las formulaciones evaluadas, sin establecer de manera definitiva una relación causal clínica en pacientes.

Según la aplicabilidad de sus resultados:

La investigación se considera aplicada porque busca producir evidencia directa y utilizable por la Clínica de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Según su orientación en el tiempo:

La investigación corresponde a un estudio longitudinal, debido a que la carga bacteriana fue evaluada en dos momentos: mediante un recuento inicial de UFC antes de la aplicación de las formulaciones experimentales y un segundo recuento a las 24 horas de exposición. Estas mediciones permitieron determinar los cambios en la carga bacteriana a través del tiempo y cuantificar la reducción de UFC producida por las formulaciones evaluadas.

Según tipo de diseño:

La investigación se clasifica como de campo porque las muestras provienen directamente de pacientes atendidos en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo y el procesamiento y las pruebas se realizaron en el laboratorio. Esta combinación garantiza que los cultivos y los resultados provengan de condiciones clínicas reales.

9.2 Hipótesis de investigación

Existe una diferencia en la reducción media de la carga bacteriana entre cultivos tratados con hidróxido de calcio + clorhexidina 2% y cultivos tratados con hidróxido de calcio + lidocaína 2%, en cultivos derivados de muestras intracanal recolectadas en las Clínicas de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo en 2026.

Hipótesis nula (H_o)

No existe diferencia en la reducción media de la carga bacteriana entre las dos formulaciones.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existe una diferencia en la reducción media de la carga bacteriana entre las dos formulaciones

9.3 Definición operativa de las variables

En este subapartado se presentan las matrices de operacionalización correspondientes a cada uno de los objetivos específicos del estudio. Cada matriz desglosa la variable principal en términos prácticos: definición operacional, indicadores, instrumentos de medición, unidad de medida, momento temporal de toma, tipo y nivel de variable, y procedimiento resumido de recolección y registro. Las matrices están redactadas con lenguaje accesible y suficiente detalle técnico para facilitar la replicabilidad en laboratorio y la trazabilidad de los datos desde la extracción de la muestra hasta el análisis estadístico.

Objetivo específico No. 1

Medir la carga bacteriana inicial de los cultivos procedentes de muestras intracanal mediante recuento de UFC y antes de la aplicación de los tratamientos, para la caracterización de la línea base microbiológica.

Tabla 3

Definición operativa del objetivo específico 1

Variable conceptual	Subvariables/dimensiones	Variable operativa/indicador	Ítem del instrumento	Tipo de variable
Carga bacteriana inicial	Recuento inicial de UFC	Número de UFC registrado antes de la aplicación de las formulaciones	Ítem 4	Cuantitativa continua
	Microorganismos identificados	Identificación microbiológica preliminar de los microorganismos aislados	Ítem 8	Cualitativa nominal
	Tipo de diente; Localización	Registro del tipo de diente y arcada de procedencia de la muestra	Ítem 2	Cualitativa nominal

Nota. UFC = Unidades formadoras de colonias. Elaboración propia.

Objetivo específico No. 2

Cuantificar la carga bacteriana en cultivos tratados con ambas formulaciones mediante recuento de UFC a las 24 horas post-exposición, para la evaluación del efecto antibacteriano de ambas formulaciones.

Tabla 4

Definición operativa del objetivo específico 2

Variable conceptual	Subvariables/ dimensiones	Variable operativa/indicador	Ítems del instrumento	Tipo de variable
Carga bacteriana postratamiento	Recuento de UFC a 24 h	Número de UFC registrado después de 24 h de exposición a la medicación	Ítem 6	Cuantitativa continua
Reducción absoluta de UFC	Diferencia entre UFC inicial y UFC a las 24 h	Disminución absoluta de la carga bacteriana calculada a partir de la diferencia entre ambos recuentos	ítem 7	Cuantitativa continua

Nota. UFC = Unidades formadoras de colonias. Elaboración propia.

Objetivo específico No. 3

Comparar la reducción porcentual de UFC entre ambos grupos mediante análisis estadístico inferencial, para la determinación de la existencia de diferencias estadísticamente significativas en eficacia antibacteriana.

Tabla 5

Definición operativa del objetivo específico 3

Variable conceptual	Subvariables/ dimensiones	Variable operativa/indicador	Ítem del instrumento	Tipo de variable
Reducción porcentual de UFC	Porcentaje de reducción a 24 h	Porcentaje de disminución de UFC entre el recuento inicial y el recuento a las 24 h	Ítem 7	Cuantitativa continua
Comparación de la reducción porcentual de UFC entre formulaciones	Reducción porcentual según formulación	Comparación estadística del porcentaje de reducción de UFC entre ambas formulaciones	Ítem 7	Cuantitativa continua

Nota. UFC = Unidades formadoras de colonias. Elaboración propia.

9.4 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión

Se incluyeron en el estudio las muestras intracanales que cumplieron los siguientes criterios:

- Dientes permanentes con diagnóstico clínico y radiográfico de pulpa no vital o necrosis pulpar, atendidos en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo durante el año 2026.
- Conductos radiculares sin apertura previa en la cita actual, garantizando que la toma de muestra recoja la microbiota real del conducto antes de la instrumentación.
- Pacientes entre 18 y 70 años.
- Ausencia de tratamiento antibiótico sistémico en los 30 días previos, con el fin de evitar alteraciones en el perfil microbiano intraconducto.
- Dientes con anatomía radicular accesible para aislamiento absoluto y toma de muestra, asegurando estandarización del procedimiento.
- Muestras que, tras la siembra inicial, presenten crecimiento bacteriano cultivable suficiente para establecer la línea base (UFC inicial), requisito indispensable para comparar la reducción posterior.
- Casos sin perforaciones, reabsorciones externas severas o comunicaciones endo–perio avanzadas, que puedan afectar la carga bacteriana intraconducto o introducir contaminación periodontal.
- Pacientes sin compromiso inmunológico.

Criterios de Exclusión

Se excluyeron las muestras que presentaron una o más de las siguientes condiciones:

- Dientes sometidos a retratamiento endodóntico, debido a la alteración previa del ecosistema bacteriano y al uso de pastas o irrigantes que podrían persistir en la dentina.
- Pacientes que hayan recibido antibióticos sistémicos, corticosteroides o enjuagues antimicrobianos de uso intensivo en las últimas cuatro semanas, por su posible interferencia en la carga microbiana.
- Dientes con fracturas radiculares, raíces fisuradas.

- Dientes con anatomía inaccesible para la toma de muestra.
- Muestras con contaminación extrínseca detectada durante el cultivo inicial o controles negativos, anulando su validez experimental.
- Muestras que no presentaron crecimiento bacteriano cultivable en la siembra basal, imposibilitando la medición del efecto antimicrobiano.
- Dientes con restauraciones defectuosas o caries extensas que impidan un aislamiento absoluto adecuado, por riesgo de contaminación cruzada.
- Pacientes menores de edad.
- Pacientes con patologías sistémicas inmunosupresoras severas (p. ej., VIH no controlado, quimioterapia activa), debido a alteraciones en su microbiota y riesgo ético adicional.

9.5 Población y muestra

En esta investigación no se empleó un muestreo probabilístico porque los casos que pueden formar parte del estudio deben cumplir criterios de inclusión muy específicos, relacionados con el diagnóstico de necrosis pulpar, las condiciones clínicas del diente y la posibilidad técnica de obtener una muestra intracanal válida. Debido a estas exigencias, no resulta apropiado seleccionar unidades de forma aleatoria, ya que no todos los dientes atendidos en la clínica cumplen las características requeridas para obtener cultivos útiles para el análisis microbiológico. Por ello, la selección no se basa en probabilidad, sino en la disponibilidad de casos que cumplan con los requisitos clínicos y metodológicos definidos para garantizar la validez de los datos.

Bajo esta lógica, la técnica muestral utilizada corresponde al muestreo por censo, ya que la población total de dientes que cumplen con los criterios de inclusión durante el periodo de estudio es pequeña. En este caso particular, la población accesible estuvo constituida por 40 muestras intracanal obtenidas de órganos dentales que cumplieron los criterios establecidos durante el periodo de estudio. Esto significa que el tamaño de muestra coincide con el tamaño de la población accesible, permitiendo trabajar con la totalidad de los casos disponibles y evitando pérdidas de información que podrían afectar la capacidad de análisis y comparación entre las formulaciones evaluadas.

Inicialmente se recolectaron 40 muestras; sin embargo, tres fueron excluidas debido a ausencia de crecimiento bacteriano en el control basal. Con el propósito de mantener una distribución equitativa entre los grupos experimentales, se excluyó una muestra adicional, quedando una muestra final de 36 cultivos, distribuidos en dos grupos de 18 muestras cada uno.

9.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

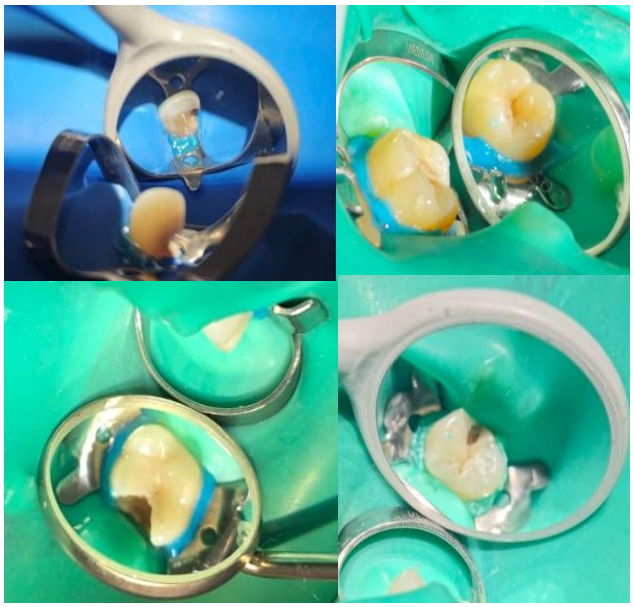
La técnica de recolección de datos fue la observación experimental estructurada, aplicada mediante procedimientos microbiológicos estandarizados en laboratorio. Esta técnica permitió registrar de forma objetiva la carga bacteriana presente en los cultivos derivados de muestras intracanal antes y después de la exposición a las formulaciones de hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% e hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2%.

La recolección de datos se realizó en dos momentos complementarios: fase clínica de obtención de la muestra intracanal y fase de laboratorio para el cultivo, recuento de UFC y registro de resultados. En todos los casos, la información se registró en la ficha técnica diseñada para el estudio, la cual reúne las variables descritas en las matrices de operacionalización (datos de identificación de la muestra, condiciones de toma, UFC basal y postratamiento, controles y observaciones).

Cada órgano dental incluido fue codificado con un identificador único para garantizar el orden del registro y la trazabilidad, sin usar datos personales del paciente.

En la fase clínica, una vez seleccionado el órgano dental que cumplió los criterios de inclusión, se procede a realizar aislamiento absoluto con dique de goma y acceso endodóntico bajo técnica aséptica siguiendo el protocolo clínico convencional, utilizando instrumental rotatorio con refrigeración abundante.

Figura 3
Aislamiento absoluto



Nota. Aislamiento absoluto de los órganos dentales mediante dique de goma y barrera gingival. Fotografía del autor, 2026.

Posteriormente, antes de la instrumentación y de la irrigación con agentes antimicrobianos que alteren la carga bacteriana, se realizó la toma de la muestra intracanal utilizando conos de papel estériles de la marca Dentsply Sirona Iso. 30/02, introduciéndolos de manera pasiva con una pinza de algodón estéril, hasta encontrar una ligera resistencia en el conducto, evitando sobrepasar el foramen apical, manteniendo un tiempo de contacto controlado mínimo de 1 minuto.

En casos de encontrar conductos estrechos, se permitiría, de ser necesario, únicamente la exploración pasiva inicial con lima K estéril de bajo calibre Dentsply, es decir, preserie No. 08 ó 10 sin acción de limado ni ensanchamiento, únicamente con el propósito de verificar la permeabilidad del conducto y favorecer el acceso pasivo de la punta de papel.

Cabe mencionar que no hubo necesidad de realizar este procedimiento. En el caso de molares superiores se obtuvo la muestra del conducto de mayor calibre, es decir del conducto palatino y en molares inferiores del conducto distal.

Figura 4

Conos de papel estériles ISO 30/02

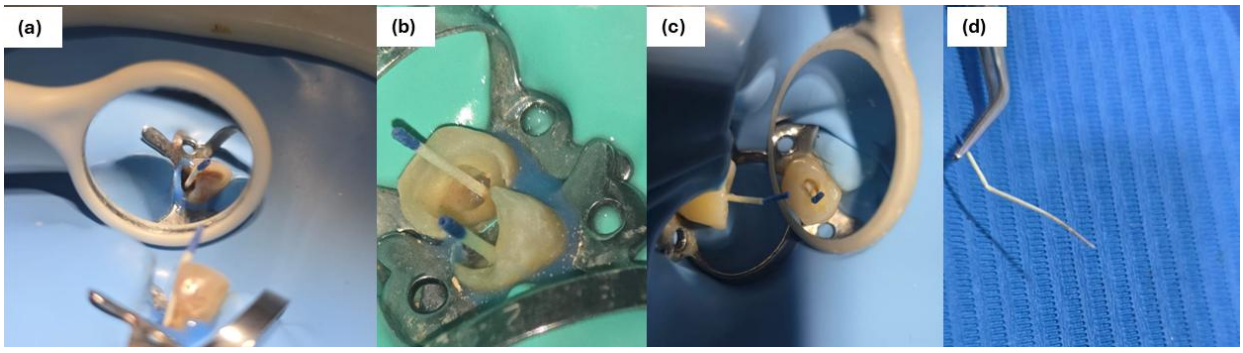


Nota. Conos de papel estériles utilizados para la obtención de la muestra intracanal. Fotografía del autor, 2026.

Luego del minuto transcurrido, se colocó el cono de papel, de inmediato en un tubo de ensayo con Caldo BHI (Brain Heart Infusion) como medio de transporte microbiológico, registrando en la ficha técnica el tiempo transcurrido entre la toma y la siembra, así como cualquier observación relevante (por ejemplo, presencia de exudado, dificultad anatómica o contaminación accidental lo que indicaría el descarte de la muestra).

Figura 5

Toma de muestras intracanal en dientes con necrosis pulpar



Nota. Toma de la muestra intracanal en dientes con necrosis pulpar: (a), (b) y (c) introducción del cono de papel estéril en el conducto radicular; (d) cono de papel después de su retiro del conducto y antes de su colocación en el medio de transporte. Fotografías del autor, 2026.

Figura 6

Colocación de la muestra en el medio de transporte



Nota. *Colocación inmediata del cono de papel con la muestra intracanal en un tubo de ensayo con caldo BHI (*Brain Heart Infusion*) utilizado como medio de transporte. Fotografías del autor, 2026.*

El caldo BHI es un medio de transporte y cultivo altamente nutritivo para microorganismos exigentes y no exigentes, incluyendo, bacterias aerobias y anaerobias, así como levaduras y hongos.

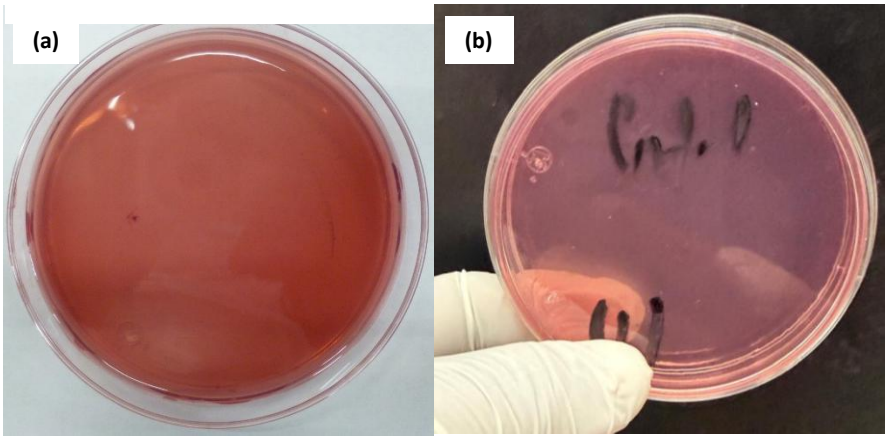
En la fase de laboratorio, las muestras fueron procesadas bajo condiciones de bioseguridad, realizándose la siembra microbiológica y el recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) para establecer la línea base.

Los medios de cultivos utilizados para el aislamiento y recuento bacteriano fueron Agar MacConkey y Agar Sangre de Cordero. Agar MacConkey es un medio de cultivo selectivo y diferencial que favorece el crecimiento de bacterias Gram negativas y permite diferenciar microorganismos fermentadores y no fermentadores de lactosa.

Por su parte, El Agar sangre de Cordero constituye un medio enriquecido, nutritivo y diferencial, empleado para el aislamiento de bacterias exigentes o fastidiosas, además de permitir la observación de patrones de hemolisis.

Figura 7

Medio de cultivo agar MacConkey



Nota. Agar MacConkey utilizado para el aislamiento y recuento bacteriano. (a) Imagen tomada del sitio web del Centro Universitario UTEG (2019); (b) fotografía del autor, 2026.

Una vez realizadas las siembras, las placas fueron incubadas a 37° C durante 48 horas, temperatura que reproduce las condiciones fisiológicas del organismo humano y favorece el crecimiento de la mayoría de los microrganismos de importancia clínica presentes en los conductos radiculares infectados. Transcurrido el periodo de incubación, se procedió a la evaluación de crecimiento bacteriano, identificación preliminar y recuento de UFC.

Figura 8

Medio de cultivo agar sangre de cordero



Nota. Agar sangre de cordero utilizado como medio de cultivo para el aislamiento y recuento bacteriano. Imagen tomada de Grupo Unidix (2015).

Luego, Los cultivos se dividieron según el grupo experimental para ser expuestos a las dos formulaciones evaluadas: hidróxido de calcio + clorhexidina al 2 % e hidróxido de calcio + lidocaína al 2 %. Debido a que la literatura científica no establece una proporción estandarizada para la preparación de estas mezclas, las formulaciones se prepararon añadiendo gradualmente el vehículo correspondiente al polvo de hidróxido de calcio hasta obtener una pasta homogénea, de consistencia uniforme y adecuada para su manipulación y aplicación. Para garantizar la reproducibilidad del procedimiento, ambas formulaciones fueron preparadas siguiendo la misma técnica y criterios de consistencia, luego fueron incubadas por 24 horas a 37° c reproduciendo las condiciones fisiológicas necesarias.

Finalmente, transcurridas las 24 horas de exposición a las formulaciones experimentales, se realizó el recuento de las unidades formadoras de colonia (UFC) de cada muestra. Los resultados obtenidos se registraron en la ficha técnica junto con los controles positivo y negativo, con el propósito de verificar la validez y la calidad del procedimiento microbiológico. Este proceso permitirá obtener un registro sistemático, ordenado y comparable de la carga bacteriana inicial y de la reducción bacteriana alcanzada después de la exposición a cada tratamiento, facilitando el posterior análisis estadístico e interpretación de los resultados.

Figura 9
Formulaciones experimentales aplicadas a los cultivos



Nota. Materiales utilizados para la preparación de las formulaciones experimentales: hidróxido de calcio en polvo (Dentalflux), clorhexidina al 2 % (Maquira) y lidocaína al 2 % (Panesia). Fotografía del autor, 2026.

Los controles positivos se refieren a una muestra en la que si debe de existir crecimiento bacteriano y los controles negativos a una muestra en la que no debe de haber crecimiento bacteriano. Se presentaron 3 muestras en control negativo, es decir no hubo crecimiento bacteriano, se decidió eliminar 1 muestra más para que los grupos experimentales quedaran equitativos a 18 muestras cada uno.

Esta técnica permitió comparar cuantitativamente la actividad antibacteriana de ambas formulaciones y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.

9.7 Validez y confiabilidad de los instrumentos

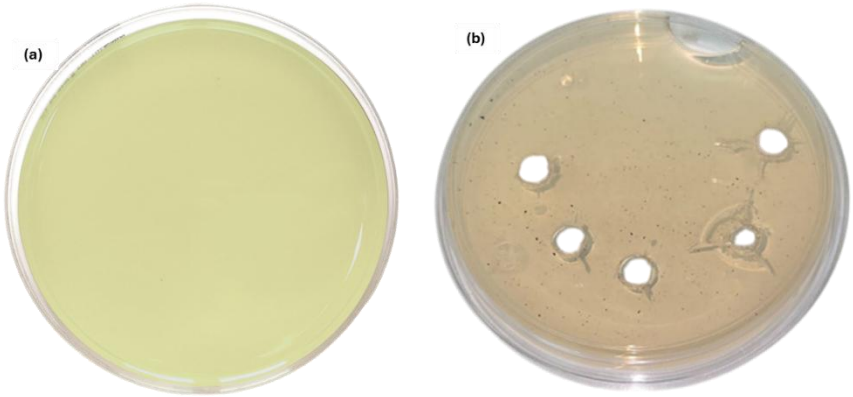
La validez del instrumento para la recolección de datos se garantizó mediante juicio de expertos, quienes revisaron la pertinencia, claridad, coherencia y suficiencia de los ítems o apartados incluidos. Este proceso permitió determinar si el instrumento realmente mide lo que pretende medir en relación con las variables del estudio, especialmente en lo referente a la actividad antibacteriana y al registro de los resultados microbiológicos.

Una vez realizada la revisión, los expertos dejaron constancia por escrito de sus observaciones y de la validación otorgada. Esta documentación respalda la calidad técnica del instrumento y permitió realizar las correcciones necesarias antes de su aplicación definitiva, fortaleciendo así su validez de contenido y su adecuación al objetivo de la investigación.

Por otra parte, la fiabilidad del instrumento se determinó mediante un pilotaje previo en una muestra pequeña similar a la población de estudio, en este caso se utilizaron 4 muestras y se realizó el mismo procedimiento para la obtención de la línea base y recuento de UFC inicial, en cuanto a la colocación de la medicación se utilizó otro medio de cultivo como lo es el Agar Mueller Hinton por ser un medio de cultivo estándar para realizar pruebas de sensibilidad a los antimicrobianos (antibiograma), es un medio sólido que permite el crecimiento de la mayoría de los patógenos, se complementa con la técnica de infusión de discos (método de Kirby - Bauer).

Figura 10

Medio de cultivo agar Mueller-Hinton

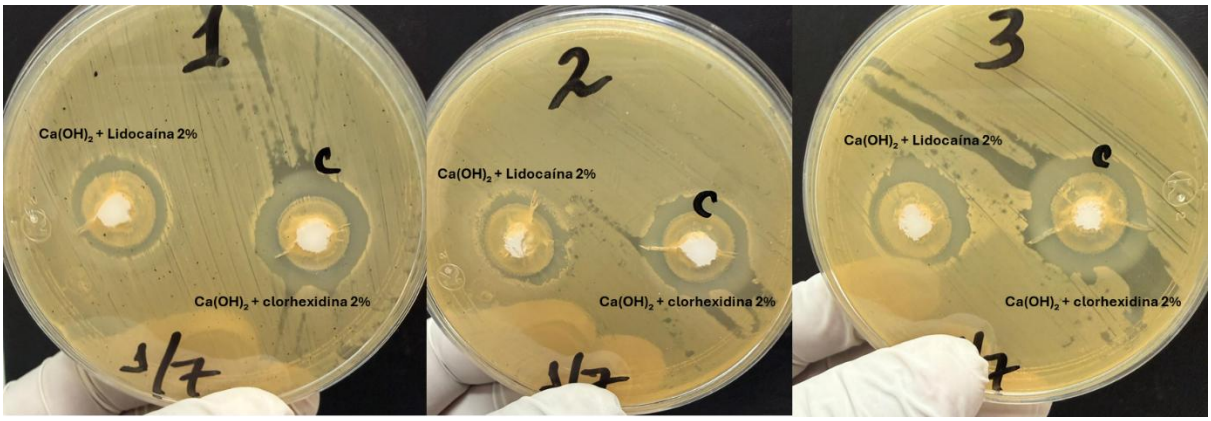


Nota. Agar Mueller-Hinton utilizado en la prueba piloto de sensibilidad antimicrobiana. (a) Imagen tomada de Kairosafe (s. f.); (b) placa utilizada en la prueba piloto, con pocillos destinados a la colocación de las formulaciones experimentales. Fotografía del autor, 2026.

El objetivo de esta prueba piloto fue determinar si las medicaciones producen algún efecto sobre los microrganismos cultivados, lo que permitió verificar la estabilidad, consistencia y aplicabilidad del instrumento en condiciones reales, identificando posibles fallas en su uso, registro o interpretación, para asegurar que la recolección de datos sea homogénea y confiable.

Figura 11

Resultados obtenidos en la prueba piloto



Nota. Resultados obtenidos durante la prueba piloto mediante el método de difusión en agar, comparando los halos de inhibición generados por las formulaciones de hidróxido de calcio + lidocaína al 2 % e hidróxido de calcio + clorhexidina al 2 %. Fotografías del autor, 2026.

Figura 12

Aplicación de las formulaciones experimentales en los cultivos



Nota. Aplicación de las formulaciones experimentales en los cultivos durante la fase de laboratorio. Fotografía del autor, 2026.

9.8 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

Los datos obtenidos durante el estudio fueron registrados en una base de datos diseñada específicamente para la investigación, utilizando códigos alfanuméricos que garantizaron la confidencialidad de las muestras y evitaron la identificación de los participantes. Posteriormente, la información fue sometida a un proceso de revisión, depuración y validación para detectar posibles errores de digitación, inconsistencias o datos faltantes antes de iniciar el análisis estadístico.

La variable principal del estudio fue la actividad antibacteriana, medida mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Los valores obtenidos fueron registrados tanto antes como después de la aplicación de las formulaciones experimentales: hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% e hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2%. Asimismo, se calculó la reducción porcentual de UFC para cada muestra, con el fin de cuantificar la eficacia antibacteriana de ambas formulaciones.

Para el procesamiento y análisis estadístico de los datos se utilizó el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 27.0. Se realizó inicialmente un análisis descriptivo mediante el cálculo de frecuencias, porcentajes, medias, desviaciones estándar y valores mínimos y máximos, según la naturaleza de las variables. Los resultados se presentaron mediante tablas y gráficos para facilitar su descripción e interpretación.

Previo al análisis inferencial, se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados mostraron valores de significancia superiores a 0,05 en ambos grupos, por lo que no se rechazó el supuesto de normalidad y se procedió con la aplicación de pruebas paramétricas.

Para determinar si existieron diferencias entre el recuento inicial de UFC y el recuento posterior a la medicación, se utilizó la prueba t de Student para muestras emparejadas. Para comparar la reducción porcentual de UFC entre las dos formulaciones, se aplicó la prueba t para muestras independientes. La homogeneidad de las varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene y, al no cumplirse este supuesto, se interpretaron los resultados correspondientes a la fila “No se asumen varianzas iguales”.

Se estableció un nivel de significancia estadística de $\alpha = 0,05$ y un intervalo de confianza del 95 %. Se consideraron estadísticamente significativos aquellos resultados con un valor de $p < 0,05$. Este criterio permitió determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la reducción de la carga bacteriana entre las formulaciones evaluadas y establecer cuál presentó mayor actividad antibacteriana *in vitro*.

9.9 Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló bajo principios éticos de respeto, responsabilidad y confidencialidad, considerando que el manejo de la información obtenida se limitó exclusivamente a fines académicos y científicos. Dado que el estudio trabajó con datos y registros derivados de muestras clínicas previamente codificadas, no fue necesario el consentimiento libre e informado individual; sin embargo, se garantizó que toda la información sea utilizada únicamente para los propósitos del estudio.

Para proteger la confidencialidad, los datos recolectados fueron tratados de forma anónima, sustituyendo nombres y cualquier dato identificable por códigos alfanuméricos. Del

mismo modo, las imágenes, registros microbiológicos y resultados de laboratorio fueron resguardados en archivos de acceso restringido, de manera que solo el equipo investigador autorizado pueda consultarlos.

10. Resultados y discusión

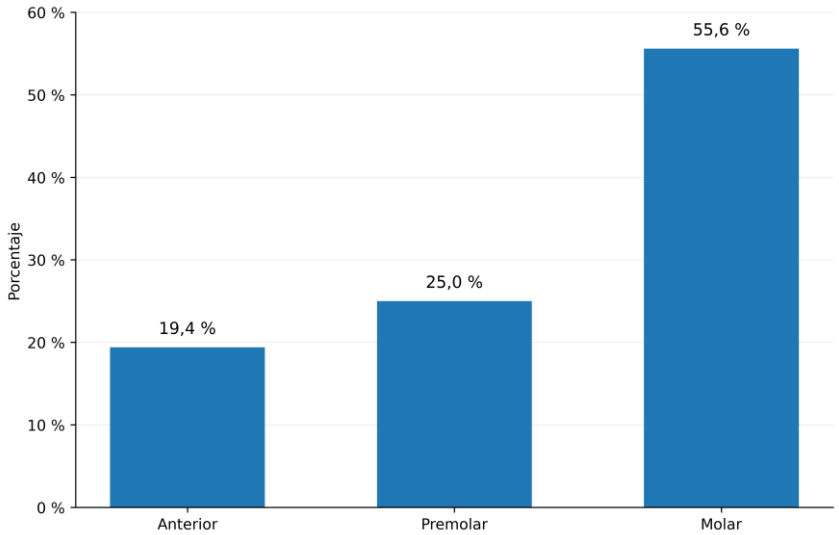
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las 36 muestras intracanal incluidas en el estudio, con el propósito de dar respuesta a los objetivos planteados y comprobar la hipótesis de investigación. Inicialmente, se describe la caracterización de la muestra según las variables clínicas y microbiológicas de interés; posteriormente, se exponen los resultados correspondientes a la carga bacteriana inicial, la carga bacteriana posterior a la aplicación de las formulaciones de hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% e hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2%, así como la comparación de la reducción porcentual de las unidades formadoras de colonias (UFC) entre ambos grupos.

Los hallazgos se presentan mediante tablas y figuras, acompañados de su respectivo análisis estadístico y de una discusión crítica sustentada en la evidencia científica disponible, con el fin de interpretar su relevancia clínica y su aporte al conocimiento en el campo de la Endodoncia.

Caracterización de la muestra

Figura 13

Distribución porcentual de la muestra según el tipo de diente



Nota. Distribución de los dientes con diagnóstico de necrosis pulpar incluidos en la muestra según el tipo de diente. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

En la figura 13, los resultados muestran que los molares representaron el mayor porcentaje de las muestras analizadas (55,6 %), seguidos por los premolares (25,0 %) y los dientes anteriores (19,4 %). Estos hallazgos guardan relación con lo señalado por Rêgo et al. (2024), quienes seleccionaron dientes para evaluar la eficacia antimicrobiana en condiciones experimentales controladas, resaltando que la anatomía radicular constituye un factor importante para la colonización microbiana y la evaluación de la desinfección intracanal. Aunque en dicho estudio se utilizaron dientes temporales, ambos trabajos coinciden en la importancia de emplear piezas dentales que permitan reproducir escenarios clínicos reales para valorar la actividad antibacteriana.

Finalmente, la mayor frecuencia de molares observada en la presente investigación puede atribuirse a que estas piezas presentan una anatomía más compleja y propensa a caries, con múltiples conductos y mayor probabilidad de necrosis pulpar e infección persistente. Este comportamiento es consistente con la literatura revisada en el marco referencial, la cual reconoce a los molares como uno de los principales modelos de estudio para investigaciones sobre desinfección y medicación intracanal (Rêgo et al., 2024).

Tabla 6

Distribución de la muestra según arcada dental

Arcada	n	%
Superior	18	50,0
Inferior	18	50,0

Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

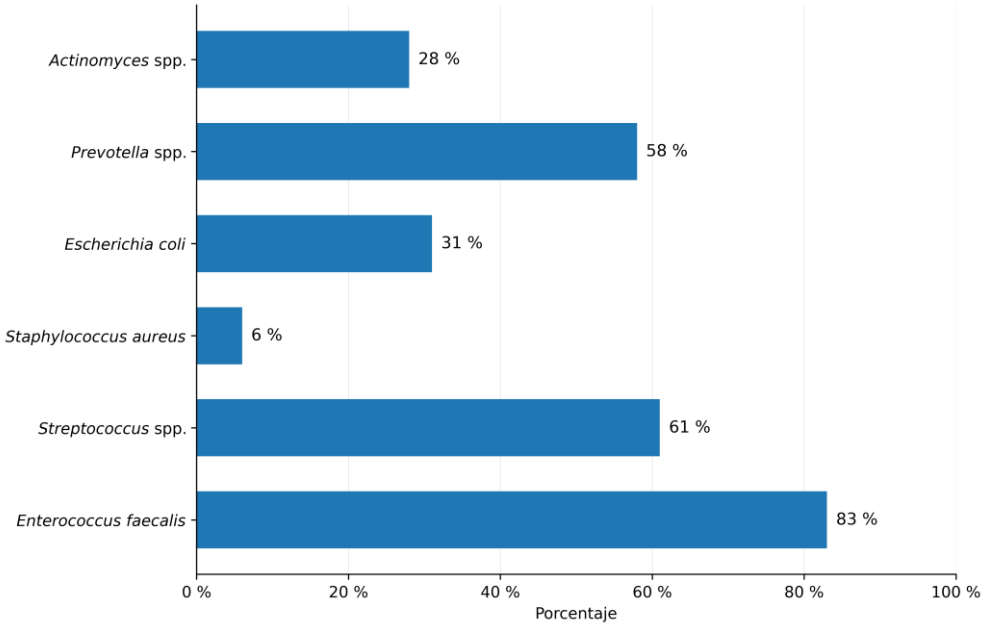
En la tabla 6 se observa que la distribución de las muestras según la arcada fue homogénea, encontrándose un 50,0 % de dientes provenientes de la arcada superior y un 50,0 % de la arcada inferior. Este resultado difiere del estudio de Rêgo et al. (2024) quienes emplearon dientes seleccionados bajo criterios microbiológicos específicos, sin establecer una distribución equitativa entre ambas arcadas, ya que el interés principal fue garantizar la colonización

bacteriana y la estandarización experimental. En contraste, la distribución equilibrada observada en el presente estudio favorece una representación similar de ambas arcadas, disminuyendo el riesgo de sesgo asociado a la localización anatómica de las piezas dentales.

En conjunto, estos resultados indican que la muestra presentó una distribución balanceada entre la arcada superior e inferior, lo que aporta mayor representatividad al análisis comparativo de la actividad antibacteriana. Aunque los estudios revisados no consideran la arcada como un factor determinante de la eficacia antimicrobiana, la selección equilibrada de las muestras fortalece la validez metodológica y la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 14

Frecuencia de microorganismos identificados en cultivos de muestras intracanal



Nota. Los porcentajes representan la frecuencia de identificación microbiológica preliminar de los microorganismos aislados en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con necrosis pulpar. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

La figura 14 muestra los resultados de los cultivos iniciales donde se evidencia que Enterococcus faecalis fue el microorganismo aislado con mayor frecuencia (83 %), seguido de Streptococcus spp. (61 %) y Prevotella spp. (58 %). El predominio de Enterococcus faecalis

observado en este estudio era esperable debido a que esta especie posee mecanismos de adaptación que le permiten sobrevivir en condiciones ambientales adversas, incluyendo la escasez de nutrientes, la elevada alcalinidad y la penetración en los túbulos dentinarios. Además, su capacidad para formar biopelículas maduras incrementa su resistencia frente a la instrumentación mecánica y a los medicamentos intracanal, razón por la cual se considera uno de los principales microorganismos asociados a infecciones endodónticas persistentes y fracasos del tratamiento. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Punathil et al. (2020), quienes identificaron a E. faecalis como una de las especies más resistentes dentro de los conductos radiculares infectados, demostrando además que constituye un modelo microbiológico adecuado para evaluar la eficacia de las medicaciones intracanal.

De igual forma, los resultados son semejantes a los descritos por Al-Sabawi et al. (2020) y Sy et al. (2023), quienes observaron que E. faecalis persistía después de los procedimientos convencionales de desinfección, razón por la cual emplearon esta bacteria como principal microorganismo para valorar la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina. Asimismo, Rêgo et al. (2024) utilizaron E. faecalis y Candida albicans por su reconocida capacidad para colonizar los túbulos dentinarios y resistir las condiciones intracanales.

En el ámbito nacional, estos resultados también guardan semejanza con el estudio de Cano Mayorga y González Cano (2015), quienes reportaron la persistencia de Enterococcus faecalis en conductos radiculares aun después de la colocación de hidróxido de calcio como medicación intracanal. En conjunto, la elevada frecuencia de este microorganismo confirma su importancia clínica en las infecciones endodónticas persistentes y justifica su utilización como indicador microbiológico para evaluar la eficacia de las formulaciones comparadas en la presente investigación.

Objetivo específico 1

Medir la carga bacteriana inicial de los cultivos procedentes de muestras intracanal mediante recuento de UFC antes de la aplicación de los tratamientos.

Tabla 7

Estadísticos descriptivos del recuento inicial de unidades formadoras de colonias (UFC)

Estadístico	Recuento inicial de UFC
n	36
Media	552 381,92
Desviación estándar	233 980,65
Mínimo	212 938
Máximo	911 025

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

En la tabla 7 se muestra el recuento inicial de unidades formadoras de colonias (UFC), el cual presentó una media de 552 381,92 UFC, con valores comprendidos entre 212 938 y 911 025 UFC, lo que evidencia una elevada carga bacteriana en los conductos radiculares de dientes con diagnóstico de necrosis pulpar antes de la aplicación de la medicación intracanal. Este resultado coincide con lo descrito por Rêgo et al. (2024), quienes señalaron que la obtención de un recuento basal elevado y homogéneo constituye un requisito indispensable para valorar objetivamente la eficacia de las diferentes formulaciones antimicrobianas mediante el posterior análisis de la reducción de UFC.

De igual manera, los hallazgos son semejantes a los reportados por Punathil et al. (2020) y Al-Sabawi et al. (2020), quienes emplearon dientes contaminados con Enterococcus faecalis y registraron una carga bacteriana inicial suficiente antes de la aplicación de las medicaciones intracanal. Ambos estudios destacan que un elevado recuento basal permite reproducir las condiciones clínicas de las infecciones persistentes y facilita una comparación confiable de la actividad antibacteriana de las distintas formulaciones.

En el contexto nacional, estos resultados también son consistentes con lo informado por Cano Mayorga y González Cano (2015), quienes evidenciaron una importante presencia de microorganismos en los conductos radiculares antes de la colocación del hidróxido de calcio como medicación intracanal. En conjunto, la elevada carga bacteriana inicial observada en este estudio confirma que las muestras presentaban condiciones microbiológicas adecuadas para

evaluar la eficacia antibacteriana de las formulaciones experimentales mediante la reducción del recuento de UFC.

La desviación estándar de 233 980,65 UFC evidencia una variabilidad considerable en la carga bacteriana inicial entre las muestras analizadas. Este comportamiento era esperado, debido a que la cantidad de microorganismos presentes en dientes con diagnóstico de necrosis pulpar puede variar en función de factores como la anatomía del sistema de conductos radiculares, el tiempo de evolución de la infección y la composición de la microbiota intracanal.

Objetivo específico 2

Cuantificar la carga bacteriana en cultivos tratados con ambas formulaciones mediante recuento de UFC a las 24 horas post exposición.

Tabla 8

Distribución de las muestras según la formulación intracanal asignada

Formulación asignada	n	%
Hidróxido de calcio + clorhexidina 2 %	18	50,0
Hidróxido de calcio + lidocaína 2 %	18	50,0
Total	36	100,0

Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

La tabla 8 muestra que la distribución de las muestras fue equitativa entre las dos formulaciones experimentales, asignándose el 50,0 % al grupo tratado con hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % y el 50,0 % al grupo tratado con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 %. Esta distribución es semejante a la utilizada por Rêgo et al. (2024), quienes organizaron las muestras en grupos experimentales comparables con el propósito de garantizar condiciones homogéneas para evaluar la actividad antimicrobiana de las diferentes medicaciones intracanal.

De igual manera, Punathil et al. (2020) distribuyeron las muestras entre diferentes formulaciones de hidróxido de calcio para comparar objetivamente la reducción de Enterococcus faecalis, mientras que Al-Sabawi et al. (2020) emplearon grupos experimentales independientes

con el fin de minimizar sesgos y asegurar que las diferencias observadas fueran atribuibles al medicamento evaluado y no a la composición inicial de las muestras.

En consecuencia, la asignación balanceada de las 36 muestras entre ambas formulaciones fortalece la validez interna del presente estudio, ya que favorece la comparación directa de la actividad antibacteriana y mantiene condiciones metodológicas similares entre los grupos. Este procedimiento es consistente con las recomendaciones metodológicas descritas en los estudios experimentales revisados en el marco referencial.

Tabla 9

Estadísticos descriptivos del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) posterior a la aplicación de la medicación intracanal.

Estadístico	Recuento posterior de UFC
n	36
Media	76 117,11
Desviación estándar	83 671,77
Mínimo	740
Máximo	297 551

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

Como muestra la tabla 9, el recuento promedio de unidades formadoras de colonias después de la aplicación de la medicación intracanal fue de 76 117,11 UFC, evidenciando una marcada disminución con respecto a la carga bacteriana inicial. Este comportamiento coincide con lo reportado por Al-Sabawi et al. (2020), quienes observaron una reducción significativa de UFC después de la aplicación de hidróxido de calcio combinado con clorhexidina, atribuyendo este efecto a la acción antimicrobiana conjunta del elevado pH del hidróxido de calcio y la sustantividad de la clorhexidina.

De manera similar, Punathil et al. (2020) y Rêgo et al. (2024) documentaron disminuciones importantes del recuento bacteriano tras la aplicación de medicaciones intracanal, demostrando

que la cuantificación de UFC posterior al tratamiento constituye un indicador confiable para valorar la eficacia antimicrobiana de las formulaciones evaluadas. Estos estudios coinciden con los hallazgos de la presente investigación al evidenciar que la medicación intracanal reduce considerablemente la carga microbiana presente en los conductos radiculares infectados.

Asimismo, Cano Mayorga y González Cano (2015) reportaron una reducción significativa de la flora bacteriana después de la colocación de hidróxido de calcio como medicación intraconducto, aunque señalaron la persistencia de algunos microorganismos resistentes. En concordancia con dicho estudio, el presente trabajo demuestra que, si bien la carga bacteriana disminuyó notablemente después del tratamiento, aún se detectó crecimiento bacteriano residual en algunas muestras, situación esperable en infecciones endodónticas complejas.

Tabla 10

Estadísticos descriptivos de la reducción porcentual de UFC

Estadístico	Reducción porcentual de UFC (%)
n	36
Media	86,24
Desviación estándar	14,22
Mínimo	56,70
Máximo	99,90

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

En la tabla 10 se observa que la reducción porcentual promedio de las unidades formadoras de colonias fue de 86,24 %, con valores que oscilaron entre 56,70 % y 99,90 %, lo que demuestra una elevada eficacia global de las medicaciones intracanal para disminuir la carga bacteriana.

Este resultado coincide con lo reportado por Al-Sabawi et al. (2020), quienes evidenciaron que las formulaciones de hidróxido de calcio, especialmente cuando se combinan con

clorhexidina, producen reducciones significativas de microorganismos resistentes como Enterococcus faecalis, superando la eficacia obtenida con otros vehículos.

Asimismo, los hallazgos son semejantes a los descritos por Punathil et al. (2020) y Rêgo et al. (2024), quienes observaron porcentajes elevados de eliminación bacteriana tras la aplicación de medicaciones intracanal, concluyendo que la disminución del recuento de UFC constituye uno de los principales indicadores de la efectividad antimicrobiana. En ambos estudios se resalta que la combinación del hidróxido de calcio con agentes de mayor acción antimicrobiana potencia la capacidad de desinfección de los conductos radiculares.

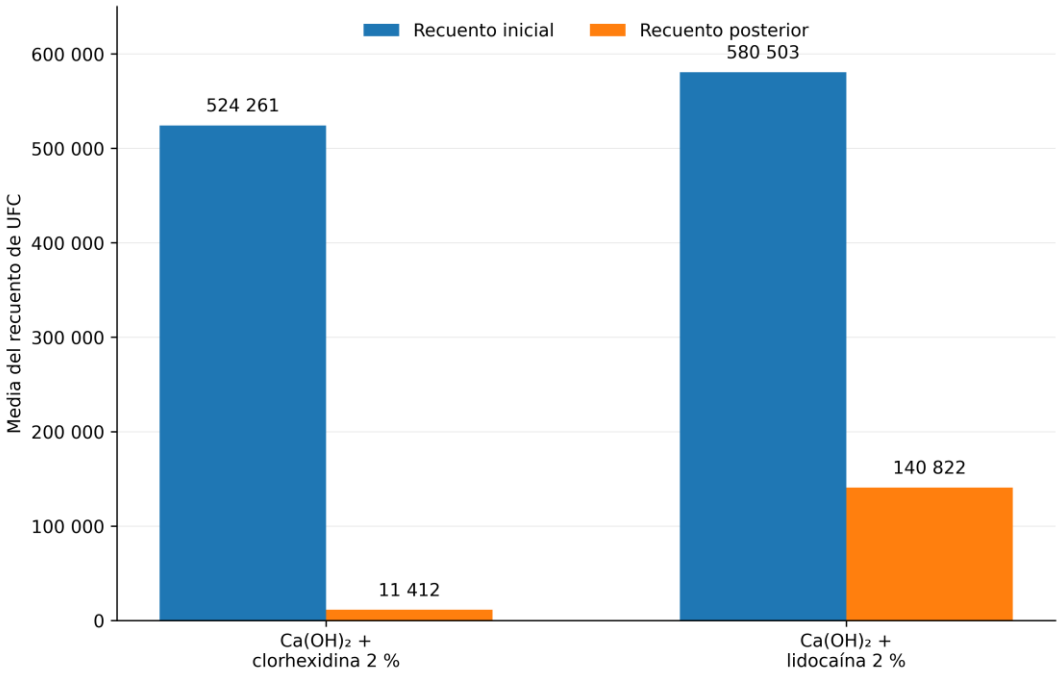
Por otra parte, Cano Mayorga y González Cano (2015) señalaron que, aunque el hidróxido de calcio reduce significativamente la carga bacteriana, algunos microorganismos pueden persistir debido a su capacidad de resistencia y penetración en los túbulos dentinarios. En concordancia con este planteamiento, la variabilidad observada en los porcentajes de reducción de UFC en el presente estudio sugiere que la respuesta antimicrobiana puede estar influenciada por las características microbiológicas de cada muestra, sin dejar de evidenciar una elevada eficacia global de las formulaciones evaluadas.

En la figura 15 se observa la comparación del recuento promedio de UFC antes y después de la medicación evidenciando una reducción bacteriana en ambas formulaciones; sin embargo, el grupo tratado con hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % presentó un menor recuento bacteriano final (11 412 UFC) en comparación con el grupo tratado con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % (140 822 UFC).

Este comportamiento puede explicarse por la sustantividad de la clorhexidina, propiedad que le permite adsorberse a la dentina y liberarse progresivamente, manteniendo su actividad antimicrobiana durante un tiempo prolongado. Además, la clorhexidina altera la permeabilidad de la membrana citoplasmática bacteriana, favoreciendo la muerte celular y potenciando el efecto alcalino del hidróxido de calcio.

Figura 15

Comparación del recuento medio de UFC antes y después de la medicación según la formulación experimental



Nota. Las barras representan las medias del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de las formulaciones experimentales. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

Este hallazgo coincide con lo informado por Al-Sabawi et al. (2020), quienes demostraron que la incorporación de clorhexidina al hidróxido de calcio potencia significativamente la actividad antimicrobiana frente a microorganismos persistentes como Enterococcus faecalis. Desde el punto de vista clínico, estos resultados sugieren que esta combinación podría favorecer una desinfección más efectiva del sistema de conductos radiculares, especialmente en casos de necrosis pulpar e infecciones persistentes.

De manera similar, Punathil et al. (2020) y Rêgo et al. (2024) observaron que las formulaciones de hidróxido de calcio asociadas con agentes de mayor acción antimicrobiana lograron una reducción más marcada del recuento de UFC que aquellas preparadas con otros vehículos. Estos resultados son semejantes a los obtenidos en la presente investigación, donde

ambos tratamientos disminuyeron la carga bacteriana, aunque la combinación con clorhexidina mostró un efecto desinfectante superior.

Asimismo, Cano Mayorga y González Cano (2015) señalaron que el hidróxido de calcio posee actividad antimicrobiana, aunque su eficacia puede incrementarse cuando se combina con sustancias que mejoran su acción frente a microorganismos resistentes. En concordancia con estos planteamientos, los resultados del presente estudio sugieren que la formulación con clorhexidina favorece una mayor reducción del recuento bacteriano respecto a la formulación con lidocaína, respaldando su utilidad como vehículo en la medicación intracanal.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de las formulaciones experimentales

Momento de Evaluación	n	Media	DE
Recuento inicial de UFC	36	552 381,92	233 980,65
Recuento UFC posterior a la medicación	36	76 117,11	83 671,77

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias; DE = desviación estándar.

En la tabla 11 se observan los datos correspondientes a las estadísticas descriptivas las cuales muestran que el recuento inicial de unidades formadoras de colonias presentó una media de 552 381,92 UFC (DE = 233 980,65), mientras que después de la aplicación de la medicación intracanal la media disminuyó a 76 117,11 UFC (DE = 83 671,77), considerando un total de 36 muestras evaluadas en ambos momentos. Esta reducción descriptiva evidencia una disminución considerable de la carga bacteriana tras la intervención.

Asimismo, el menor promedio y la reducción de la dispersión observada en el recuento posterior sugieren un efecto favorable de las medicaciones intracanal sobre la eliminación bacteriana. No obstante, estas diferencias descriptivas deben confirmarse mediante la prueba t de Student para muestras emparejadas.

La siguiente tabla muestra el resultado que corresponde a la prueba t de Student para muestras emparejadas, utilizada para determinar si existían diferencias estadísticamente

significativas entre el recuento inicial y el recuento posterior de unidades formadoras de colonias (UFC) tras la aplicación de la medicación intraconducto.

Para dar respuesta a este planteamiento, se formularon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0):

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el recuento inicial de unidades formadoras de colonias (UFC) y el recuento posterior a la aplicación de la medicación intraconducto.

H0: µdiferencia=0

Hipótesis alternativa (H_1):

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el recuento inicial de unidades formadoras de colonias (UFC) y el recuento de UFC posterior a la aplicación de la medicación intraconducto.

H1: µdiferencia ≠ 0

Tabla 12

Prueba t de Student para muestras emparejadas del recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) antes y después de la aplicación de la medicación intracanal

	Diferencia		IC 95 %				
Comparación	**Media**	**DE**	**Inferior**	**Superior**	***t***	**gl**	***p***
Recuento inicial - Recuento posterior	476 264,81	217 603,51	402 638,37	549 891,24	13,132	35	< 0,001

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias; DE = desviación estándar; IC = intervalo de confianza; gl = grados de libertad y p = valor de probabilidad.

La tabla 12 refleja la prueba t para muestras emparejadas, la cual mostró una diferencia media de 476 264,81 UFC entre el recuento inicial y el recuento posterior a la medicación intraconducto, con un intervalo de confianza del 95 % entre 402 638,37 y 549 891,24 UFC. Asimismo, se obtuvo un valor de t = 13,132, con 35 grados de libertad y una significancia bilateral de p < 0,001.

Dado que el valor de p es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el recuento inicial y el posterior.

Estos hallazgos demuestran que la medicación intraconducto produjo una reducción significativa del recuento bacteriano entre la medición inicial y la posterior al tratamiento.

La comparación entre el recuento inicial y el recuento posterior a la medicación intracanal evidenció una disminución estadísticamente significativa de la carga bacteriana ($p < 0,001$), lo que demuestra la efectividad de las medicaciones empleadas para reducir las unidades formadoras de colonias en los conductos radiculares. La reducción observada refleja la capacidad del hidróxido de calcio para crear un ambiente altamente alcalino, favoreciendo la liberación de iones hidroxilo capaces de alterar proteínas, enzimas y componentes estructurales esenciales de las bacterias. Este mecanismo explica la disminución significativa del número de UFC observada después de la aplicación de la medicación intracanal. Este hallazgo coincide con lo reportado por Punathil et al. (2020), quienes señalaron que el hidróxido de calcio, especialmente cuando se combina con vehículos con actividad antimicrobiana, disminuye de forma significativa la supervivencia de Enterococcus faecalis y otros microorganismos persistentes en infecciones endodónticas.

De igual manera, los resultados son consistentes con los obtenidos por Al-Sabawi et al. (2020) y Rêgo et al. (2024), quienes observaron una reducción significativa de la carga bacteriana después de la colocación de medicaciones intracanal, atribuyendo este efecto a la acción bactericida del elevado pH del hidróxido de calcio y a la capacidad de los vehículos para potenciar su difusión dentro del sistema de conductos radiculares. En la presente investigación, la diferencia promedio de 476 264,81 UFC entre ambas mediciones confirma la eficacia global de las medicaciones utilizadas.

Asimismo, Cano Mayorga y González Cano (2015) sostienen que la finalidad de la medicación intraconducto es disminuir la carga microbiana residual que persiste tras la instrumentación biomecánica, favoreciendo un ambiente adecuado para la reparación de los tejidos periapicales. En concordancia con este planteamiento, los resultados obtenidos respaldan que la aplicación de la medicación intracanal constituye una estrategia eficaz para reducir

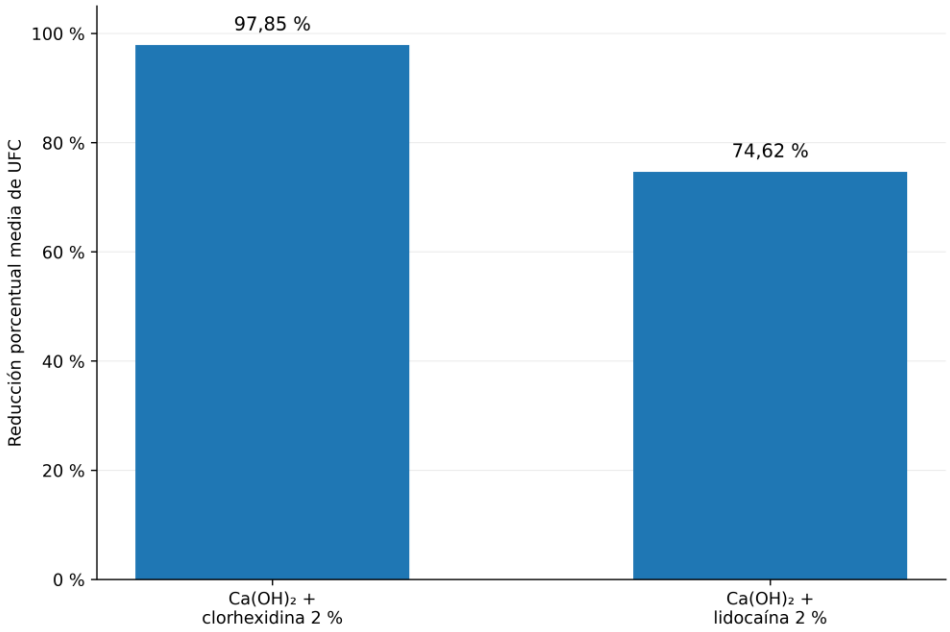
significativamente el número de microorganismos presentes antes de la obturación del sistema de conductos radiculares.

Objetivo específico 3

Comparar la reducción porcentual de UFC entre ambos grupos mediante análisis estadístico inferencial, para la determinación de la existencia de diferencias estadísticamente significativas en eficacia antibacteriana.

Figura 16

Comparación de la reducción porcentual media de UFC según la formulación experimental



Nota. Las barras representan la reducción porcentual media de unidades formadoras de colonias (UFC) según la formulación experimental. Elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

Como se observa en la figura 16, la comparación del porcentaje de reducción de las unidades formadoras de colonias mostró que la formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % alcanzó una reducción promedio de 97,85 %, mientras que la formulación con lidocaína al 2 % obtuvo una reducción de 74,62 %. La superioridad observada en la formulación con clorhexidina puede atribuirse a las propiedades farmacológicas de este antiséptico. A diferencia de otros vehículos, la clorhexidina posee un amplio espectro

antimicrobiano y presenta sustantividad, característica que le permite adsorberse a la dentina y liberarse gradualmente, prolongando su acción antibacteriana. Además, altera la permeabilidad de la membrana citoplasmática bacteriana, favoreciendo la muerte celular y potenciando el efecto alcalino del hidróxido de calcio.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Al-Sabawi et al. (2020), quienes concluyeron que la clorhexidina potencia significativamente la actividad antimicrobiana del hidróxido de calcio, logrando una mayor eliminación de Enterococcus faecalis en comparación con otros vehículos utilizados en la preparación de la medicación intracanal.

De igual forma, Punathil et al. (2020) y Rêgo et al. (2024) señalaron que las formulaciones que incorporan clorhexidina presentan una eficacia antibacteriana superior debido a su efecto residual y a su amplio espectro de acción frente a microorganismos resistentes presentes en los conductos radiculares. Esta evidencia es semejante a los resultados obtenidos en el presente estudio, donde la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina produjo una reducción porcentual considerablemente mayor que la formulación preparada con lidocaína.

Asimismo, Cano Mayorga y González Cano (2015) indicaron que el hidróxido de calcio, aunque efectivo como medicación intracanal, puede incrementar su capacidad antimicrobiana cuando se combina con vehículos que favorecen una mayor acción sobre el microbiota persistente. En este sentido, los hallazgos de la presente investigación respaldan la superioridad de la formulación con clorhexidina al 2 %, evidenciando una mayor reducción porcentual de UFC y reforzando su utilidad clínica como vehículo del hidróxido de calcio en dientes con pulpa no vital.

Con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en la actividad antibacteriana entre el hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2 % y el hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 %, se realizó un análisis estadístico inferencial. En primer lugar, se evaluó el supuesto de normalidad de la variable reducción porcentual de unidades formadoras de colonias (UFC) mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, al verificarse una distribución normal de los datos ($p > 0,05$), se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes para comparar el porcentaje de reducción bacteriana entre ambas

formulaciones, considerando un nivel de significancia de α = 0,05 y un intervalo de confianza del 95 %.

Previo a la comparación de la reducción porcentual de UFC entre las formulaciones experimentales, se evaluó el supuesto de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba permitió determinar si la distribución de la reducción porcentual de UFC en cada grupo era compatible con una distribución normal y, con base en ello, seleccionar la prueba estadística apropiada para la comparación entre los grupos. Para este análisis se estableció un nivel de significancia de α = 0,05 y se formularon las siguientes hipótesis:

Hipótesis de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

Hipótesis nula (H_0): La variable *reducción porcentual de UFC* presenta una distribución normal en cada grupo de tratamiento.

Hipótesis alternativa (H_1): La variable *reducción porcentual de UFC* no presenta una distribución normal en al menos uno de los grupos de tratamiento.

Tabla 13

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la reducción porcentual de UFC según la formulación experimental

Formulación asignada	Estadístico	gl	*p*
Hidróxido de calcio + clorhexidina 2 %	0,946	18	0,369
Hidróxido de calcio + Lidocaína 2 %	0,898	18	0,052

Nota. Se consideró un nivel de significancia de α = 0,05.

En la tabla 13 se observa que la prueba de Shapiro-Wilk mostró un valor de significancia de 0,369 para el grupo tratado con hidróxido de calcio + clorhexidina al 2 % y de 0,052 para el grupo tratado con hidróxido de calcio + lidocaína al 2 %. En ambos casos los valores fueron

superiores al nivel de significancia establecido (α = 0,05); por tanto, no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que la variable reducción porcentual de UFC se consideró compatible con una distribución normal en ambos grupos.

En consecuencia, al cumplirse el supuesto de normalidad, fue procedente utilizar una prueba t de Student para muestras independientes para comparar el porcentaje de reducción bacteriana entre las dos formulaciones. Asimismo, dado que cada grupo estuvo conformado por 18 muestras, la prueba de Shapiro-Wilk fue la más apropiada para evaluar la normalidad, ya que se recomienda para tamaños muestrales inferiores a 50 observaciones.

Tabla 14

Estadísticos descriptivos de la reducción porcentual de UFC según la formulación experimental

Formulación asignada	n	Media (%)	DE
Hidróxido de calcio + clorhexidina 2 %	18	97,85	1,42
Hidróxido de calcio + lidocaína 2 %	18	74,62	11,35

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias; DE = desviación estándar.

En la tabla 14 se observa que la formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % alcanzó una reducción bacteriana promedio de 97,85 %, superior a la obtenida con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 % (74,62 %). Estos resultados son semejantes a los reportados por Al-Sabawi et al. (2020), quienes demostraron que la incorporación de clorhexidina como vehículo del hidróxido de calcio incrementa significativamente su actividad antimicrobiana frente a Enterococcus faecalis, favoreciendo una mayor eliminación bacteriana que otras formulaciones.

De igual manera, Punathil et al. (2020) y Rêgo et al. (2024) concluyeron que las formulaciones que contienen clorhexidina presentan una mayor eficacia antibacteriana debido a la acción combinada del elevado pH del hidróxido de calcio y la sustantividad de la clorhexidina, lo que permite una reducción más uniforme de la carga microbiana. Esta evidencia coincide con el presente estudio, donde el grupo tratado con clorhexidina mostró una menor dispersión de

los datos (DE = 1,42), reflejando una respuesta antimicrobiana más homogénea que la observada en el grupo tratado con lidocaína (DE = 11,35). La menor desviación estándar observada en el grupo tratado con clorhexidina indica una menor variabilidad en la respuesta antimicrobiana entre las muestras analizadas, lo que sugiere un comportamiento experimental más homogéneo de esta formulación.

Asimismo, Cano Mayorga y González Cano (2015) señalaron que el hidróxido de calcio posee actividad antimicrobiana, aunque su eficacia depende en gran medida del vehículo utilizado para facilitar la difusión de los iones hidroxilo y potenciar su acción sobre microorganismos resistentes. En concordancia con estos planteamientos, los resultados de la presente investigación respaldan la superioridad de la formulación con clorhexidina al 2 %, al presentar un mayor porcentaje promedio de reducción bacteriana y una respuesta más consistente entre las muestras evaluadas.

Una vez comprobado el supuesto de normalidad de la reducción porcentual de UFC en ambos grupos, se procedió a comparar las medias obtenidas entre las dos formulaciones experimentales mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Este análisis permitió determinar si la diferencia observada en la reducción porcentual de UFC entre las formulaciones era estadísticamente significativa. Para ello, se formularon las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula (H_o):

No existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de reducción de las unidades formadoras de colonias (UFC) entre la formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % y la formulación de hidróxido de calcio combinada con lidocaína al 2 %.

H0: µHC+CHX=µHC+Lidocaina

Hipótesis alternativa (H_1):

Existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de reducción de las unidades formadoras de colonias (UFC) entre la formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % y la formulación de hidróxido de calcio combinada con lidocaína al 2 %.

H1: µHC+CHX≠µHC+Lidocaina

Tabla 15

Comparación de la reducción porcentual de UFC entre las formulaciones experimentales mediante la prueba t de Student para muestras independientes

	Prueba de Levene		**Prueba *t* para la igualdad de medias**					
Supuestos de varianzas	*F*	*p*	*t*	gl	*p*	Diferencia de medias	IC 95 % Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	6,712	< 0,001	8,613	34	< 0,001	23,23	17,75	28,71
No se asumen varianzas iguales			8,613	17,529	< 0,001	23,23	17,55	28,90

Nota. UFC = unidades formadoras de colonias; IC = intervalo de confianza. La prueba de Levene indicó incumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas (F = 6,712; p < 0,001); por tanto, se interpretaron los resultados correspondientes a "No se asumen varianzas iguales".

Decisión estadística

Antes de interpretar la prueba t se revisó la prueba de Levene para igualdad de varianzas, obteniéndose un valor de significancia de p < 0,001, por lo que se rechazó la hipótesis de igualdad de varianzas y se interpretó la fila No se asumen varianzas iguales.

Para la prueba de Levene de igualdad de varianzas, las hipótesis se plantean de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H_0):

Las varianzas de la reducción porcentual de las unidades formadoras de colonias (UFC) son iguales entre el grupo tratado con hidróxido de calcio + clorhexidina al 2 % y el grupo tratado con hidróxido de calcio + lidocaína al 2 %.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las varianzas de la reducción porcentual de las unidades formadoras de colonias (UFC) son diferentes entre el grupo tratado con hidróxido de calcio + clorhexidina al 2 % y el grupo tratado con hidróxido de calcio + lidocaína al 2 %.

Decisión con base en los resultados

En la tabla 15 se observan los resultados de la prueba de Levene que obtuvo un valor de $F = 6,712$ y una significancia de $p < 0,001$. Debido a que $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyéndose que las varianzas de ambos grupos no son homogéneas. Por esta razón, para interpretar la prueba t de Student se deben utilizar los resultados de la fila "No se asumen varianzas iguales", que corrige el análisis cuando no se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Posteriormente, la prueba t para muestras independientes mostró un valor de $t = 8,613$, con $gl = 17,529$ y una significancia bilateral de $p < 0,001$. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_o) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de reducción de las unidades formadoras de colonias entre ambas formulaciones.

La formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % presentó una reducción porcentual de UFC significativamente mayor que la formulación de hidróxido de calcio combinada con lidocaína al 2 %, con una diferencia promedio de 23,23 puntos porcentuales (IC95 %: 17,55–28,90; $p < 0,001$), evidenciando una mayor actividad antibacteriana de la formulación con clorhexidina.

Los resultados obtenidos demuestran que el vehículo utilizado para preparar el hidróxido de calcio no actúa únicamente como un medio de transporte de la medicación intracanal, sino que influye directamente en su comportamiento antimicrobiano. En este estudio, la utilización de clorhexidina al 2 % como vehículo produjo una reducción bacteriana significativamente superior a la obtenida con lidocaína al 2 %, lo que evidencia que la selección del vehículo constituye un factor determinante en la eficacia de la medicación intracanal.

11. Conclusiones

La carga bacteriana inicial de las 36 muestras presentó una media de **552 381,92 UFC**, evidenciando la presencia de una carga microbiana cuantificable antes de la aplicación de las formulaciones experimentales. Este recuento permitió establecer la línea base microbiológica necesaria para determinar posteriormente la magnitud de la reducción bacteriana.

A las 24 horas posteriores a la aplicación de las formulaciones experimentales, el recuento bacteriano disminuyó a una media de **76 117,11 UFC**, alcanzándose una reducción porcentual global media de **86,24 %**. La comparación entre el recuento inicial y posterior mostró una disminución estadísticamente significativa (**p < 0,001**), evidenciando actividad antibacteriana de las formulaciones evaluadas.

La formulación de hidróxido de calcio combinada con clorhexidina al 2 % alcanzó una reducción porcentual media de **97,85 %**, superior al **74,62 %** obtenido con hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2 %. Esta diferencia de **23,23 puntos porcentuales** fue estadísticamente significativa (**p < 0,001**), por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que, bajo las condiciones experimentales del estudio, la formulación con clorhexidina presentó mayor actividad antibacteriana.

En las condiciones experimentales de esta investigación, ambas formulaciones redujeron significativamente la carga bacteriana; sin embargo, la combinación de hidróxido de calcio con clorhexidina al 2 % presentó una mayor reducción de UFC que la combinación con lidocaína al 2 %. Estos resultados respaldan una mayor actividad antibacteriana in vitro de la formulación con clorhexidina frente a la formulación con lidocaína.

12. Recomendaciones

Se recomienda a los especialistas y estudiantes de Endodoncia considerar los resultados obtenidos con la combinación de hidróxido de calcio y clorhexidina al 2 % como evidencia experimental sobre su actividad antibacteriana, teniendo en cuenta que los hallazgos proceden de un estudio in vitro y requieren ser complementados con evidencia clínica antes de establecer recomendaciones terapéuticas definitivas.

Se recomienda a la Clínica de Especialidad de Endodoncia de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo utilizar los resultados de esta investigación como evidencia científica de apoyo en las actividades académicas y en la discusión de los protocolos de medicación intracanal, promoviendo la toma de decisiones basada en evidencia.

Se recomienda desarrollar investigaciones con mayor tamaño muestral y diferentes tiempos de evaluación, que permitan determinar la persistencia del efecto antimicrobiano de las formulaciones. Asimismo, se sugiere evaluar su actividad frente a otros microorganismos asociados a las infecciones endodónticas, incluyendo bacterias y hongos como *Candida albicans*, con el propósito de establecer su comportamiento frente a una mayor diversidad microbiana.

Se recomienda realizar ensayos clínicos aleatorizados que permitan determinar si la mayor actividad antibacteriana observada in vitro con la combinación de hidróxido de calcio y clorhexidina al 2 % se reproduce en condiciones clínicas y se relaciona con resultados como la reducción de la infección intracanal, la reparación periapical y el éxito del tratamiento endodóntico.

Finalmente, se recomienda continuar evaluando nuevas combinaciones de hidróxido de calcio con diferentes vehículos o agentes antimicrobianos, incorporando métodos microbiológicos y moleculares que permitan identificar con mayor precisión los microorganismos persistentes y valorar su respuesta a las diferentes formulaciones de medicación intracanal.

13. Referencias

Adl, A., Shojaee, N. S., & Motamedifar, M. (2012). A comparison between the antimicrobial effects of triple antibiotic paste and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis*. *Iranian Endodontic Journal, 7*(3), 149–155.

Al-Sabawi, N. A., Mohammad, F. A., & Shehab, N. F. (2020). Residual antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine gel as an intracanal medicament. *Indian Journal of Dental Research, 31*(6), 846–851. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_359_19

American Association of Endodontists. (2020). Glossary of endodontic terms (10th ed.). American Association of Endodontists. https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/

Arslan, H., Doğanay Yıldız, E., Topçuoğlu, H. S., Tepecik, E., & Taş, G. (2021). Effect of calcium hydroxide mixed with lidocaine hydrochloride on postoperative pain in teeth with irreversible pulpitis and symptomatic apical periodontitis: A preliminary randomized controlled prospective clinical trial. Clinical Oral Investigations, 25(1), 203–210. https://doi.org/10.1007/s00784-020-03354-w

Barzuna, M., & Pabón, E. (2020). Tratamiento no quirúrgico de lesión periapical de gran tamaño: Reporte de caso. Odontología Vital, 32, 29-38. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/OdontoVital

Basrani, B., Tjäderhane, L., Santos, J. M., Pascon, E., Grad, H., Lawrence, H. P., & Friedman, S. (2003). Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 96*(5), 618–624. https://doi.org/10.1016/S1079-2104(03)00166-5

Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2021). *Cohen's pathways of the pulp* (12th ed.). Elsevier.

Canalda, C., & Brau, E. (2019). Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas (4.ª ed.). Elsevier Masson

Cano Mayorga, M. J., & González Cano, A. M. (2015). Presencia de microorganismos antes y después de la colocación de hidróxido de calcio en conductos unirradiculares en los pacientes atendidos en las clínicas multidisciplinarias de la UNAN-Managua durante el segundo semestre del año 2014 [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2780/

García Aburto, S. J., Rodríguez Serrano, F. M., & Vásquez Munguía, R. A. (2021). *Conocimiento básico sobre biomateriales dentales de los estudiantes de la carrera de Odontología, UNAN-Managua, período junio-octubre 2020* [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UNAN-Managua.

Ghabraei, S., Bolhari, B., & Marvi Sabbagh, M. (2018). Comparison of antimicrobial effects of triple antibiotic paste and calcium hydroxide mixed with 2% chlorhexidine as intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of Dentistry (Tehran), 15*(3), 151–160.

Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2003). Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against Enterococcus faecalis in bovine root dentine in vitro. International Endodontic Journal, 36(4), 267–275. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00634.x

Gomes, B. P. F. A., Vianna, M. E., Sena, N. T., Zaia, A. A., Ferraz, C. C. R., & de Souza-Filho, F. J. (2006). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of calcium hydroxide combined with chlorhexidine gel used as an intracanal medicament. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 102(4), 544–550. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.04.010

Grupo Unidix. (2015). *Agar sangre de cordero* [Ficha técnica]. Clinimark. https://www.clinimark.es/resources/productos/01140503.pdf?utm_source=chatgpt.com

Haapasalo, M., & Ørstavik, D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. Journal of Dental Research, 66(8), 1375–1379. https://doi.org/10.1177/00220345870660081801

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (1.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Kairosafe. (s. f.). *Mueller Hinton Agar (90 mm).* Recuperado el 17 de agosto de 2026, de [página del producto]. https://www.kairosafe.it/en/culture-media-in-plates-bottles-tubes/2498-mueller-hinton-agar-90-mm.html?utm_source=chatgpt.com

Martínez Guzhñay, A. C., & Guerrero Coello, M. E. (2021). Efectividad del gel de clorhexidina y pasta de hidróxido de calcio con clorhexidina como medicamento intraconducto en la eliminación del Enterococcus faecalis. Odontología Sanmarquina, 24(4), 357–364. http://dx.doi.org/10.15381/os.v24i4.21311

Mendoza-Avilés, D. E. (2025). *Evaluación del efecto antimicrobiano del hidróxido de calcio/hōjicha como potencial medicamento intraconducto: Estudio in vitro* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Mohammadi, Z. (2012). Antimicrobial activity of calcium hydroxide in endodontics: A review. Chonnam Medical Journal, 48(2), 133–140. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3539092/

Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International Endodontic Journal, 44*(8), 697–730. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x

Pawar, O. P., Kulkarni, A., Mishra, A., Varshney, A., & Awasthi, M. (2025). Antimicrobial activity and physicochemical properties of calcium hydroxide pastes used as intracanal medication. *European Journal of Cardiovascular Medicine, 15*(6), 425–427. https://doi.org/10.5083/ejcm/25-06-77

Punathil, S., Moyin, S., Bhat, S. S., Hedge, S., Pai, A., & James, J. (2020). Comparison of antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine and povidone-iodine against *Enterococcus faecalis* in dentinal tubules of human incisors: An in vitro comparative study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences, 12*(Suppl. 1), S448–S452. https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_134_20

Rêgo, E. F., Rosário, Y. M. R. V., Gleiser, R., Ferreira-Pereira, A., Portela, M. B., & Primo, L. G. (2024). Efficacy of in vitro antimicrobial intracanal medicaments against Candida albicans and Enterococcus faecalis in primary teeth. Brazilian Oral Research, 38, e133. https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0133

Sedgley, C. M., Nagel, A., Dahlen, G., Reit, C., & Molander, A. (2006). Real-time quantitative polymerase chain reaction and culture analyses of Enterococcus faecalis in root canals. Journal of Endodontics, 32(3), 173–177. https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.037

Siqueira, J. F., Jr., & Rôças, I. N. (2009). Diversity of endodontic microbiota revisited. Journal of Dental Research, 88(11), 969–981. https://doi.org/10.1177/0022034509346549

Siqueira, J. F., Jr., & Rôças, I. N. (2014). Present status and future directions in endodontic microbiology. *Endodontic Topics, 30*(1), 3–22.

Sjögren, U., Figdor, D., Spångberg, L., & Sundqvist, G. (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. International Endodontic Journal, 24(3), 119–125. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00117.x

Sjögren, U., Figdor, D., Persson, S., & Sundqvist, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal, 30*(5), 297–306. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00092.x

Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S., & Sjögren, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 85*(1), 86–93. https://doi.org/10.1016/S1079-2104(98)90404-8

Sy, K., Chevalier, C., Maton, M., Mokbel, I., Mahieux, S., Houcke, I., Neut, C., Grosgogeat, B., Deveaux, E., Gritsch, K., & Agossa, K. (2023). Therapeutic potential of chlorhexidine-loaded calcium hydroxide-based intracanal medications in endo-periodontal lesions: An ex vivo and in vitro study. *Antibiotics, 12*(9), 1416. https://doi.org/10.3390/antibiotics12091416

Velozo, C., Lemos, C. A. A., Albuquerque, D. S., Vasconcelos, B. C. E., Moraes, S. L. D., & Pellizzer, E. P. (2021). Antibacterial effectiveness of drug combinations with calcium hydroxide in apical periodontitis: A systematic review. *Research, Society and Development, 10*(4), e55810414593. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14593

14. Apéndices / Anexos

14.1 Apéndices

APÉNDICE A

Carta Aval del instrumento de recolección de datos

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Managua, Nicaragua 10 febrero 2026

Por medio de la presente y en calidad de tutor científico, hago constar que he revisado el instrumento de recolección de datos elaborado para la investigación titulada:

"Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026"

El instrumento, presentado en forma de ficha técnica de recolección de datos microbiológicos, fue evaluado en cuanto a su claridad, pertinencia, coherencia, suficiencia y correspondencia con las variables, dimensiones e indicadores establecidos en el protocolo de investigación. Asimismo, se verificó que los apartados incluidos permiten registrar de manera sistemática la información clínica y microbiológica necesaria para la medición de la actividad antibacteriana de las formulaciones evaluadas mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC).

Con base en la revisión realizada, considero que el instrumento posee validez de contenido y reúne las condiciones metodológicas necesarias para la obtención de información confiable, pertinente y suficiente para dar respuesta a los objetivos de la investigación.

En consecuencia, avalo su utilización para la ejecución del estudio y la recolección definitiva de los datos, recomendando su aplicación conforme al protocolo metodológico aprobado y en estricto cumplimiento de las normas éticas y científicas establecidas por la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo.

Atentamente:

Dra. Janilda Torrez Torres
Especialista en Endodoncia
Jtorrez9@unica.edu.ni
Tutor Científico

APÉNDICE B

Carta solicitud de espacios de clínicas 5

UNICA

Managua, Nicaragua. 2 de junio de 2026

Dr. Michael Abarca
Coordinador de clínicas y laboratorios
Facultad de Odontología - UNICA

Estimado Dr. Abarca:

Mi nombre es **Alex Arnoldo Larios Neira**, residente de la Especialidad de Endodoncia y Microcirugía IV edición, con número de carné: **1004115.**

El motivo de la presente es para solicitar los espacios de clínica 5 (clínicas de especialidades) para llevar a cabo la recolección de datos de mi tesis que lleva por nombre: **"Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026".** Cuyo objetivo es determinar cuál de las medicaciones mencionadas presenta mayor efectividad en la reducción de carga bacteriana en cultivos realizados a partir de muestras tomadas de conductos de dientes con diagnostico necrótico o no vital.

El procedimiento estará supervisado por los docentes de la especialidad presentes en cada turno los jueves y viernes entre los meses de mayo a julio, con el compromiso de cumplir con todas las normativas clínicas establecidas por la Universidad.

Sin más a que referirme y agradeciendo de antemano su apoyo y comprensión:

Dr. Alex Larios N.
Residente Especialidad de Endodoncia Y microcirugía IV

Aprobado
05/06/2026
9:00 am

APÉNDICE C

Ficha técnica de recolección de datos

Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026

I. Información general de la muestra

Código de muestra	
Fecha de recolección	
Hora de recolección	

II. Características clínicas de la muestra

Tipo de diente	Anterior	Premolar	Molar
Arcada	Superior	Inferior	
Raíz Muestreada	☐ Única ☐ Distal ☐ Palatina		
Antibióticos (últimos 30 días)	Si	No	

III. Recolección

Aislamiento Absoluto	Si	No
Irrigación previa	Si	No

Medio de transporte Utilizado	Caldo BHI

IV. Línea base microbiológica (antes de tratamiento)

Tiempo entre toma y siembra	
Medios de cultivo empleado para aislamiento y recuento	**Agar MacConkey + Agar sangre de carnero**
Recuento de UFC (UFC/mL)	

V. Tratamiento experimental aplicado

Formulación asignada	Hidróxido de calcio + lidocaína 2%	Hidroxido de calcio + clorhexidina 2%
Condiciones de incubación (temp °C, aerobio/anaerobio)		

VI. Recuentos post-tratamiento (24 h)

Muestra	Hidróxido de calcio + lidocaína 2%	Hidroxido de calcio + clorhexidina 2%
Recuento UFC 24 h (UFC/mL) - bruto		

VII. Cálculos y control de calidad

Reducción absoluta UFC 24 h (UFC/mL)		
Reducción porcentual 24 h (%)		
Controles negativos (no crecimiento)		
Controles positivos (crecimiento)		
Muestra válida	☐ Si	☐ No

VIII. Identificación microbiológica

Identificación preliminar	

Observaciones:

_____

_____

14.2 Anexos

ANEXO A

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

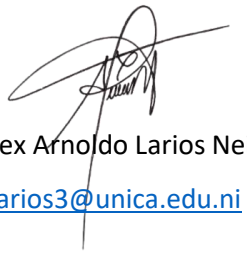
Yo, Alex Arnoldo Larios Neira con cédula de identidad 001 – 120184 – 0017M, egresado del programa académico de posgrado de Especialidad en Endodoncia y Microcirugía declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, me hago responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizo a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de nuestro trabajo de investigación, bajo el título *Comparación in vitro de la actividad antibacteriana del hidróxido de calcio combinado con clorhexidina al 2% frente al hidróxido de calcio combinado con lidocaína al 2% en cultivos derivados de muestras intracanal de dientes con pulpa no vital, recolectadas en las Clínicas de Especialidad de Endodoncia de la UNICA (Managua), 2026*, en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hago desde mi libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los 08 días del mes agosto de 2026.

Atentamente,



Alex Arnoldo Larios Neira
alarios3@unica.edu.ni