



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA



Universidad
Andina
del Cusco



EFFECTIVIDAD ANTIBACTERIANA IN VITRO DEL HIPOCLORITO
DE SODIO 5%; CLORHEXIDINA 5% Y AGUA OZONIZADA;
FRENTE AL ENTEROCOCCUS FAECALIS, CUSCO-2021

Tesis presentado por los Bachilleres:

Mosqueira Mamani, Almendra Rafaela
Escobar Góngora, Jackeline Dianee

Para optar al Título Profesional de:

Cirujano Dentista

Asesor: Dr. CD. Cesar Enrique Herrera

Menéndez

Cusco-Perú

2021



DEDICATORIA

A mis progenitores Adolfo Escobar Córdova y Lourdes Góngora Amaut, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mi hijo Renzo Mathias Holgado Escobar a quien amo y es mi mayor motivación para llegar a mis metas y objetivos que me he trazado en la vida.

Jackeline Dianee Escobar Gongora

A mis padres Eulogio y Carmela, a quienes amo y respeto; quienes siempre están conmigo en cada paso que doy en la vida, apoyándome incondicionalmente. Gracias a ellos soy una persona de bien y un orgullo para mi familia que a pesar de los obstáculos en la vida, pude cumplir mis metas y objetivos anhelados.

Almendra Rafaela Mosqueira Mamani



AGRADECIMIENTO

Al doctor Cesar Enrique Herrera Menéndez, por brindarnos su apoyo y orientación y sabiduría en nuestra investigación, quien nos dio seguridad para poder concluir este proyecto.

Al Blgo. Estanislao Canahuire Condori, por su asesoría, su paciencia y su entrega incondicional durante el avance y desarrollo de nuestro trabajo en campo.

A los trabajadores del Laboratorio Clínico Especializado Biosalud quienes nos brindaron su apoyo y nos brindaron facilidad para realizar nuestra investigación.

A nuestros dictaminantes el Dr. Jorge Luis Quispe Chauca y el Dr. Jesús Alejandro Arenas Fernández Dávila, por sus enseñanzas y sus consejos a la hora de la ejecución del presente trabajo de investigación.

Sobretudo a Dios por habernos guiado en nuestro camino y permitirnos culminar nuestra investigación.



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 5% y del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021. La población estuvo constituida por 42 placas Petri, las cuales estuvieron divididas 9 placas Petri para cada solución irrigadora y 6 placas Petri para el grupo control. Se colocaron soluciones irrigadoras de NaClO al 5%, Clorhexidina al 5% y agua ozonizada, donde se pusieron 4 discos en cada placa Petri. La investigación fue de tipo cuasi-experimental in vitro, prospectivo y de corte longitudinal porque se hicieron tres mediciones en diferente tiempo (24; 48 y 72 horas). Los resultados en mm del diámetro del halo de inhibición de los irrigantes NaClO al 5%, de la Clorhexidina al 5% y del agua ozonizada resultaron: 29.53 mm a las 24 horas, 29.89 mm a las 48 horas y 30.72 mm a las 72 horas; respecto a la escala de Duraffourd el efecto antibacteriano fue altamente sensible (+++) para el NaClO al 5%, 22.94 mm a las 24 horas, 23.69 mm a las 48 horas y 19.67 mm a las 72 horas para la Clorhexidina al 5%, mostrando un efecto antibacteriano altamente sensible (+++) en las 24 y 48 horas, y un efecto muy sensible (++) para las 72 horas según la escala de Duraffourd, y para el agua ozonizada, halos de inhibición de 9.31 mm a las 24 horas, 9.67 mm a las 48 horas y 10 mm a las 72 horas, mostrando resultados nulos (-) y sensibles (+) en todos los rangos de tiempo. Se concluye que el NaClO al 5% y la Clorhexidina al 5% mostraron mayor efectividad antibacteriana contra el *E. faecalis* mientras que el agua ozonizada tuvo menor efectividad antimicrobiana.

Palabras claves: Efectividad antibacteriana, Hipoclorito de sodio, Clorhexidina, Agua ozonizada, *Enterococcus faecalis*.



ABSTRACT

The general objective of the present investigation was to evaluate the in vitro antibacterial effect of 5% sodium hypochlorite, 5% chlorhexidine and ozonized water against *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021. The population consisted of 42 Petri dishes, which were divided 9 Petri dishes for each irrigating solution and 6 Petri dishes for the control group. Irrigating solutions of 5% NaClO, 5% Chlorhexidine and ozonated water were placed, where 4 discs were placed in each Petri dish. The research was quasi-experimental in vitro, prospective, and longitudinal because three measurements were made at different times (24, 48 and 72 hours). The results in mm of the diameter of the inhibition halo of the irrigants NaClO 5%, Chlorhexidine 5% and ozonated water were: 29.53 mm at 24 hours, 29.89 mm at 48 hours and 30.72 mm at 72 hours ; Regarding the Duraffourd scale, the antibacterial effect was highly sensitive (+++) for 5% NaClO, 22.94 mm at 24 hours, 23.69 mm at 48 hours and 19.67 mm at 72 hours for 5% Chlorhexidine , showing a highly sensitive antibacterial effect (+++) in 24 and 48 hours, and a very sensitive effect (++) for 72 hours according to the Duraffourd scale, and for ozonated water, inhibition halos of 9.31 mm at 24 hours, 9.67 mm at 48 hours and 10 mm at 72 hours, showing null (-) and sensitive (+) results in all time ranges. It is concluded that 5% NaClO and 5% Chlorhexidine showed greater antibacterial effectiveness against *E. faecalis* while ozonated water had less antimicrobial effectiveness.

Keywords: Antibacterial effectiveness, Sodium hypochlorite, Chlorhexidine, Ozonated water, *Enterococcus faecalis*.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTADO DE ABREVIATURAS	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación de Problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación	4
1.3.1. Conveniencia	5
1.3.2. Relevancia social	5
1.3.3. Implicancias prácticas	5
1.3.4. Valor teórico	5
1.3.5. Utilidad metodológica	6
1.4. Objetivos de Investigación	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Delimitación del Estudio	7
1.5.1. Delimitación espacial	7



1.5.2.	Delimitación temporal	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		8
2.1.	Antecedentes de Investigación	8
2.1.1.	Antecedentes internacionales	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales	11
2.2.	Bases Teóricas	16
2.2.1.	Infección de los conductos radiculares	16
2.2.2.	Anatomía de la infección	18
2.2.3.	Infecciones endodónticas primarias	19
2.2.4.	Infecciones endodónticas persistentes o secundarias	19
2.2.5.	Fracasos endodónticos	19
2.2.6.	Infecciones extrarradiculares	20
2.2.7.	Bacterias que persisten en los procedimientos de desinfección intracanal y después del tratamiento del conducto radicular	21
2.2.8.	Dimensiones de la variable dependiente efecto antimicrobiano en piezas dentales necróticas	22
2.2.9.	Irrigación en endodoncia	22
2.2.10.	Hipoclorito de Sodio	23
2.2.11.	Clorhexidina	24
2.2.12.	Ozono	26
2.2.13.	Asociaciones	29
2.2.14.	Toxicidad	30
2.2.15.	<i>Enterococcus</i>	32
2.2.16.	In vitro – In vivo	38
2.3.	Hipótesis	39



2.3.1.	Hipótesis general	39
2.3.2.	Hipótesis específicas	40
2.4.	Variables e indicadores	40
2.4.1.		
2.4.2.	Identificación de variables	40
2.4.3.	Operacionalización de variables	42
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO		43
3.1.	Tipo de Investigación	43
3.2.	Población	43
3.3.	Criterios de selección	44
3.4.	Técnicas e instrumento de recolección de datos	45
3.5.	Procedimiento de recolección de datos	45
3.6.	Determinación de halos de inhibición	48
3.7.	Análisis de datos	48
3.8.	Validación y confiabilidad del instrumento de recolección de datos	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		50
4.1.	Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio (NaClO) 5%, frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según halo de inhibición	50
4.2.	Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio (NaClO) 5%, frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según escala de Duraffourd	51
4.3.	Efecto antibacteriano de la clorhexidina (CHX) 5%, frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según halo de inhibición	51
4.4.	Efecto antibacteriano de la clorhexidina (CHX) 5%, frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según escala de Duraffourd	52



4.5.	Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según halo de inhibición	52
4.6.	Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al <i>Enterococcus faecalis</i> , según escala de Duraffourd	53
4.7.	Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio 5%, clorhexidina 5% y del agua ozonizada frente al <i>Enterococcus faecalis</i> .	54
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		56
5.1.	Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	56
5.2.	Limitaciones del estudio	56
5.3.	Comparación crítica con la literatura existente	57
5.4.	Implicaciones de estudio	57
CONCLUSIONES		58
RECOMENDACIONES		59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		60
ANEXOS		68
A.	Ficha de Recolección de Datos	68
B.	Matriz de Datos	69
C.	Informe de Prueba Piloto	72
D.	Validación del Instrumento de recolección de datos	78
E.	Certificados y Constancias	82
F.	Curva de crecimiento del <i>E. faecalis</i>	88
G.	Secuencia Fotográfica de Procedimiento	89



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 01 Efecto antibacteriano del Hipoclorito de sodio (NaClO) 5%, frente al Enterococcus faecalis, según halo de inhibición (mm)</i>	50
<i>Tabla N° 02. Efecto antibacteriano del Hipoclorito de sodio (NaClO)5% frente al Enterococcus Faecalis según la escala de Duraffourd</i>	51
<i>Tabla N.º 03. Efecto antibacteriano de la Clorhexidina (CHX) al 5% frente al Enterococcus Faecalis, según halo de inhibición(mm)</i>	51
<i>Tabla N° 04 Efecto antibacteriano de la clorhexidina (CHX) al 5%, frente al Enterococcus faecalis, según escala de Duraffourd.</i>	52
<i>Tabla N° 05. Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al Enterococcus Faecalis, según halo de inhibición(mm).</i>	52
<i>Tabla No 06. Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al Enterococcus Faecalis, según la escala de Duraffourd.</i>	53
<i>Tabla No 07. Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 5% y del agua ozonizada frente al Enterococcus faecalis.</i>	54
<i>Tabla No 08. Efecto antibacteriano de los tres irrigantes según escala de Duraffourd.</i>	55



LISTADO DE ABREVIATURAS

ADN	: Ácido Desoxirribonucleico
ALX	: Diclorhidrato de Alexidina
CaOH	: Hidróxido de Calcio
DCA	: Diseño Completamente Aleatorio
EDTA	: Ácido Etilendiaminotetraacético
MBC	: Concentración Bactericida Mínima
MIC	: Concentración Mínima Inhibitoria
NaCLO	: Hipoclorito de Sodio
PCA	: P-cloroanilina
UFB	: Unidad Formadora de Bacterias



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La cavidad bucal está colonizada por aproximadamente por mil especies de microorganismos y la mayoría están organizadas como biopelículas. ¹ La biopelícula dental se forma a través de un proceso ordenado y dinámico en el que existe la necesidad de fijación y proliferación de bacterias en la superficie de los dientes, lo que puede conducir al crecimiento de las especies adheridas y la aparición de especies adicionales. ²

Las bacterias y sus subproductos tóxicos son las principales causas de enfermedades bucodentales que afectan a millones de personas sobre todo en los tratamientos radiculares por encontrarse en mayor riesgo a la exposición de estos microorganismos que afectan los conductos al no poder ser eliminados en su totalidad. Los objetivos más importantes de los tratamientos dentales es la eliminación de las diversas infecciones microbianas las cuales han sido consideradas un problema global que amenaza la salud pública y que afecta la práctica profesional odontológica, pudiendo conllevar a mala praxis donde la experiencia profesional puede verse comprometida.

Las enfermedades bucodentales son las infecciones crónicas más prevalentes en el mundo ⁵; en la mayoría de los casos, la caries dental y la periodontitis son razones para ello. ^{6,7} La mayoría de los trastornos bucales son provocados por biopelículas bacterianas. La formación de biopelículas es un proceso natural en la cavidad bucal y hasta ahora se ha demostrado que más de 700 bacterias diferentes cooperan en las comunidades microbianas orales. ⁸ En las comunidades microbianas sésiles, las células están incrustadas en una matriz de sustancias poliméricas autosecretadas, como ADN, proteínas o polisacáridos que forman una barrera de difusión contra las sustancias antimicrobianas, la depredación y la respuesta inmune del huésped ⁹, y adaptan la actividad metabólica al ciclo de vida de la biopelícula.



En consecuencia, la eliminación de microorganismos del conducto radicular es crucial para el éxito de los tratamientos endodónticos, puesto que es la disciplina que se encarga de las enfermedades cuando ya se ha comprometido el conducto pulpar conllevando a poder padecer de necrosis pulpar y por ende la presencia de diversas bacterias como la más conocida el *Enterococcus faecalis*, lo que enfatiza la necesidad de una preparación químico-mecánica adecuada para el éxito del tratamiento dental.

La instrumentación y el riego promueven una reducción microbiana significativa durante las etapas de limpieza y modelado. Sin embargo, la erradicación completa de la infección intracanal sigue siendo inalcanzable con los métodos actualmente disponibles, y los microorganismos restantes pueden causar la reinfección del espacio del conducto radicular.¹⁰

La especie de *Enterococcus* es la más común y su prevalencia en casos de endodoncia fallida varía del 24 al 77%.¹² El *E. faecalis* tiene la capacidad de unirse a la dentina, invadir los túbulos dentinarios y sobrevivir al hambre por polimorfismo genético. Posee varios factores de virulencia, que incluyen enzimas líticas, citolisina, sistemas de agregación, feromonas y ácido lipoteicoico. También puede suprimir la acción de los linfocitos.^{13,14} Por tal motivo es imperativo estudiar más a profundidad las diferentes formas de eliminar de manera exitosa al *E. faecalis* quien es el responsable del mayor número de fracasos endodónticos según antecedentes de literatura y que genera problemas en la actividad odontológica, lo que genera malestar en la población tratante, por no comprender la dificultad en la eliminación de dichos microorganismos.

La forma más eficaz de eliminar *E. faecalis* del espacio del conducto radicular y de los túbulos dentinarios es aplicando hipoclorito de sodio o clorhexidina en forma de gel o líquido según diversos antecedentes de estudios, sin embargo, ambos irrigantes presentan ciertas desventajas. El hipoclorito de sodio tiene un sabor desagradable, alta toxicidad, mancha los instrumentos, quema el tejido circundante, corroe los instrumentos, no puede eliminar las capas de frotis y reduce el módulo elástico y la resistencia a la flexión de la dentina.¹⁵



Un tratamiento endodóntico exitoso tiene por finalidad eliminar los microorganismos confinados en el sistema del conducto radicular y prevenir el crecimiento de microorganismos residuales.^{15,16} Los conductos radiculares infectados tienen una flora microbiana compleja¹⁷ que consiste en cocos, bastoncillos, espiroquetas, filamentos¹³ y a veces hongos que se encuentran típicamente juntos en brotes endodónticos y casos con periodontitis apical post tratamiento.^{18,19} Se ha pensado que las bacterias anaerobias facultativas como *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) y *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) son las especies más resistentes en la cavidad oral que pueden causar fallas en el tratamiento del conducto radicular.¹¹ *E. faecalis* puede sobrevivir en los conductos radiculares como un solo organismo sin el apoyo de las otras bacterias. *S. aureus* puede permanecer viable en túbulos dentinarios durante períodos prolongados debido a su resistencia al secado y los cambios de temperatura. *Escherichia coli* (*E. coli*) es un bacilo gramnegativo anaeróbico que se asocia comúnmente con las infecciones periapicales persistentes y sus endotoxinas desempeñan un papel importante en la inducción y perpetuación de las lesiones inflamatorias peri radiculares de los gatos experimentales.¹²

Se han realizado varios estudios para establecer el papel del ozono en la odontología. Los estudios han demostrado la eficacia del agua ozonizada para matar varios microorganismos orales. El ozono es un posible agente antimicrobiano alternativo en odontología sin el desarrollo de resistencia a los medicamentos.³⁸ Por otra parte, el digluconato de clorhexidina es un agente antimicrobiano eficaz contra una amplia gama de microorganismos. A mayor concentración (2%), CHX actúa como agente bactericida. Actúa por precipitación citoplasmática y finalmente ocurre la muerte de la célula.³⁹ El hipoclorito de sodio tiene propiedades oxidantes e hidrolizantes. Las concentraciones que varían del 1% al 5.25% de hipoclorito de sodio ahora se aceptan ampliamente para la irrigación endodóntica.

Por tal motivo los profesionales estomatólogos se han visto en la necesidad de buscar sustancias y tratamientos que eliminen la carga bacteriana para obtener un tratamiento endodóntico exitoso en este estudio se enfoca en determinar la eficacia antibacteriana in vitro de tres sustancias irrigadoras, hipoclorito de sodio



al 5% este irrigantes es el más usado por los operadores por su fácil accesibilidad y costo; clorhexidina al 5% que también es la más accesible por varios operadores por su potente acción antimicrobiana y el agua ozonizada el cual ha demostrado propiedades antimicrobianas en tejido dental.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio al 5%; clorhexidina al 5% y del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis* Cusco, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

P.E.1. ¿Cuál es el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas?

P.E.2. ¿Cuál es el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas?

P.E.3. ¿Cuál es el efecto antibacteriano de la clorhexidina al 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas?

P.E.4. ¿Cuál es el efecto antibacteriano de la clorhexidina al 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas?

P.E.5. ¿Cuál es el efecto antibacteriano del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas?

P.E.6. ¿Cuál es el efecto antibacteriano del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas?



1.3. Justificación

El presente estudio se justifica por las siguientes consideraciones:

1.3.1. Conveniencia

La presente investigación es importante porque permite generar nuevos conceptos para conocer el efecto antibacteriano, de los irrigantes endodónticos (NaClO al 5%, Clorhexidina al 5% y agua ozonizada), el cual proporcionará al operador nuevos conocimientos de una buena selección de irrigantes para el éxito endodóntico; y así generar conocimientos válidos y confiable en el área de endodoncia.

1.3.2. Relevancia social

El presente estudio tuvo como finalidad demostrar que existen diferentes soluciones irrigadoras, que puedan estar al alcance de los profesionales estomatólogos, disminuyendo la efectividad antimicrobiana ante el *E. faecalis* frente a los tratamientos endodónticos, por lo cual su importancia social, puesto que contribuye con mejorar el conocimiento acerca de qué solución irrigadora es mejor para los tratamientos radiculares.

1.3.3. Implicancias prácticas

La presente investigación ayuda a la comunidad científica proporcionándoles conocimientos demostrables acerca de que solución irrigadora presenta mejores resultados en los procesos endodónticos, con lo cual reducirá problemas futuros acerca de posibles procesos infecciosos que puedan ocurrir de acuerdo a la efectividad antimicrobiana de los irrigadores materia de investigación ante el *E. faecalis*.

1.3.4. Valor teórico

El valor teórico tiene importancia en el área clínica, ya que permite conocer los beneficios y las desventajas de usar uno u otro irrigante. La elección correcta puede lograr retratamientos efectivos y también conservar la salud a los tejidos adyacentes; logrando así el éxito en los tratamientos de conductos.



1.3.5. Utilidad metodológica

La presente investigación cumple con los preceptos de una investigación cuantitativa de carácter experimental, por medir el grado de efectividad en el uso de diversos irrigadores usados en procesos endodónticos para combatir el *E. faecalis*, para lo cual dicha metodología es la adecuada por medir de forma objetiva y precisa mediante técnicas estadísticas.

1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 5% y del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1. Determinar el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas.

O.E.2. Determinar el efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas.

O.E.3. Determinar el efecto antibacteriano in vitro de clorhexidina, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas.

O.E.4. Determinar el efecto antibacteriano in vitro de clorhexidina, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas.

O.E.5. Determinar el efecto antibacteriano in vitro del agua ozonizada, frente al *Enterococcus faecalis*, según el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas.



O.E.6. Determinar el efecto antibacteriano in vitro del agua ozonizada, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación temporal

El presente estudio experimental en su fase de recolección de datos se realizó entre marzo y mayo del 2021, el horario fue entre las 8 am a 12 pm los días lunes, martes y viernes

1.5.2. Delimitación espacial

La parte experimental de la presente investigación se realizó en el laboratorio bacteriológico Biosalud en la ciudad de Cusco, así como el proceso teórico metodológico.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Kranz et al.⁴², titulada: “*Antibacterial Effect of Endodontic Disinfections on Enterococcus Faecalis in Dental Root Canals—An In-Vitro Model Study*”, mencionan que el *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) es bastante insensible a muchas desinfecciones del conducto radicular que a menudo causan un problema terapéutico. Por lo tanto, el presente estudio in vitro observó la eficacia de diferentes antisépticos endodónticos en su capacidad para suprimir el *E. faecalis*, especialmente dentro de los túbulos dentinarios. Antes de cualquier prueba, los conductos radiculares de los terceros molares humanos extraídos se inocularon con *E. faecalis* durante 48 h. Se aplicaron apósitos antisépticos con cloramina-T o hidróxido de calcio (CaOH) durante 24 horas irrigando las piezas con hipoclorito de sodio al 1,3% (NaOCl) con n = 10 en cada grupo. Como control se utilizó riego con suero fisiológico. Todos los conductos tratados se ampliaron manualmente de un tamaño ISO 50 a 110 y los restos de dentina extirpados se sometieron a análisis de cultivo microbiano. La colonización bacteriana de los túbulos dentinarios hasta 300 µm se verificaron mediante microscopía electrónica de barrido y preparación de muestras histológicas. La aplicación de cloramina-T cristalina provocó una supresión bacteriana total dentro de los túbulos dentinarios. Los apósitos con CaOH mostraron sólo efectos menores. La irrigación con NaOCl provocó la erradicación total de las bacterias adheridas a las paredes del conducto radicular, pero tampoco logró suprimir por completo el *E. faecalis* dentro de los túbulos dentinarios. El estudio mostró que la cloramina-T tiene una fuerte actividad antiséptica y también es eficaz para suprimir *E. faecalis* dentro de los túbulos dentinarios.



Czopik et al. ²⁰ titulado: “*Insight into the Reaction of Alexidine with Sodium Hypochlorite: A Potential Error in Endodontic Treatment*”, refieren que el éxito terapéutico en el tratamiento de endodoncia depende del éxito del control de la infección. El diclorhidrato de alexidina (ALX) se propuso recientemente como una alternativa potencial a la clorhexidina (CHX) al 2%, ya que posee propiedades antimicrobianas similares, expresa sustantividad y no produce p-cloroanilina (PCA) cuando se mezcla con hipoclorito de sodio (NaOCl). Sin embargo, los productos liberados en esta reacción no se han descrito hasta la fecha. El objetivo de este estudio fue identificar los compuestos químicos detectados formados en la reacción de ALX y NaOCl con el método de cromatografía líquida de ultra alta resolución-espectrofotometría de masas (UHPLC-MS) y evaluar si se forman precipitados y PCA en esta reacción. Se mezclaron soluciones de ALX con el volumen equivalente de soluciones de NaOCl al 2% y al 5,25% (p / v). Como control, se mezcló CHX al 2% (p / v) con NaOCl al 2% y al 5,25% (p / v). Las muestras se sometieron al análisis UHPLC-MS. La mezcla de ALX y NaOCl dio como resultado la formación de un precipitado amarillento, cuya cantidad dependía de la concentración de NaOCl. La interacción de ALX y NaOCl dio como resultado la producción de aminas alifáticas. No se formó PCA cuando se mezcló NaOCl con ALX. Sin embargo, por primera vez, identificamos los posibles productos de la interacción. La interacción entre NaOCl y ALX dio como resultado la formación de aminas alifáticas; por lo tanto, estos compuestos no deben mezclarse durante el tratamiento de endodoncia.

Savitri et al. ³⁶, titulado: “*Efficacy of Ozonated Water, 2% Chlorhexidine and 5.25% Sodium Hypochlorite on Five Microorganisms of Endodontic Infection: In vitro Study*”, el cual tuvo como objetivo evaluar la eficacia antimicrobiana del agua ozonizada (4 mg / l), solución de clorhexidina al 2%, solución de hipoclorito de sodio al 5.25% en cinco microorganismos endodónticos comunes. Métodos: Los organismos elegidos en el estudio fueron *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Kocuria rhizophila*. La prueba de contacto directo de prueba de difusión de pozos de agar se utilizó como métodos para evaluar la eficacia antimicrobiana. En la prueba de difusión de pocillos de agar, se midió la zona



máxima de inhibición formada alrededor del pocillo en una placa de agar después de la incubación de los materiales de prueba contra cada microorganismo durante 24 h y 48 h. En la prueba de contacto directo, se calcularon las colonias de *E. faecalis* formadas en placas de agar con cada material de prueba. Resultados: Los resultados mostraron que la clorhexidina al 2% mostró el tamaño de zona más alto y las unidades formadoras de colonias mínimas indicando su potencia más alta y el agua ozonizada mostró la menor eficacia con una diferencia significativa entre ambos grupos. Las unidades formadoras de colonias mostraron un aumento en número cuando se utilizó agua ozonizada contra *E. faecalis*.

Pinheiro et al. ⁴³, en su estudio titulado: “Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and ozonated water as irrigants in mesiobuccal root canals with severe curvature of mandibular molars”, el cual tuvo como objetivo evaluar la eficacia antimicrobiana de hipoclorito de sodio al 2.5%, clorhexidina al 2% y agua ozonizada en biopelículas de *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* en conductos radiculares mesiobucuales con curvatura severa de molares mandibulares. Este fue un estudio experimental ex vivo en laboratorio microbiológico. Sesenta conductos radiculares mesiobucuales con curvatura severa de los molares mandibulares se contaminaron con cepas estándar de *E. faecalis*, *S. mutans* y *C. albicans*. Las muestras se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos (n = 15) según la solución de irrigación: SH: hipoclorito de sodio al 2,5%; CH: clorhexidina al 2%; O3: agua ozonizada; y control: agua bidestilada. Los conductos radiculares mesiobucuales de todos los grupos se instrumentaron con el sistema alternativo WaveOne Gold Primary. Se realizaron tres ciclos de instrumentación con tres movimientos cortos de cepillado hacia adentro y hacia afuera: (1) en el tercio coronal, (2) en el tercio medio y (3) en el tercio apical del canal. Se utilizó un archivo ProGlider antes del primer ciclo. El análisis estadístico se realizó utilizando un análisis de varianza de una vía seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey. Se recolectaron muestras para conteos de bacterias viables antes y después de la instrumentación. Todos los grupos mostraron una reducción significativa de la biopelícula después del riego (P <0.01). Después de la



instrumentación, el hipoclorito de sodio (98,07%), la clorhexidina (98,31%) y el agua ozonizada (98,02%) produjeron una reducción significativa en los recuentos bacterianos en comparación con el agua bidestilada (control, 72,98%) ($P < 0,01$). Todos los irrigantes probados en este estudio mostraron una actividad antimicrobiana similar. Por lo tanto, el agua ozonizada puede ser una opción para la reducción microbiana en el sistema de conductos radiculares.

Andrade et al. (Ecuador).⁴⁴, titulado: “Comparación entre clorhexidina e hipoclorito de sodio como soluciones desinfectantes en la práctica endodóntica”, alegan que el éxito de los tratamientos endodónticos depende tanto de una buena conformación de los conductos radiculares como de la correcta desinfección del canal pulpar, ya que los organismos que viven en las paredes de los conductos radiculares pueden sobrevivir como monocultivos. La mecánica de los lipopolisacáridos es el uso de irrigadores como el hipoclorito de sodio que es uno de los irrigadores más utilizados para la desinfección de conductos radiculares, ya que nos permite disolver tejidos orgánicos además de su fuerte actividad antimicrobiana. La clorhexidina posee características biocompatibles además a dos características útiles a la hora de la desinfección del conducto radicular, como la sostenibilidad y su acción antimicrobiana, por otro lado el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), que tiene características quelantes que permiten la eliminación de la capa de frotis o barril de dentina producto de la instrumentación mecánica de los canales radiculares, además de favorecer la acción de otros irrigadores para llegar a los túbulos dentinarios y a sus ramificaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Torres y Cornejo⁴⁶, desarrollada en la Universidad Privada de Tacna titulada: “Estudio comparativo in vitro sobre la eficacia antibacteriana del extracto alcohólico de *Caesalpinia spinosa* (tara) al 40% y el hipoclorito de sodio al 5,25%; a las 24 y 48 horas, sobre el *enterococcus faecalis*”, el cual tuvo como objetivo comparar la eficacia antibacteriana in vitro del extracto alcohólico de *Caesalpinia spinosa* (tara) al 40% y el



hipoclorito de sodio al 5,25%; a las 24 y 48 horas, sobre *Enterococcus faecalis*; y así considerar a *Caesalpinia spinosa* como una nueva alternativa terapéutica a la hora de utilizar soluciones irrigantes o como fármaco intraconductor y para evitar efectos adversos que pudieran producir otras sustancias químicas, reduciendo también el coste tanto para el paciente como para el profesional; y sobre todo para evitar que el *E. faecalis* colonice y desarrolle enfermedades periapicales, que conduzcan al fallo endodóntico en dientes ya tratados endodónticamente. Asimismo, este estudio se centró en la obtención de un irrigador que brinde seguridad en la desinfección, acción rápida y resistida, fácil disponibilidad y uso; para realizar un tratamiento exitoso en el momento adecuado. El estudio concluyó que el extracto alcohólico de *Caesalpinia spinosa* (tara) e hipoclorito de sodio al 5,25%; presentaron eficacia antibacteriana in vitro; a las 24 y 48 horas con *Enterococcus faecalis*, el hipoclorito de sodio al 5,25% tiene mayor eficacia antibacteriana que el extracto alcohólico de *Caesalpinia spinosa* (Tara) al 40% en las primeras 24 horas sobre *E. faecalis*, el extracto alcohólico de *Caesalpinia spinosa* (Tara) a 40 % tiene mayor eficacia antibacteriana que el hipoclorito de sodio al 5,25%; a las 48 horas sobre *E. faecalis* según la evidencia científica, el extracto alcohólico de *Caesalpinia Spinosa* en diferentes concentraciones tiene eficacia antibacteriana sobre *E. faecalis*; y a mayor concentración mejor efecto antibacteriano según evidencia científica. Debido a que el extracto alcohólico de *Caesalpinia Spinosa* tiene eficacia antibacteriana, podría ser una opción para integrarlo en terapias clínicas para ser utilizado como irrigador o medicación intraconductora en endodoncia.

En el artículo publicado en la revista Evidencias e Odontología Clínica, de la Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez en Juliaca por Inofuentes et al. ⁴⁷, titulado: “Efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *Piper aungustifolium* (matico) sobre el *Enterococcus faecalis*”, mencionaron que el *Enterococcus faecalis* es una de las cepas con alto grado de adaptabilidad y tolerancia a las condiciones de un ambiente adverso, lo que dificulta su erradicación. Dicho estudio tuvo como objetivo establecer el efecto inhibitor de *Piper Aungustifolium*, (Matic) sobre la cepa *Enterococcus faecalis*. Se realizó una siembra de la cepa ATCC 29212



(*Enterococcus faecalis*) en placas con Agar cerebro corazón, colocadas 5 mm embebidas con discos Matic, se hicieron 3 pozos de 5 mm de diámetro por 6 mm de profundidad, para hidróxido de calcio como control y Piper Aungustifolium como grupo experimental, cada uno fue de 24 muestras; Luego se incubó a 37 °C, se tomaron medidas a las 24, 48 y 72 horas y 7 días. Los promedios para la medición del halo inhibitor Piper Aungustifolium (Matic) fueron menores que los del hidróxido de calcio. Posteriormente se aplicó la T de Student ($p < 0.05$), dando como resultado diferencia datos estadísticamente significativos para ingestas a 24, 72 y 7 días, excepto a las 48 horas donde hay diferencia *Piper Aungustifolium*, demostrando tener efecto antibacteriano contra el *E. faecalis*, sus medidas fueron variadas y progresivas en el tiempo.

Mamani y Mojo ⁴⁸, en su investigación titulada: “**Efecto bactericida del NaClO y yoduro de potasio yodado sobre *Streptococcus salivarius*, *Enterococcus faecalis* de piezas dentarias con pulpas necróticas en el H.R.M.N.B. Puno 2016**”, desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano, la cual tuvo como objetivo, comparar el efecto bactericida del hipoclorito de sodio al 2.5% y yoduro de potasio yodado al 2% sobre *Streptococcus salivarius* y *Enterococcus faecalis* en piezas dentarias con pulpas necróticas de pacientes atendidos en el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón Puno. Se seleccionaron 120 pacientes con muestras dentales diagnosticadas con necrosis pulpar, y para la recolección de las muestras se distribuyeron en cinco grupos a los cuales se les realizó el mismo procedimiento y tratamiento, las muestras se recolectaron con limas estériles y se colocaron en frascos que contenían un medio de transporte anaeróbico (caldo de tioglicolato). Transcurridas 24 horas las muestras se sembraron en medios de cultivo (agar sangre y agar salivarius), luego se realizó la identificación mediante observación microscópica de las cepas puras de *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus salivarius*, estas cepas fueron nuevamente cultivadas en agar MullerHinton y expuestas a tratamiento con Yoduro de potasio al 2% e hipoclorito de sodio al 2,5% mediante discos de sensibilidad (discos de papel). La cantidad de solución de irrigación utilizada fue de 10 µl por cada disco, estos se aplicaron a la superficie del agar con una micropipeta de forma automática. Después de 24 horas se observaron los



halos de inhibición y se realizó la medición respectiva con calibrador vernier. En el análisis estadístico de Tukey ($\text{Alpha} = 0.05$ $\text{DMS} = 2.377413$), el tratamiento con yoduro de potasio yodado al 2% contra las bacterias fecales *Enterococcus* fue significativo debido a la mejor actividad bactericida en comparación con los otros tratamientos (yoduro de potasio yodado al 2% contra estreptococos, hipoclorito de sodio al 2,5% frente a *Streptococcus salivarius*, hipoclorito de sodio al 2,5% frente a *Enterococcus faecalis* respectivamente). Sin embargo, para el tratamiento de hipoclorito de sodio al 2.5% y yoduro de potasio yodado al 2% contra *Streptococo salivarius* no fue significativo porque ambos tuvieron el mismo comportamiento bactericida y el tratamiento con hipoclorito de sodio al 2.5% contra *Enterococcus faecalis*, tuvo menos actividad bactericida. Ambas soluciones de irrigación tienen efecto bactericida contra *Streptococcus salivarius* y *Enterococcus faecalis*; sin embargo el yoduro de potasio yodado al 2% tiene un mayor efecto bactericida sobre el *Enterococcus faecalis* y el hipoclorito de sodio al 2,5% tiene un mayor efecto antibacteriano sobre el *Streptococo salivarius*.

Alvarado ⁴⁹, en su investigación titulada: “Efecto antibacteriano in vitro del extracto hidroalcohólico de propóleo e hipoclorito de sodio frente a *Enterococcus faecalis*”, el cual tuvo como objetivo comparar el efecto in vitro antibacteriano de extracto hidroalcohólico de propóleos y el hipoclorito de sodio contra la cepa *Enterococcus faecalis*. Este estudio experimental se realizó con el fin de determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) y la concentración bactericida mínima (MBC) de propolis extracto hidroalcohólico y el hipoclorito de sodio contra *Enterococcus faecalis*, utilizando la técnica de la turbidez óptica. Más tarde, el trabajo fue hecho con 55 dientes que se dividieron en tres grupos (G1 = 22 dientes, G2 = 22 dientes y G3 = grupo de control, 11 dientes). Los dientes se inocularon con *Enterococcus faecalis* y se colocan en el horno a 37 ° C durante 24 horas. Luego, los dientes G1 se regaron con 2 ml. de extracto hidroalcohólico de propóleos - MBC. Los dientes G2 se regaron con 2 ml. de hipoclorito de sodio - MBC, y el G3 (grupo de control) los dientes se regaron con 2 ml. de solución salina fisiológica. Después de eso, se tomó una muestra desde el interior de cada conducto mediante el uso de un cono de papel estéril. Las muestras se colocaron en



tubos de ensayo que contienen infusión cerebro corazón (BHI) y se incubaron en una estufa a 37 ° durante 4 días. A continuación, una muestra tomada de dichos tubos de ensayo se colocó en placas de Petri con agar Mueller Hilton y puso incubar en un horno a 37 ° C durante 24 horas. La CMI y la MBC del extracto hidroalcohólico de propóleo fue del 10% y la CMI y la MBC del hipoclorito de sodio fue del 20%. No hubo crecimiento bacteriano en el G1 muestras y G2. El análisis estadístico mediante la prueba de Mann Whitney no encontró diferencias significativas ($p = 1,000$) entre el G1 y G2. No hay ninguna diferencia entre los efectos antibacterianos de extracto hidroalcohólico de propóleos y el hipoclorito de sodio contra *Enterococcus faecalis*.

Pérez y Domínguez ⁵⁰, en su investigación: “Efectividad antibacteriana de los irrigantes endodónticos hipoclorito sódico-EDTA versus hipoclorito sódico-ácido cítrico, en el tratamiento de conductos radiculares con necrosis pulpar en el Hospital Militar Central de Lima 2015”, realizaron la investigación con el objetivo de evaluar la efectividad antibacteriana de los irrigadores endodónticos hipoclorito de sodio-EDTA versus hipoclorito de sodio-ácido cítrico, en el tratamiento del conducto radicular con necrosis pulpar. La eficacia antibacteriana se determinó mediante el método de diseminación a partir de diluciones de 102 en suero fisiológico en medios de cultivos primarios de agar sangre. Se utilizaron treinta muestras, las cepas se incubaron en caldo de tioglicolato a 37 ° por 48 horas, luego se preparó un sistema generador de anaerobiosis e inmediatamente la placa sembrada se transfirió a la campana de anaerobiosis, donde se incubó por 3 días (72 horas). Los cultivos se observaron a las 72 horas, dando un resultado positivo que permitió el recuento de las unidades formadoras de colinas. Finalmente tomando en cuenta los valores de UFC / ml que se obtuvieron se registraron en el instrumento de recolección de datos. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico, se realizó con la prueba DISEÑO EN BLANCO completamente en el RAND (DBCA). Los resultados mostraron que el grupo regado con NaOCl 5.25% - EDTA 17% y NaOCl 5,25% - C6H807 10%, presentó mayor efectividad antibacteriana que el único uso de NaOCl al 5,25% como irrigante, con una reducción de bacterias anaeróbicas



al 100,00%. La eficacia antibacteriana 7 días después irrigados en asociación con los conductos dentales fue significativa ($P < 0,05$). Entre los grupos, hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), en el tiempo de liberación y efectividad antibacteriana.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Infección de los conductos radiculares

Lo primero es ver qué es el tratamiento de conducto. Este término se refiere a dos cosas. Puede pertenecer al procedimiento dental mediante el cual se elimina el material infectado y se alivia el dolor. Pero también puede relacionarse con la parte interna del diente que se encuentra entre la raíz del diente y la pulpa. Cada conducto radicular contiene vasos sanguíneos y nervios. Los vasos sanguíneos entregan varios nutrientes tanto a los nervios como a los dientes. En cuanto a los nervios de los dientes, tienen la capacidad de detectar diferentes factores de influencia como la presión, el calor y el frío. En el caso de una infección pulpar grave y caries, el tratamiento de conducto puede incluir la extirpación de nervios como una etapa necesaria del procedimiento dental.

En circunstancias normales, el complejo pulpo-dentina es estéril y está protegido de las bacterias por el esmalte y el cemento. Cuando la integridad de estas capas naturales se ve comprometida debido a caries, fracturas y grietas producidas por traumatismos, tratamientos restauradores, eliminación de sarro y preparación de raíces, desgaste y abrasiones, o cuando estas capas naturales faltan naturalmente debido a la existencia de huecos El complejo pulpo-dentina se expone al ambiente oral a través del revestimiento cementoso en la superficie de la raíz cervical y posteriormente es atacado por bacterias presentes en la lesión de caries, saliva bañando la superficie expuesta o biofilm desarrollado en esta superficie.⁵² Además, las bacterias de las caries pueden ser forzadas a entrar en los túbulos por las fuerzas hidrostáticas impuestas sobre la dentina durante la masticación. Pueden llegar



a la pulpa incluso antes de que esté completamente expuesta una vez que están dentro de los túbulos.

La vía más evidente de infección endodóntica es la exposición directa de la pulpa dental a la cavidad bucal; la pulpa entra en contacto directo con los gérmenes orales como resultado de lesiones de caries, saliva o placa acumulada en la superficie expuesta. Y, casi siempre, la pulpa expuesta se inflama y se necrótica como resultado de una infección posterior. El intervalo de tiempo entre la exposición pulpar y la infección de todo el canal es incierto.⁵² Se han aislado bacterias de pulpas necróticas y coronas aparentemente intactas de dientes traumáticos. Los gérmenes de las fisuras gingivales o bolsas periodontales parecen poder ingresar a los conductos radiculares, cuyas pulpas están necróticas después de un trauma, a través de la sección de los vasos sanguíneos del periodonto, un proceso denominado anacoresis. De hecho, el daño daría lugar a la exposición de la dentina a través de la fractura de la corona o el desarrollo de fracturas del esmalte.⁵² Los microorganismos de las biopelículas periodontales también tienen acceso a la pulpa a través de los túbulos dentinarios en el área cervical del diente, así como a los agujeros laterales y apicales. Además, los microorganismos pueden ingresar al conducto radicular en cualquier momento durante o después de tratamientos endodónticos expertos. Los microorganismos pueden ingresar al conducto entre visitas, incluso después de que se haya llenado el conducto radicular. Las causas primarias son la presencia de restos de biopelícula, piedras o cavidades en la corona del diente, fugas de los diques de goma, contaminación de los instrumentos de endodoncia al tocarlos con los dedos o contaminación de las soluciones de irrigación o de los conductos como suero agua o ácido cítrico.^{22,23}

El tratamiento basado en la evidencia es el nuevo paradigma en la atención médica global. Una amplia variación de la flora microbiana está normalmente presente en los conductos radiculares de los dientes infectados. Un conocimiento profundo de la microbiota asociada con la patología pulpar es la base del éxito del tratamiento endodóntico. La microbiota involucrada en el fracaso del tratamiento endodóntico son anaerobios facultativos como



Enterococcus, especies de *Actinomyces* y *Candida*. *Enterococcus faecalis* gram positivo (*E. faecalis*) se encuentra comúnmente en un alto porcentaje en sitios que exhiben fallas del conducto radicular y sobrevive como un solo organismo o como un componente principal de la flora en los conductos radiculares del diente. Los factores de virulencia bacteriana que están involucrados principalmente en varias etapas de las infecciones endodónticas y periapicales promueven la colonización bacteriana y la activación de los mecanismos de defensa del huésped. Entre los diversos factores de virulencia de las bacterias gram positivas, el ácido lipoteicoico, que tiene un potencial patógeno similar al de las bacterias gram negativas, el factor de virulencia Lipopolisacárido, desempeña un papel clave en las respuestas inflamatorias graves.²³

2.2.2. Anatomía de la infección

Las investigaciones de morfología dental brindan información sobre la topografía de la infección del conducto radicular, pero no sobre la identificación o cantidad de las bacterias.⁵³ Como resultado, es imposible identificar la función de las bacterias observadas en una patología, pero se pueden establecer medidas de tratamiento en un intento de eliminar completamente la infección o reducir la carga bacteriana de una manera que sea consistente con la cicatrización del tejido perirradicular.⁵⁴ No es raro observar bacterias de biopelículas endodónticas que se infiltran en los túbulos dentinarios. Los túbulos de dentina tienen un diámetro lo suficientemente grande como para permitir la penetración de la mayoría de las bacterias que se encuentran en la cavidad bucal. Se ha encontrado que la infección del túbulo dentinario ocurre entre el 70% y el 80% de los dientes con lesiones de periodontitis apical.⁵⁵

Numerosos estudios indican que la enfermedad periodontal, la periodontitis apical y la caries son todas enfermedades inducidas por biopelículas, y que la morfología dental indica que la microbiota del conducto radicular en las infecciones primarias está dominada por morfotipos bacterianos como cocos, bacilos, filamentos y espirillas (espiroquetas), con hongos que aparecen esporádicamente.⁵⁵



2.2.3. Infecciones endodónticas primarias

Las infecciones endodónticas se clasifican según la etapa en la que los microorganismos invaden los canales en la infección primaria o virgen, es decir, cuando invaden la pulpa por primera vez; la infección secundaria es causada por microorganismos que no están presentes en la infección primaria y generalmente es clínicamente indistinguible de la infección primaria.⁵³ En la infección intrarradicular primaria, los microorganismos pueden haber estado involucrados en las primeras etapas de la invasión pulpar (vía caries), culminando en inflamación y posterior necrosis, o pueden haber sido los últimos en llegar, aprovechando las condiciones ambientales del conducto radicular después de la necrosis pulpar.⁵² Estos se caracterizan por la presencia de una comunidad diversa dominada por bacterias anaeróbicas. Además de encontrar especies pertenecientes a varios géneros de bacterias con una mayor frecuencia de bacterias gram negativas y, en menor medida, varias bacterias gram positivas, los hongos también son microorganismos esporádicos que se presentan y los virus no pueden sobrevivir en los conductos radiculares pulpares necróticos. Las lesiones de periodontitis apical crecen en proporción a la cantidad de especies bacterianas y células en el conducto radicular.^{48,54}

2.2.4. Infecciones endodónticas persistentes o secundarias

La periodontitis apical, también conocida como periodontitis persistente o crónica, es una enfermedad inflamatoria que se presenta en el vértice de la raíz del diente. Por lo general, es causada por una infección primaria o secundaria. La mayoría de las bacterias son grampositivas, con una distribución equitativa de anaerobios facultativos y obligados, incluidos *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*.^{48,54}

2.2.5. Fracasos endodónticos

Una de las posibles causas de las fallas endodónticas es la persistencia, multiplicación y migración de la microbiota desde el interior de los conductos radiculares hacia los tejidos periapicales, que puede ir acompañada de una



desinfección inadecuada, que actúa como reservorio de bacterias. En las infecciones endodónticas secundarias, los gérmenes resistentes pueden persistir dentro de la probiota de la bacteria, son *Enterococcus faecalis* y *faecium*; *bacilos coliformes facultativos*; y hongos, principalmente *Candida albicans*. Es muy probable que esta microflora estuvieran presentes al comienzo de la terapia y luego se volvieron dominantes.⁵⁴ Según Sakamoto et al.⁵⁶, esta microflora, que está formada por bacterias, virus y hongos, puede contribuir al fracaso del tratamiento si logran sobrevivir a períodos de escasez de nutrientes y luego volver a proliferar, además de ser resistente a los procesos de tratamiento que alteran la ecología microbiana, mientras adquiere una importante cantidad de bacterias.^{52,57}

El fracaso del tratamiento de conductos radiculares se atribuye principalmente a la erradicación de bacterias y a la desinfección incompleta del complejo sistema de conductos radiculares, lo que inevitablemente conducirá a una periodontitis apical persistente.⁵⁴

Para vivir en canales tratados, un microbio debe ser resistente a las operaciones de desinfección realizadas dentro del canal y adaptarse a las duras circunstancias ambientales creadas por el tratamiento.⁵⁴ La presencia de bacterias en los conductos radiculares como resultado de la contaminación se ha descubierto durante el tratamiento endodóntico (infección secundaria), o pueden desarrollarse en abundancia como resultado de tratamientos antimicrobianos intracanal insuficientes, lo que resulta en un desequilibrio en la microbiota endodóntica primaria.⁵⁴ Alvarado⁴⁹ indica que a nivel periapical de dientes que han fallado la terapia endodóntica y tienen cambios apicales radiográficamente. *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, ambos considerados microorganismos extra-radiculares, se encuentran frecuentemente en estas lesiones, tanto en cultivos puros como en asociación con otras bacterias.⁴⁹

2.2.6. Infecciones extrarradiculares

Debido a la barrera defensiva, las bacterias intrarradiculares a menudo se autolimita en el conducto radicular. Los microorganismos pueden eludir esta barrera defensiva y producir una infección extraradicular en determinadas



condiciones. Esto puede resultar en la formación de un absceso apical agudo acompañado de una inflamación purulenta del tejido periapical. Las infecciones extrarradiculares pueden ocurrir como resultado o en ausencia de una infección intrarradicular. Los microbios predominantes son las bacterias anaerobias ⁵⁸⁻⁶¹, que incluyen especies como: *Actinomyces spp.*, *Propionibacterium propionicum*, *Treponema spp.*, *Porphyromonas endodontalis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema forsythia*, *Prevotella spp.* y *Fusobacterium nucleatum*.

Un caso típico de infección extrarradicular es un absceso apical agudo, en el que se produce una invasión bacteriana masiva con la consecuente acumulación de pus en la región periapical. Un absceso apical agudo se caracteriza por la formación de pus a partir de la invasión microbiana de los tejidos periapicales.

2.2.7. Bacterias que persisten en los procedimientos de desinfección intracanal y después del tratamiento del conducto radicular

Algunos microorganismos son resistentes al tratamiento antimicrobiano y pueden sobrevivir en el conducto radicular después de la preparación biomecánica. Los bacilos anaeróbicos Gram negativos más comunes son: *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella spp.* y *Campylobacter rectus*.

Las bacterias Gram positivas más comunes son: *Streptococcus* (*Streptococcus mitis*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus anginosus*, *Streptococcus oralis*); *Lactobacilli* (*Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus acidophilus*); *Estafilococos*; *Enterococcus faecalis*; *Olsenella uli*; *Parvimonas micra*; *Pseudoramibacter alactolyticus*; *Propionibacterium spp.*; *Actinomyces spp.*; *Bifidobacterium spp.* y *Eubacterium spp.* A veces, las levaduras, comúnmente *Candida albicans*, también se encuentran en pequeñas cantidades.

Enterococcus faecalis y levaduras, principalmente *Candida albicans*, se han identificado repetidamente como las especies más comúnmente recuperadas de conductos radiculares sometidos a retratamiento, en casos de terapia endodóntica fallida y conductos con infecciones persistentes. ^{62,63} *Enterococcus faecalis* son gram positivas cocas y anaerobios facultativos. Son



organismos intestinales normales y pueden habitar la cavidad oral y el surco gingival. Cuando esta bacteria está presente en pequeñas cantidades, se elimina fácilmente; pero si es en gran número, es difícil de erradicar. *Enterococcus faecalis* tiene muchas características distintas que la convierten en un superviviente excepcional en el conducto radicular. Estos microorganismos pueden realizar lo siguiente: (a) vivir y persistir en un ambiente pobre en nutrientes; (b) sobrevivir en presencia de varios medicamentos (p. Ej., Hidróxido de calcio) e irrigantes (p. Ej., Hipoclorito de sodio); (c) formar biopelículas en canales medicados; (d) invadir y metabolizar los fluidos dentro de los túbulos dentinarios y se adhieren al colágeno; (e) convertir en un estado viable pero no cultivable; (f) adquirir resistencia a los antibióticos; (g) sobrevivir en ambientes extremos con pH bajo, alta salinidad y altas temperaturas; y (h) soportar períodos prolongados de inanición y utilizar el líquido tisular que fluye desde el ligamento periodontal.

2.2.8. Dimensiones de la variable dependiente efecto antimicrobiano en piezas dentales necróticas

Las dimensiones de la variable dependiente es el efecto antimicrobiano en piezas dentales necróticas, por lo cual se tomó como única dimensión de estudio la inhibición del *Enterococcus faecalis*.⁶²⁻⁶⁴

2.2.9. Irrigación en endodoncia

El riego del sistema de canales es fundamental para limpiar y desinfectar el canal y se incluye en la operación de preparación del canal. El principal impacto del lubricante y agente limpiador utilizado en la preparación biomecánica de las sustancias de irrigación es eliminar bacterias, residuos orgánicos e inorgánicos y residuos de tejido tisular, evitando así su acumulación en el tercio apical y asegurando su eliminación, la contaminación de la dentina y la permeabilidad del conducto desde el foramen coronario hasta el foramen apical.⁶⁵



- **Requisitos de un irrigante endodóntico**

- Alta actividad bactericida o bacteriostática; debe inhibir el crecimiento de hongos y esporas en las biopelículas.
- Capacidad inactivante de endotoxinas.
- Capacidad de disolución de tejidos y residuos orgánicos e inorgánicos.
- Tensión superficial es baja.
- Capacidad de eliminar la capa de frotis producida antes durante la instrumentación o disolución.
- No tóxico sistémicamente cuando está en contacto con tejidos importantes, no cáustico para los tejidos periodontales y con bajo riesgo de anafilaxia.
- Adhesivo.

2.2.10. Hipoclorito de Sodio

Walker Grossman y Meiman lo descubrieron como irrigante de raíces en 1936, demostrando su capacidad química para desintegrar el tejido pulpar esencial y necrótico. Es un compuesto químico que se forma cuando se combinan cloro, hidróxido de sodio y agua. Actualmente se utiliza como material de irrigación en la terapia endodóntica contemporánea debido a su extensa actividad antibacteriana, que elimina rápidamente bacterias, esporas, hongos y virus. ⁶⁶

- **Mecanismo de acción**

Según Shah y Collins ⁶⁷, el hipoclorito de sodio ejerce sus efectos a través de tres mecanismos:

- *Saponificación*: Actuando como solvente orgánico, degrada los ácidos grasos y los convierte en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), disminuyendo la tensión superficial de la solución. ^{67,68}
- *Neutralización*: el hipoclorito de sodio neutraliza los aminoácidos, lo que resulta en la formación de agua y cloruro de sodio. Con expulsión de iones hidroxilo y descenso del pH. ^{67,68}



- *Cloraminación:* cuando el cloro reacciona con un grupo amino, se forman cloraminas que alteran el metabolismo celular. El cloro es antibacteriano y bloquea las enzimas clave de las bacterias a través de la oxidación. ⁶⁸
- **Ventajas:**
 - Su pH oscila entre 11,5 y 11,7.
 - Lubricante y blanqueador extremadamente eficaz.
 - Su tensión superficial es baja.
 - Tiene una larga vida útil y es muy económico.
 - Disuelve eficazmente tejidos esenciales y no vitales.
- **Desventajas:**
 - Es un irrigante citotóxico
 - Tiene un olor desagradable
 - No elimina la capa de residuos, ya que actúa sólo sobre materiales orgánicos.
 - Concentraciones para uso como irrigante endodóntico.

Según estudios, el porcentaje y el grado de disolución dependen de la concentración; a medida que aumenta la dilución, la propiedad desinfectante y la irritación disminuyen, por lo que se recomienda diluir al 2.5%, 1% o 0.5%. ⁶⁹ Las concentraciones de hipoclorito de sodio inferiores al 2.5% matan la infección, pero no son efectivas para disolver la pulpa. El aumento de la temperatura de la solución alarga el tiempo que se tarda en disolver los tejidos, y su eficacia también depende de la integridad estructural de los componentes del tejido conjuntivo de la pulpa, ya sea que esté descompuesto o vital. ⁶⁹

2.2.11. Clorhexidina

Davis et al. ⁶⁴ describen el uso del digluconato de clorhexidina en odontología como antiséptico en quirófano y desinfectante de conductos radiculares por su efecto antimicrobiano frente a bacterias gram negativas y gram positivas, levaduras y, según algunos investigadores, ciertos virus lipofílicos. Se utiliza en la desinfección de conductos radiculares por su biocompatibilidad y efecto



residual. Sin embargo, carece de poder de disolución de tejido orgánico, no disuelve la capa de frotis y se puede utilizar como medicina intracanal.

La clorhexidina es un agente antimicrobiano de amplio espectro. Su acción antimicrobiana está relacionada con su estructura molecular de bisbiguanida catiónica.⁶⁴ En concentraciones bajas, es bacteriostático, mientras que en concentraciones altas es bactericida, lo que provoca la coagulación y precipitación del citoplasma. Tiene la propiedad de sustantividad. Las principales ventajas de la clorhexidina sobre el hipoclorito de sodio son su menor citotoxicidad y la ausencia de mal olor y mal sabor. Sin embargo, tiene ciertas desventajas: por ejemplo, no puede disolver sustancias orgánicas, tejido necrótico o capas de frotis. Debido a las desventajas de estas dos soluciones de riego convencionales, por lo tanto, es necesario encontrar una mejor alternativa, lo que ha llevado a la búsqueda de una alternativa a base de hierbas.⁶⁴

El gluconato de clorhexidina es un enjuague bucal germicida que reduce las bacterias en la boca. El enjuague bucal de gluconato de clorhexidina se usa para tratar la gingivitis (hinchazón, enrojecimiento, encías sangrantes). El gluconato de clorhexidina generalmente lo receta un dentista. El enjuague bucal de gluconato de clorhexidina no es para tratar todos los tipos de gingivitis.

Este medicamento se usa junto con el cepillado / uso de hilo dental regular para tratar la gingivitis, una enfermedad de las encías que causa encías enrojecidas, inflamadas y que sangran con facilidad. La clorhexidina pertenece a una clase de medicamentos conocidos como antimicrobianos.

- ***Mecanismo de acción***

La actividad antimicrobiana varía con la concentración; en concentraciones bajas, como 0,2%, es bacteriostático, lo que significa que no causa muchos cambios o que estos cambios son reversibles en la membrana citoplasmática; en concentraciones elevadas, como el 2%, es bactericida y provoca coagulación y precipitación. Proteína que se encuentra en el citoplasma bacteriano que inhibe la reproducción.⁴⁹ Se adhiere a regiones de la membrana celular de los microorganismos implicados en la etiología de la



caries dental cargada negativamente por sus características catiónicas, afectando la integridad de la membrana celular de las bacterias e induciendo la lisis celular. La clorhexidina absorbida se libera gradualmente, lo que puede llevar de 12 a 24 horas, disminuyendo la colonización bacteriana.⁶⁶

- **Ventajas:**

- Es una solución atóxica y biocompatible con los tejidos bucales.
- No tiene ningún efecto sobre el comportamiento a corto o largo plazo de los cementos de sellado.
- Espectro bacteriano residual de larga duración (hasta 168 horas).
- Práctico almacenamiento y manipulación.
- Tiene una tensión superficial baja y puede penetrar 100 ml profundamente en los túbulos dentinarios en personas hipersensibles al hipoclorito de sodio.⁵⁶

- **Desventajas:**

- No disuelve el tejido.
- No elimina la capa de frotis.
- Provoca respuestas alérgicas en determinadas personas.
- Cuando se combina con NaClO, se forma un precipitado marrón anaranjado muy tóxico.⁵²

Debido a que la clorhexidina carece de la acción de disolución del tejido, se deben utilizar otros enfoques, como mezclarla con otras soluciones de irrigación y / o utilizar vibración ultrasónica, para mejorar la limpieza de los conductos.⁶⁴

2.2.12. Ozono

Fue descubierto en 1787 por el físico holandés Martinus Van Marum, quien notó un olor distintivo a cloro limpio, un subproducto de las máquinas electrostáticas con las que experimentó; en 1839, el químico alemán Christian Frederick Schonbein de la Universidad de Basilea en Suiza le dio el nombre de Ozono; y en 1870, Landler lo utilizó por primera vez en medicina. Sin embargo, no se examinó en la comunidad científica hasta 1932. A pesar de



que su uso en medicina se remonta a finales del siglo XIX, las investigaciones sobre su uso en odontología no se publicaron hasta hace poco.⁷⁰ El ozono es un gas natural inestable que forma una capa protectora en la atmósfera terrestre. Su molécula incluye tres átomos de oxígeno (O₃), a diferencia del oxígeno puro, que solo contiene dos (O₂).⁷¹ Su concentración más alta se encuentra a una altura de 20 a 30 km sobre la tierra, su olor reconocible es detectable por la nariz humana en concentraciones que van desde 0.02 ppm a 0.05 ppm, y se puede crear uno natural de dos maneras: durante las tormentas con electricidad de tormenta, cascadas, olas rompientes, o el efecto de los rayos ultravioleta del sol que, al reaccionar con el oxígeno, producen ozono.^{58,72} Por ser un gas inestable, tiene una vida media de 30 a 45 minutos a 20 ° C y su concentración se reduce al 16 por ciento de la inicial en 2 horas, para lo cual se debe preparar de inmediato y solo antes de su uso, y con el paso del tiempo y la variación de temperatura, vuelve a ser oxígeno.^{59,60}

- ***Propiedades antimicrobianas del ozono***

El ozono ha sido clasificado como el germicida más eficaz que se encuentra en la naturaleza, y la investigación química lo reconoce como el oxidante más poderoso a escala mundial, ya que cuando entra en contacto directo con virus, bacterias y hongos, ejerce un impacto oxidante directo sobre ellos.⁶¹ Según Sunde et al.⁵⁸, los hallazgos de muchos estudios microbiológicos revelan que el ozono mata todos los tipos conocidos de bacterias gram positivas y gram negativas, incluidas las resistentes a los antibióticos; *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*.^{58, 61,62} Se ha demostrado que las capacidades oxidativas, desinfectantes y bactericidas del ozono inactivan bacterias y hongos en menos tiempo que el cloro. Los virus y agentes cancerígenos se destruyen durante la purificación del agua, lo que no se realiza con los métodos tradicionales de purificación.⁶³ Algunos autores han demostrado que el agua ozonizada tiene una acción antibacteriana considerable en suspensiones bacterianas y materiales contaminados, que depende de la concentración y la duración de la exposición. Un solo enjuague tuvo una influencia mínima sobre la flora bucal, pero muchos enjuagues dieron como resultado una reducción significativa en el número de colonias bacterianas.⁷³



A pesar de que la penetración de los antisépticos de los enjuagues en las papilas y las bolsas es relativamente limitada (4%), estos autores demostraron una acción antibacteriana sustancial del agua ozonizada. Según el profesor T.F. Flemming de la Universidad de Würzburg, Alemania, la penetración del 97 por ciento lograda a través de la acción subgingival mejoró los efectos de la sustancia bajo examen. ⁷³

El ozono es uno de los desinfectantes más potentes que puede encontrar, lo que significa que el agua ozonizada puede ser excelente para desinfectar ciertos artículos en el hogar. Por ejemplo, puede usar agua ozonizada para desinfectar las cerdas de su cepillo de dientes y sus dentaduras postizas. Cuando se usa correctamente, esta agua puede desinfectar el fregadero de la cocina y al mismo tiempo eliminar el olor que generalmente se encuentra en un fregadero. Muchos otros artículos de su hogar se pueden desinfectar con agua ozonizada, ya que este tipo de agua puede matar los virus.

Muchos dentistas utilizan agua ozonizada durante todo el tratamiento dental. Una vez que haya obtenido el tratamiento dental, su dentista también podría recomendarle este tipo de agua. Cuando esté en casa, hacer gárgaras con esta agua puede reducir la inflamación que se sabe que provoca el desarrollo de diversas enfermedades de la garganta. Si tiene un alto riesgo de caries y caries, el agua ozonizada puede actuar como un enjuague bucal diario para ayudar a reducir la posibilidad de caries. ⁶³

- ***Mecanismo de acción del ozono***

Debido a que los mecanismos de resistencia bacteriana no actúan contra la oxidación que crea el ozono al perforar la pared de la bacteria, la actividad bactericida y esporicida del ozono se manifiesta al penetrar la pared celular y la membrana citoplasmática de los microorganismos. ⁷⁴ En términos de actividad antifúngica, se dirige a los dobles enlaces de la membrana de fosfolípidos de los hongos, provocando su desintegración. Cuando se enfrenta a virus, la actividad virisidal del ozono se manifiesta rompiendo su cápside, oxidando la envoltura lipídica e impidiendo que se adhiera a un receptor y entre en una célula huésped, ya que la organización de su pared es menos complicada. ⁷⁴⁻⁷⁶ La principal propiedad del ozono es que reacciona con



moléculas que tienen un doble enlace entre átomos de carbono ($C = C$), rompiendo la conexión al introducir un átomo de oxígeno en cada extremo del enlace ($2 > C = O$) y formando así dos nuevos compuestos; por lo tanto, debe usarse con precaución, ya que este gas tiene estructuras insaturadas con moléculas de ácidos grasos y proteínas que componen el biológico.⁷⁷

2.2.13. Asociaciones

- **Agua ozonizada**

Los orígenes del tratamiento de agua ozonizada actual se remontan al dentista alemán E.A. Fish, que inicialmente se empleó con fines de desinfección. Esta relación es cada vez más importante e implica que el ozono en el agua existe en forma de solución física, que requiere agua destilada y un generador de ozono para producirse.⁷⁴ El ozono se disuelve fácilmente en agua y tiene una vida media de 30 a 45 minutos. Desinfección mediante la eliminación de hongos, bacterias, algas y helmintos, virus; purificación y sedimentación de materia orgánica y sales, decoloración y desodorización del agua; también elimina fenoles y representa un ahorro significativo en compuestos clorantes, fungicidas y pesticidas, siendo más beneficioso que el cloro.⁷⁸

- **Ozono Gaseoso**

Gallego et al.⁷⁹ afirman que debido a que el ozono en el gas es desodorizante y desinfectante, se puede utilizar en una variedad de disciplinas de la odontología, incluida la eliminación de gérmenes en el entorno de la oficina, periodoncia, blanqueamiento dental, ortodoncia, etc.

- **Aceite Ozonizado**

Al romper los dobles enlaces entre los átomos de carbono de las moléculas de lípidos, el ozono se puede asociar con el aceite de oliva, el aceite de girasol, el aceite de almendras y el propilenglicol, dando como resultado niveles variables de acción antimicrobiana. Los estudios revelaron que el propilenglicol tenía una mejor asociación con el ozono, conservando su acción antimicrobiana durante toda la aplicación.⁷⁷



El mecanismo de acción de los aceites ozonizados está relacionado con los subproductos producidos por la interacción de los lípidos con el ozono, que produce cetonas, aldehídos, formaldehídos, peróxido de hidrógeno y otras sustancias químicas. En circunstancias refrigeradas, el aceite ozonizado se puede conservar hasta dos años. A temperatura ambiente, se necesitan de 1 hora a 2 días para alcanzar la concentración deseada. 1 g de aceite puede absorber 160 mg de ozono en general.⁸⁰ Investigaciones recientes han evaluado el uso de este como medicamento intracanal, evaluando histológica y bacteriológicamente la respuesta perirradicular después del tratamiento endodóntico en una o dos visitas, utilizando aceite ozonizado o hidróxido de calcio en paramonoclorofenol alcanforizado, demostrando ser más eficaz el aceite ozonizado.⁸¹

Cuando la sangre está ozonizada, el ozono reacciona con todos los antioxidantes solubles y ácidos grasos poliinsaturados y los oxida. Este mecanismo sugirió que algunos aceites líquidos pueden usarse en el tratamiento de diversas patologías después de la ozonización.

2.2.14. Toxicidad

Los peligros del ozono en las numerosas aplicaciones que brinda no han establecido un límite de su concentración que produzca un alto grado de toxicidad, efectos negativos para la salud o riesgo nocivo para el ser humano; esto se debe, en parte, a la dificultad de medir cantidades muy pequeñas de ozono que se utilizan para terapia médica o dental.⁸²

- *Efectos para la Salud*

Como ocurre con otros medicamentos, el ozono puede producir una reacción alérgica; afecta principalmente al sistema respiratorio, produciendo alteraciones e irritando el epitelio traqueal, bronquial y mucosa en concentraciones superiores al umbral letal.^{82,83} La tos, el dolor de cabeza, los mareos y la irritación de la garganta y los ojos se encuentran entre los síntomas menores y transitorios que se observan en las personas como resultado de la exposición al ozono. Los síntomas graves, por otro lado, son pérdida de memoria, aumento de la persistencia de la bronquitis y aumento



de la excitabilidad muscular. ⁶³ En situaciones extremadamente raras de sobreexposición prolongada, se recomienda retirar a los empleados del área de exposición y administrar oxígeno. Los síntomas generalmente desaparecen en minutos y la recuperación completa toma horas o días. ⁸⁴

- ***Uso del ozono en odontología***

El ozono se utiliza en presentaciones como gas, agua y aceite en odontología. La aplicación de ozono en aceite ha sido muy utilizada en la última década, ya que estos pueden aplicarse tópicamente en lesiones de la mucosa oral, como la estomatitis subprotésica. Además, este producto se ha comparado con el alvogil más antibiótico oral en el tratamiento de la alveolitis, donde se descubrió que el aceite ozonizado era igual de eficaz. Según el Dr. Fritz Kramer ⁸⁴ el ozono en forma de agua ozonizada, para enjuague bucal, como irrigador o como aerosol, se puede utilizar de las siguientes maneras:

- Eficaz como desinfectante de superficies.
- Su capacidad para detener el sangrado.
- En el tratamiento de heridas de tejidos blandos y huesos.
- Promover la curación aumentando el flujo de oxígeno a la región de una incisión quirúrgica.
- Como antiséptico, se usa para tratar periodontitis, estomatitis, conductos endodónticos, alveolitis y para preparar la cirugía bucal.

En España, el ozono se ha utilizado para el blanqueamiento dental debido a su fuerte poder oxidante (como se hace en los tratamientos blanqueadores actuales con peróxido de hidrógeno y geles de carbamida). Asimismo, la alta capacidad desodorizante del ozono ha demostrado su utilidad en la lucha contra la halitosis por su eficacia en la lisis de bacterias y procesos pútridos. El ozono se utiliza en los siguientes entornos clínicos:

- Blanqueamiento dental por su alto poder oxidante.



- Desinfección de superficies y materiales por su alto poder viricida y bactericida: lavado de superficies, inmersión de materiales en tanques ozonizados.
- Irrigación de periodoncia, cirugía oral e implantología.
- Utilizado como astringente en cirugía oral.

- **Ozono en endodoncia**

Las características microbiológicas y metabólicas constantes del ozono en sus fases gaseosa o acuosa lo convierten en un desinfectante valioso con una amplia variedad de actividades; el poder oxidativo del ozono lo distingue como un eficaz antibacteriano.⁷⁰

El ozono es un agente antibacteriano altamente eficaz que puede reducir significativamente la cantidad de gérmenes en el conducto radicular. Se ha demostrado que es antimicrobiano contra cepas bacterianas como *micobacterias*, *estreptococos*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*. El agua ozonizada demostró la misma actividad antibacteriana que el NaClO al 2,5 por ciento cuando el material se lavó con sonicación.⁷⁰ Cabe mencionar que uno de los beneficios de la ozonoterapia es que no es tóxico y es compatible con los tejidos, por lo que en la periodontitis apical se retiene una gran cantidad de bacterias dañinas durante mucho tiempo después de que se haya realizado la terapia estándar de conducto radicular terminado. El ozono tiene la capacidad de eliminar los gérmenes que infectan esta región, así como los productos de desecho dañinos que dificultan la reparación efectiva y completa de la estructura ósea. Finalmente, la ozonoterapia está diseñada para ayudar en los procesos de descontaminación al servir como adyuvante de la terapia endodóntica. Además, debido al bajo nivel de riesgo y alto grado de biocompatibilidad, otorgar ventajas de forma inmediata en el proceso de cicatrización. La investigación ha revelado que es posible interactuar con éxito con la microbiota en el sistema del conducto radicular y, por lo tanto, erradicar las bacterias. La resistencia bacteriana es tan extraordinaria que no se ha documentado en la literatura científica.



2.2.15. *Enterococcus*

Según la taxonomía de 1970 de Lance Field, son bacterias *Streptococcus* del grupo D; sin embargo, este género fue creado en 1984 como consecuencia de estudios serológicos que revelaron diferencias genéticas entre estos géneros. Debido a la resistencia a los medicamentos y su prevalencia en las infecciones nosocomiales, solo unos pocos enterococos se consideran patógenos para los seres humanos y de importancia clínica; estos incluyen *E. faecalis* y *E. faecium*, que son los más comunes en el tracto gastrointestinal, y *E. gallinarum* y *E. casseliflavus*, que se encuentran en menor grado.⁵⁸ Estas bacterias han sido identificadas como invasoras oportunistas en recién nacidos, personas inmunodeprimidas y ancianos, y como resultado, causan enfermedades extremadamente graves como endocarditis y bacteriemia. Son los responsables de las infecciones quirúrgicas y la septicemia.⁵⁹

Los *Enterococos* son organismos anaerobios facultativos gram positivos. *Enterococcus faecalis* y *E. faecium* causan una variedad de infecciones, que incluyen endocarditis, infecciones del tracto urinario, prostatitis, infección intra abdominal, celulitis e infección de heridas, así como bacteriemia concurrente.

- *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis es una bacteria con forma de coco que es grampositiva, facultativamente anaeróbica, estacionaria y no esporula. Cada célula tiene un tamaño de 0,5 a 0,8 micrones y es un residente típico del sistema gastrointestinal humano. Posee una pared celular con antígenos del grupo D, que es un ácido lipotico ligado a la membrana citoplásmica de la bacteria e incluye residuos de glicerol. Viven en parejas y cadenas cortas, y aunque su hogar habitual es el intestino, en ocasiones se han aislado como microbiota típica en la mucosa bucal y la parte posterior de la lengua. Ha habido informes de aislamientos de infecciones periapicales del pulpo y bolsas periodontales. Son bacterias que normalmente se encuentran en el tracto gastrointestinal; son responsables de enfermedades mortales en los seres humanos debido a su capacidad de supervivencia y resistencia a las drogas y los entornos en los que viven; pueden sobrevivir en ausencia de nutrientes; pueden soportar altas temperaturas en presencia o ausencia de oxígeno; y pueden soportar



fármacos de amplio espectro. De manera similar, las investigaciones moleculares muestran que es común en la cavidad oral, particularmente en el surco gingival y la lengua.⁵⁰ Por su presencia en la cavidad oral, se le asigna como la principal causa de fracaso del tratamiento endodóntico en el 90% de los casos, presentándose como una infección periapical crónica después de la terapia de conducto y, en una proporción menor, como infecciones periapicales iniciales.⁸⁶

Enterococcus faecalis (*E. faecalis*), es una bacteria grampositiva que a menudo se aísla de los dientes rellenos de raíz con periodontitis apical crónica. *Enterococcus faecalis* invade los túbulos dentinarios, se adhiere a la pared del conducto radicular y forma una biopelícula en la dentina. Como resultado, *Enterococcus faecalis* tiene la capacidad de penetrar profundamente en los túbulos dentinarios hasta una profundidad de 200 a 1500 mm; la erradicación completa de *E. faecalis* es bastante difícil, ya que es inaccesible para medicamentos convencionales que incluyen antibióticos sistémicos tales como; ciprofloxacina (CIP), metronidazol y selladores.⁸⁶

- **Taxonomía**

Enterococcus faecalis es una especie de la familia *Enterococcaceae* del orden *Lactobacillales*; es una de las 33 especies del género *Enterococcus*.^{50,59} En el 90% de los casos clínicos, *E. faecalis* y *E. faecium* son las especies más directamente relacionadas con la morbilidad y muerte humanas debido a su patogenicidad y resistencia bacteriana.

Enterococcus faecalis es un coco anaeróbico grampositivo que es la especie más abundante en los conductos radiculares, causando infecciones primarias o secundarias. Esta bacteria muestra resistencia a apósitos como el hidróxido de calcio y a los irrigadores a través de la formación de biopelículas, penetración profunda en los túbulos dentinarios y componentes activos de hidrógeno en su membrana plasmática.

- **Fisiología**

Los enterococos son bacterias cocos Gram-positivas que se presentan aisladas, en pares o cadenas cortas, inmóviles, no productores de esporas,



anaerobios facultativos que fermentan la glucosa sin producir gas, por lo que resultan ser catalasa negativa, sin mostrar efervescencia en ese momento de identificación bacteriana, y por lo tanto puede cultivarse en presencia o ausencia de oxígeno entre 10 y 40 °C, resistiendo altas temperaturas.

Los enterococos son bacterias cocos grampositivas que se encuentran aisladas, en pares o en cadenas cortas, son inmóviles, no producen esporas y son anaerobios facultativos que fermentan la glucosa sin producir gas; no exhiben efervescencia en el momento de la identificación bacteriana y, por lo tanto, pueden cultivarse en presencia o ausencia de oxígeno a temperaturas que oscilan entre 10 y 40 °C, resistiendo altas temperaturas, sobre los 60 °C durante 30 minutos, sobreviviendo en condiciones un tanto hostiles como a un pH excesivamente alcalino, NaClO al 65%, sales biliares, detergentes entre otros.

- **Patogenicidad**

Por su resistencia adquirida y capacidad de supervivencia frente a una variedad de agentes antimicrobianos, así como su capacidad para sobrevivir en ambientes hostiles desprovistos de nutrientes, *E. faecalis* mantiene su patogenicidad, que varía según sus factores de virulencia y el tipo de pacientes a los que afecta; los recién nacidos, los ancianos y los pacientes inmunodeprimidos son los más susceptibles.⁶⁰ *E. faecalis* es responsable de una variedad de enfermedades con una alta tasa de morbilidad y mortalidad en humanos; tiene una importancia clínica significativa en el campo dental porque se asocia con el 90% de los fracasos del tratamiento del conducto radicular; y no es una excepción en el campo médico, donde se asocia con el 83-90% de las infecciones nosocomiales.^{50,60} *E. faecalis* es patógena para una variedad de infecciones nosocomiales, las más notables son septicemia, infecciones de heridas quirúrgicas, infecciones del tracto urinario, infecciones de piel y tejidos blandos, infecciones del oído medio, infecciones asociadas con catéteres contaminados, peritonitis, vaginitis, infección del sistema nervioso central e infección del prepucio.



- **Factores de virulencia**

E. faecalis posee una serie de características de virulencia que le permiten colonizar y desarrollarse en el interior del hospedador, el dominio frente a otros microorganismos presentes, la supervivencia frente al propio sistema de defensa del hospedador y la existencia de enfermedades provocadas por los productos metabólicos de las bacterias.⁸⁵ Estas variables se describen como las más críticas, ya que su patogenicidad no está completamente caracterizada; Incluyen los siguientes: Sustancia de agregación: es una proteína de superficie producida por plásmidos que permite que *E. faecalis* ingrese y se adhiera a los tejidos del hospedador, así como que penetre y sobreviva el sistema de defensa del hospedador.⁶¹

- *Adhesinas y proteínas de superficie*: son proteínas y adhesinas ubicadas en la pared celular de las bacterias que permiten que la bacteria se adhiera a la matriz extracelular y forme biopelículas enterocócicas.
- *Feromonas sexuales*: ayudan en la aceptación de células del donante que contienen plásmidos que suprimen una respuesta inflamatoria.
- *Ácido lipoteicoico*: químico que ayuda en la transferencia de plásmidos y la formación de agregados que contribuyen a la patogenicidad de las bacterias.
- *Producción de superóxidos extracelulares*: *E. faecalis* crea estos superóxidos, que son radicales de oxígeno que interfieren en el daño celular y tisular y son responsables de reacciones inflamatorias.
- *Gelatinasa*: aunque los estudios no lo demuestran del todo, esta metaloproteinasa ayuda en la adhesión de bacterias en los túbulos dentinarios. También ayuda en la supervivencia de las bacterias, ya que sobrevive reflejándose como fuente de nutrientes debido a la actividad de la gelatinasa.
- *Hialuronidasa*: esta enzima ayuda en la descomposición del tejido tisular, lo que permite que las bacterias se propaguen y sus productos metabólicos, como las toxinas, causen daño a los tejidos del huésped.



- *Citolisina*: son enzimas producidas por *E. faecalis* que funcionan como destructoras de las células de defensa y bacterianas, disminuyendo la actividad terapéutica antibacteriana y antiinflamatoria y, por tanto, influyendo en una infección importante.

- ***Enterococcus faecalis* y su relación con Endodoncia**

Debido a que *E. faecalis* representa una amenaza significativa para el tratamiento terapéutico contra varios antibióticos debido a la resistencia bacteriana a medicamentos como la vancomicina; en el ámbito dental, no es una excepción, por lo que es una bacteria muy prevalente y resistente a la hora de erradicar un proceso infeccioso periapical del que es responsable dicha bacteria y, sobre todo, resiste el tratamiento endodóntico.²⁸ La presencia de microbiota en endodoncia puede variar dependiendo de si la infección es primaria, secundaria o persistente; sin embargo, *E. faecalis* está presente en todos los tipos de infecciones intrarradiculares en porcentajes variables, con una mayor prevalencia y frecuencia en las infecciones intrarradiculares persistentes.³⁵ Debido a la asociación de *Enterococcus faecalis* con varios tipos de infecciones intrarradiculares, su resistencia bacteriana a antibióticos y fármacos de conducto, su alta capacidad de patogenicidad y su alta prevalencia en fracasos del tratamiento de conducto, la terapia de erradicación es de importancia clínica crítica.⁸⁸

- ***Resistencia de Enterococcus faecalis a medicamentos***

Enterococcus, que prevalece en el sistema gastrointestinal humano, se clasifica como un patógeno oportunista, ya que los estudios muestran que algunas especies de este género son resistentes a antibióticos como la vancomicina.⁶³ Como resultado de la resistencia de este género a diversas opciones de antibióticos como ampicilina y vancomicina, su firmeza se atribuye a sus diversos factores de virulencia, que incluyen plásmidos, sustancia de agregación, gelatinasa, proteína de superficie, citolisina, adhesinas e hialuronidasa; estos factores son críticos para la supervivencia de *Enterococcus faecalis*.^{65,73} Porque *Enterococcus faecalis* tiene alta virulencia y resistencia a antibióticos como betalactámicos, aminoglicósidos,



macrólidos, quinolonas, tetraciclinas y vancomicina.⁶³ Los medicamentos intracanal utilizados en la terapia endodóntica no son una excepción, ya que los estudios revelan que el hidróxido de calcio tiene una actividad antibacteriana extremadamente baja contra esta bacteria.⁷⁴ Del mismo modo, diversos estudios muestran que *Enterococcus faecalis* es poco o nada susceptible a la acción antimicrobiana de diversos fármacos utilizados en terapia endodóntica, incluidas las pastas antibióticas, como Septomixina, una base de dexametasona, Calcipulpe, una base de hidróxido de calcio, Grinazol, base de metronidazol y KRI-3.⁴⁷

2.2.16. In vitro – In vivo

In vitro e in vivo son dos frases con las que te puedes encontrar en alguna ocasión, especialmente al leer sobre investigación científica. Cuando el estudio o el trabajo se realiza con o dentro de un ser vivo, se dice que se hace in vivo. La investigación en modelos animales y los ensayos clínicos en humanos son dos ejemplos. El término "in vitro" se refiere al trabajo realizado fuera de un cuerpo vivo. Esto podría involucrar la investigación de cultivos celulares o métodos para probar la sensibilidad a los antibióticos de los microorganismos.⁸⁸

Los estudios in vitro permiten a los científicos aislar células, bacterias y virus específicos y estudiarlos sin las distracciones de tener que observar un organismo completo.

El término in vitro está asociado con varios procesos biológicos que se hacen que ocurran fuera del organismo vivo. Etimológicamente, es un latín para dentro de una cristalería (es decir, se refiere a inside y vítreo, cristalería). El término in vitro generalmente se escribe en cursiva.

Un ejemplo de su uso es el estudio in vitro. Un estudio in vitro es un tipo de estudio en el que la metodología implica un proceso biológico que se realiza fuera del organismo vivo en el laboratorio para la experimentación y observación. Por ejemplo, el proceso biológico de una proteína hecho para



que ocurra en un laboratorio para observación y experimentación implica un estudio realizado *in vitro*.

El término *in vitro* se usa en contraste con el término *in vivo*. Este último pertenece a un proceso biológico que se produce dentro del contexto biológico normal.

- **Definición de términos**

Agua ozonizada.- Agua obtenida después de la ozonización (un proceso de infusión de agua con ozono) de agua. ⁵⁴

Comparación in vitro.- *In vitro* se utiliza para describir el trabajo que se realiza fuera de un organismo vivo. Esto puede incluir el estudio de células en cultivo o métodos para probar la sensibilidad a los antibióticos de las bacterias. ⁸⁸

Efecto antimicrobiano.- Término colectivo para todos los principios activos (agentes) que inhiben el crecimiento de bacterias, previene la formación de colonias microbianas y pueden destruir microorganismos. ⁸⁷

Hipoclorito de sodio.- El hipoclorito de sodio es una solución hecha a partir de la reacción del cloro con una solución de hidróxido de sodio. ⁸⁶ El hipoclorito de sodio (NaOCl) es un irrigante de uso común que disuelve desechos y tejidos necróticos. Su profundidad de penetración dentinaria es de 60-150 μm , mientras que *E. faecalis* se ha detectado 1200 μm dentro de los túbulos dentinarios.

Clorhexidina.- sustancia antiséptica de acción bactericida y fúngica. Evita el crecimiento bacteriano en la cavidad bucodental es utilizado mayormente para las afecciones de la piel. ⁸⁵

La unidad formadora de colonias (UFC).-es una unidad de medida utilizada para cuantificar microorganismos, es decir, para contar el número de bacterias viables o células fúngicas (levaduras) en una muestra líquida o sólida. La capacidad de proliferar en condiciones controladas se denomina viabilidad.⁷³⁻

76



2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

H₀: No existen diferencias significativas entre el hipoclorito de sodio; clorhexidina y agua ozonizada en su efecto antimicrobiano frente al *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021.

H₁: Existen diferencias significativas entre el hipoclorito de sodio; clorhexidina y agua ozonizada en su efecto antimicrobiano frente al *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021.

2.3.2. Hipótesis específicas

H.E.1. El efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas es significativo.

H.E.2. El efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas es altamente sensible.

H.E.3. El efecto antibacteriano de la clorhexidina al 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas es significativo.

H.E.4. El efecto antibacteriano de la clorhexidina al 5% frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas es altamente sensible.

H.E.5. El efecto antibacteriano del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas es significativo.

H.E.6. El efecto antibacteriano del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas es sensible.



2.4. Variables e Indicadores

2.4.1. Identificación de variables

Las variables de esta investigación son:

Variables independientes:

X = Soluciones irrigadoras.

Variable dependiente:

Y = Efecto antimicrobiano frente al *Enterococcus faecalis*.

Variable interviniente:

Z = tiempo 24; 48 y 72 horas.



2.4.2. Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Escala de medición	Indicador	Expresión final de variable	Definición operacional
X = Soluciones irrigadoras	Su objetivo principal es actuar como lubricante y agente de limpieza durante la preparación biomecánica, removiendo microorganismos. ¹⁵	Nominal	Tipo de irrigadores utilizadas en tratamientos endodónticos	<ul style="list-style-type: none"> • Hipoclorito de sodio 5% • Clorhexidina 5% • Agua ozonizada 	Se mide de acuerdo a las soluciones irrigadoras del hipoclorito de sodio al 5%; clorhexidina 5% y agua ozonizada; evaluando la actividad antibacteriana.
Y = Efecto antimicrobiano	Término colectivo para todos los principios activos (agentes) que inhiben el crecimiento de bacterias, previenen la formación de colonias microbianas y pueden destruir microorganismos. ⁸⁷	Ordinal	Escala de Duraffourd (Halo de inhibición)	<ul style="list-style-type: none"> • Nula (-) 0 a 8 mm. • Sensibilidad limite (sensible = +) entre 8 a 14 mm. • Medio (muy sensible = ++) entre 14 a 20 mm. <p>Sumamente sensible (+++) de 20 mm. a más</p>	La eficacia de la solución irrigadora frente al tamaño de los halos de inhibición. Según la escala de Duraffourd.
Variable interviniente: Tiempo	Periodo determinado durante el procedimiento que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento. ⁴⁵	Ordinal	Tiempo del trabajo de la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> • 24 horas • 48 horas • 72 horas 	La variable tiempo se expresara en hora utilizando como indicadores (24,48 y 72 horas).



CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación acorde a los objetivos planteados en el trabajo de investigación corresponde a los siguientes:

- El tipo de estudio es Cuasi-experimental, porque los métodos cuasiexperimentales son diseños de investigación que tienen por objetivo identificar el impacto de una intervención, programa o evento particular (un "tratamiento") comparando unidades tratadas (hogares, grupos, pueblos, escuelas, empresas, muestras experimentales, etc.) con unidades de control, como ha sido considerado en nuestro estudio de investigación.
- Prospectivo: Debido a que los datos se recabaron en base a la ocurrencia de eventos, vale la pena señalar que los datos se recopilaron durante tres períodos de instalación. Un estudio prospectivo observa los resultados, como el desarrollo de una enfermedad, durante el período de estudio y los relaciona con otros factores, como el riesgo sospechado o los factores de protección. El estudio generalmente implica tomar una cohorte de sujetos y observarlos durante un período prolongado.
- Corte longitudinal: debido a que se trata principalmente de un estudio de laboratorio, se empleó el Diseño Completamente Aleatorio (DCA) durante los períodos de instalación, cada uno con un intervalo de 5 días, para recopilar datos que permitan someter los resultados a pruebas estadísticas. Un estudio longitudinal es un tipo de estudio de investigación correlacional que implica observar variables durante un período de tiempo prolongado. Esta investigación puede tener lugar durante un período de semanas, meses o incluso años.



3.2. Población

Para el presente trabajo de investigación la población estuvo compuesta por tres grupos consistente en 42 placas Petri con cepas de *Enterococcus faecalis* procedentes del laboratorio GEN LAB del Perú. La población esta distribuida de la siguiente manera.

- En 12 placas Petri con cepas de *Enterococcus faecalis*, se colocó el hipoclorito de sodio a concentración de 5%.
- En 12 placas Petri con cepas de *Enterococcus faecalis*, se colocó clorhexidina a concentración de 5%.
- En 12 placas Petri con cepas de *Enterococcus faecalis*, se colocó agua ozonizada.
- En 6 placas Petri con cepas de *Enterococcus faecalis*, donde se colocó agua destilada, las cuales funcionaron como grupo control negativo, que consiste en utilizar el grupo de control para asegurarse de que ninguna variable de confusión haya afectado los resultados o eliminar las posibles fuentes de sesgo. Se utiliza una muestra que no se espera que funcione.

Actualmente debido a la pandemia del COVID-19 los laboratorios de distintas universidades no han autorizado aún todos sus pruebas de laboratorio, por lo cual al no poder pasar encuestas de forma presencial se optó por realizar un estudio experimental in vitro. Por consiguiente el muestreo escogido fue el no probabilístico a conveniencia del investigador conforme al antecedente de Kranz et al. (2021). Se utilizaron 36 placas Petri las cuales fueron utilizadas divididas en tres grupos, y otras 6 placas para el grupo control por tiempo seleccionado de 24H, 48H y 72H, sin embargo se muestra que el estudio es consistente con el estudio de Alvarado (2015) donde se utilizaron 55 placas Petri materia de investigación. Es importante mencionar que algunos estudios se realizaron de manera aleatoria lo que determinó a dichos estudios como experimentales, sin embargo la mayoría fue antes de la pandemia, por lo que el presente estudio es de carácter cuasi-experimental.



3.3. Criterios de Selección

Criterios de inclusión

- Placas Petri con *Enterococcus faecalis* no contaminadas.
- Biofilm formadas a partir de cepa pura de *Enterococcus faecalis*.
- Placas Petri a temperatura ambiente (37 °C).
- Placas Petri en buen estado de conservación.
- Placas Petri que tengan Agar Muller Hinton.
- Placas Petri previamente esterilizadas.

Criterio de exclusión

- Placas Petri que no tuvieron cultivo.
- Placas Petri que no pudieron dar lectura a los halos de inhibición.
- Placas Petri que fueron contaminada.
- Placas Petri que se dañaron.

3.4. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos

3.4.1. Técnica: En esta investigación se usó la técnica de observación la cual fue de manera indirecta; donde se dieron a conocer las medidas de los halos de inhibición en mm sobre el crecimiento de cepas del *Enterococcus faecalis*.

3.4.2. Instrumento: La información recabada del estudio en los diferentes tiempos (24H, 48H y 72H) fueron subidas en una ficha de recolección de datos en Excel, donde se describían los tiempos como los tamaños de los halos.

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

Procedimientos para la obtención de los irrigantes

- Los Irrigantes endodónticos Hipoclorito de sodio al 5% (Daryza) y clorhexidina al 5% (Hibimax), a diferencia del agua ozonizada se utilizó



agua bidestilada (Medifarma) con el ozonificador esta mezcla se obtuvo en el Centro Médico San Gabriel.

- Para la obtención del agua ozonizada, se utilizó el generador de gas ozono durante su aplicación de 10 minutos a concentraciones de 100 ug, produciendo burbujeo en un tubo de ensayo con 10 ml de agua destilada, obteniendo así 10 ml de agua ozonizada.

Obtención de la muestra

Se trabajó con la cepa de *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 que fue obtenida del laboratorio GEN LAB del Perú, representante del laboratorio Microbiologics (USA), la cual se mantuvo en condiciones de refrigeración de 2 a 8 °C, desde el momento de su adquisición hasta su reactivación en el laboratorio Biosalud en la ciudad del Cusco.

Crecimiento y recuperación de la viabilidad de la cepa estándar *Enterococcus faecalis* Atcc® 29212™

- Para viabilizar esta cepa bacteriana se rehidrató con caldo infusión cerebro (BHI), luego se incubó en una estufa a 37 °C por 24 horas.
- Se realizó un repicaje con este inóculo en una placa con Agar Sangre.
- La estandarización de la cepa fue según la escala de Mc Farland 0.5, para lo cual se utilizó un inóculo de colonias de *Enterococcus faecalis* en 2 ml de caldo infusión Cerebro Corazón. Esta medida equivaldría a una concentración 1.5×10^8 unidades formadoras de colonias de *Enterococcus Faecalis* por ml (UFC/ml).
- El crecimiento de la cepa estándar *Enterococcus faecalis* ATCC® 29212™ se desarrolló en el tipo de caldo Infusión Cerebro Corazón, posteriormente se realizó la lectura en 8 horas con ayuda del espectrofotómetro, basándonos en la curva de crecimiento

Preparación del medio de cultivo Mueller Hinton (Mha)

- Se obtuvo el medio de Cultivo Mueller Hinton (MHA) de la compañía farmacéutica y química MERCK.



- Se preparó el medio de cultivo Mueller Hinton (MHA) para 42 placas Petri, se utilizó 37.500 mg de Agar Muller Hinton y 550 ml de agua destilada.
- Se mezclaron ambas concentraciones en 4 matraces en proporciones iguales, disolviendo el contenido.
- Se llevó al autoclave a temperatura de 121 °C durante 15 minutos.
- Se enfrió a temperatura de 50 a 55 °C manteniendo la temperatura a baño María.
- Se vertió el Agar Mueller Hinton en las placas Petri en la cantidad de 15 ml en cada placa, seguidamente se dejó solidificar para luego ser almacenadas en la refrigeradora hasta ser que fueron usadas en cada repetición de la prueba experimental.

Preparación de los discos de papel

- Se preparó discos de papel filtro de 6 mm de diámetro y 2 mm de espesor, los cuales fueron esterilizados.
- Se llevaron los discos de papel filtro a los envases estériles con 10 ml de hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 5% y agua ozonizada y fueron almacenados en cada envase por 12 horas.

Determinación del efecto antibacteriano del Hipoclorito De Sodio al 5 %, Clorexidina al 5% y Agua Ozonizada frente al *Enterococcus faecalis* Atcc® 29212™

- Luego de verificar la cepa en su estado de crecimiento máximo y de haber preparado el medio de cultivo Mueller Hinton (MHA), ya solidificado el agar, se ejecutó a inoculación al medio de cultivo MHA.
- En la superficie de una placa de MHA, se inoculó una cantidad estandarizada de bacterias, sembrandolas de forma pareja para luego obtener después de la inoculación un “césped bacteriano”. La siembra es en las 12 placas Petri de cada repetición.
- Seguidamente se colocaron los discos de papel filtro embebidos por las diferentes soluciones irrigadoras a las placas ya inoculadas de *Enterococcus faecalis* con ayuda de una pinza estéril.



- Después de la colocación de los discos, las placas se dejaron reposar por 15 minutos para que las sustancias se absorbieran en el medio.
- Se realizó el transporte inmediato de las placas Petri a la incubadora.
- Las placas de estudio fueron llevadas a incubar por un periodo de 24, 48 y 72 horas en cada repetición, siendo observadas y medidas en los determinados periodos.
- Posteriormente se realizó la medida de los halos de inhibición, según la escala de Duraffourd para determinar cualitativamente el efecto antibacteriano in vitro, según el diámetro de inhibición.

Escala de Duraffourd

EFFECTO ANTIBACTERIANO	DIAMETRO DE INHIBICIÓN
NULA (-)	0 a 7 mm.
SENSIBLE (+)	8 a 14 mm.
MUY SENSIBLE (++)	Entre 15 a 20 mm.
ALTAMENTE SENSIBLE (+++)	De 21 mm. a más

3.6. Determinación de Halos de Inhibición

Para el presente trabajo se utilizó como instrumento de recolección de datos la ficha pre elaborada que fue llenada por las investigadoras según los períodos preestablecidos en el diseño de la investigación. Los datos fueron registrados sobre la medida individual de los halos de inhibición en milímetros.

3.7. Análisis de Datos

El procesamiento de datos se desarrolló utilizando el programa estadístico SPSS versión 27 para desarrollar los estadísticos descriptivos y poder visualizar las medias de los tiempos de exposición de cada irrigante dentinario, prueba de normalidad, prueba de Kruskal-Wallis, Prueba Post-Hoc de Tukey, homogeneidad de varianzas, que es una técnica estadística que sirvió para analizar la variación (ANOVA) del total de los resultados experimentales del diseño cuasiexperimental, descomponiéndose en fuentes de variación independiente atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño cuasiexperimental.



3.8. Validación y confiabilidad del instrumento para la recolección de datos.

Las mediciones se realizaron de acuerdo al diseño de la investigación después de las 24, 48 y 72 horas de incubación, cada placa fue examinada, luego se procedió a la lectura de los tres discos de papel filtro por placa registrando los diámetros de los halos de inhibición, para ello se utilizó un calibrador manual (Vernier), en el cual la validación del instrumento fue a través de la prueba piloto con la cantidad del 10% lo que nos permitió los reajustes para su validez del instrumento.

En cada uno de los discos embebidos con cada una de las sustancias presentes en las placas sembradas. El Vernier Caliper es un instrumento de precisión que se puede utilizar para medir distancias internas y externas con extrema precisión. El ejemplo que se muestra a continuación es un calibrador manual. El usuario interpreta las medidas a partir de la escala.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla N° 01

Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%, frente al Enterococcus faecalis, según halo de inhibición (mm)

Efecto del Hipoclorito de Sodio según el tamaño del Halo inhibitorio	N	Media	Desv. Estandar	Limite Inferior	Limite Superior
NaClO_24h	36	29.53	3,334	25	37
NaClO_48h	36	29.89	3,232	26	37
NaClO_72h	36	30.72	3,318	26	37

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla 01 se muestran los resultados en mm del diámetro del halo de inhibición del irrigante hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% en rangos de 24 horas, 48 horas y 72 horas, mostrando resultados (medias) de 29.53 mm a las 24 horas, 29.89 mm a las 48 horas y 30.72 mm a las 72 horas, pudiendo confirmar que en todos los resultados mostró un efecto antibacteriano altamente sensible (+++) por encontrarse en el rango sobre los 21 mm respecto de sus medias, en comparación al agua destilada que en todos los casos, en diferentes tiempos mostraron resultados a cero.



Tabla N° 02

Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según escala de Duraffourd

Efecto del Hipoclorito de Sodio según la escala de Duraffourd	NaClO_24h		NaClO_48h		NaClO_72h		TOTAL
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	
Nula (-)	0	0	0	0	0	0	0
Sensible (+)	0	0	0	0	0	0	0
Muy sensible (++)	0	0	0	0	0	0	0
Altamente sensible (+++)	36	100.00	36	100.00	36	100.00	108
TOTAL	36	100.00	36	100.00	36	100.00	108

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla anterior se muestra el efecto del hipoclorito de sodio según la escala de Duraffourd, obteniendo como resultado en todas las muestras como altamente sensible (+++) por haber resultados los halos de inhibición mayores a 21 mm a las 24H, 48H y 72H.

Tabla N° 03

Efecto antibacteriano de la clorhexidina (CHX) al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según halo de inhibición (mm)

Efecto de la Clorhexidina según el tamaño del Halo inhibitorio	N	Media	Desv. Estandar	Limite Inferior	Limite Superior
CHX_24h	36	22.94	4,262	15	30
CHX_48h	36	23.69	4,426	15	32
CHX_72h	36	19.67	8,117	6	33

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla 3 se muestran los resultados en mm del diámetro del halo de inhibición del irrigante clorhexidina (CHX) al 5% en rangos de 24 horas, 48 horas y 72 horas, mostrando resultados (medias) de 22.94 mm a las 24 horas, 23.69 mm a las 48 horas y 19.67 mm a las 72 horas, pudiendo confirmar que a las 24 y 48 horas los resultados mostraron un efecto antibacteriano altamente sensible (+++) por encontrarse en el rango sobre los 21 mm respecto de sus medias, sin embargo el resultado a las 72 horas dio una media de 19.67 mm mostrando un efecto muy sensible (++) por encontrarse en el rango de entre 14 y 20 mm respecto de su media.



Tabla N° 04

Efecto antibacteriano de la clorhexidina (CHX) al 5%, frente al Enterococcus faecalis, según escala de Duraffourd

Efecto de la Clorhexidina según la escala de Duraffourd	CHX_24h		CHX_48h		CHX_72h		TOTAL
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	
Nula (-)	0	0	0	0	3	8.33	3
Sensible (+)	0	0	0	0	9	25.00	9
Muy sensible (++)	14	38.89	11	30.56	5	13.89	30
Altamente sensible (+++)	22	61.11	25	69.44	19	52.78	66
TOTAL	36	100.00	36	100.00	36	100.00	108

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla anterior se muestra el efecto de la Clorhexidina según la escala de Duraffourd, obteniendo como resultado 2.78% efecto nulo (-), 8.33% efecto sensible (+), 27.78% efecto muy sensible (++) y en su mayoría 61.11% un efecto altamente sensible (+++).

Tabla N° 05

Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al Enterococcus faecalis, según halo de inhibición (mm)

Efecto del agua ozonizada según el tamaño del Halo inhibitorio	N	Media	Desv. Estandar	Limite Inferior	Limite Superior
O3_24h	36	9.31	2,012	5	13
O3_48h	36	9.67	2,225	5	15
O3_72h	36	10	2,519	6	18

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla 5 se muestran los resultados en mm del diámetro del halo de inhibición del irrigante agua ozonizada en rangos de 24 horas, 48 horas y 72 horas, mostrando resultados (medias) de 9.31 mm a las 24 horas, 9.67 mm a las 48 horas y 10 mm a las 72 horas, pudiendo confirmar que las medias fueron similares en los tres tiempos, resultando un efecto antibacteriano sensible (+) por encontrarse en el rango sobre los 8 mm y 14 mm respecto de sus medias.



Tabla N° 06

Efecto antibacteriano del agua ozonizada (O3), frente al Enterococcus faecalis, según escala de Duraffourd

Efecto del agua ozonizada según la escala de Duraffourd	O3_24h		O3_48h		O3_72h		TOTAL
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	
Nula (-)	7	19.44	7	19.44	7	19.44	21
Sensible (+)	29	80.56	28	77.78	28	77.78	85
Muy sensible (++)	0	0.00	1	2.78	1	2.78	2
Altamente sensible (+++)	0	0.00	0	0	0	0	0
TOTAL	36	100.00	36	100.00	36	100.00	108

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

En la tabla anterior se muestra el efecto del agua ozonizada según la escala de Duraffourd, obteniendo como resultado 19.44% efecto nulo (-), 78.70% efecto sensible (+), 1.85% efecto muy sensible (++) y ninguna muestra mostró efecto altamente sensible (+++).



Tabla N° 07

Efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio al 5%, clorhexidina al 5% y del agua ozonizada frente al *Enterococcus faecalis*.

	IRRIGANTE	N	Media	Desv. Desviación	Mediana	Mínimo	Máximo	
24 HORAS	HIPOCLORITO	36	29.53	3.334	29.00	25	37	H de Kruskal-Wallis:84.831 GL:2 P=0.000
	CLOREXIDINA	36	22.94	4.262	23.00	15	30	
	AGUA OZONIZADA	36	9.31	2.012	9.50	5	13	
	Total	108	20.59	9.082	23.00	5	37	
48 HORAS	IRRIGANTE	N	Media	Desv. Desviación	Mediana	Mínimo	Máximo	H de Kruskal-Wallis:82.919 GL:2 P=0.000
	HIPOCLORITO	36	29.89	3.232	29.00	26	37	
	CLOREXIDINA	36	23.69	4.426	23.00	15	33	
	AGUA OZONIZADA	36	9.67	2.255	10.00	5	15	
Total	108	21.08	9.150	23.00	5	37		
72 HORAS	IRRIGANTE	N	Media	Desv. Desviación	Mediana	Mínimo	Máximo	H de Kruskal-Wallis:71.091 GL:2 P=0.000
	HIPOCLORITO	36	30.72	3.318	31.00	26	37	
	CLOREXIDINA	36	19.67	8.117	21.00	6	33	
	AGUA OZONIZADA	36	10.00	2.519	10.00	6	18	
Total	108	20.13	9.979	21.00	6	37		

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

Para poder evaluar si existen diferencias significativas entre el hipoclorito de sodio; clorhexidina y agua ozonizada en su efecto antimicrobiano frente al *Enterococcus faecalis*, Cusco, 2021, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, resultados significativos (p -valor < 0.05) para los tres irrigantes, siendo el Hipoclorito de Sodio el que mayor efecto antibacteriano mostro, con 29.53 mm para las 24 horas, 29.89 mm para las 48 horas y 30.72 mm para las 72 horas respecto al halo de inhibición, mientras que la Clorhexidina mostro resultados de 22.94 mm a las 24 horas, 23.69 mm a las 48 horas y 19.67 mm a las 72 horas, siendo el agua ozonizada la que menor efecto mostro, con 9.31 mm a las 24 horas, 9.67 a las 48 horas y 10.00 a las 72 horas.

Respecto a los resultados de cada media a las 24 horas, 48 horas y 72 horas, podemos observar en la tabla 7 el efecto antibacteriano de cada irrigante respecto a los diámetros resultantes en cada media según la escala de Duraffourd



Tabla N° 08

Efecto antibacteriano de los tres irrigantes según escala de Duraffourd

		IRRIGANTE						Total		PRUEBA ESTADISTICA CHI CUADRADO
		HIPOCLORITO		CLOREXIDINA		AGUA OZONIZADA				
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Duraffourd 24	NULA (0-8mm)	0	0.0%	0	0.0%	10	9.3%	10	9.3%	X2:134.069 GL:6 p=0.000
	SENSIBLE (8-14mm)	0	0.0%	0	0.0%	26	24.1%	26	24.1%	
	MUY SENSIBLE (14-20 mm)	0	0.0%	14	13.0%	0	0.0%	14	13.0%	
	ALTAMENTE SESIBLE (>20mm)	36	33.3%	22	20.4%	0	0.0%	58	53.7%	
Total		36	33.3%	36	33.3%	36	33.3%	108	100.0%	
		HIPOCLORITO		CLOREXIDINA		AGUA OZONIZADA				
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Duraffourd 48	NULA (0-8mm)	0	0.0%	0	0.0%	10	9.3%	10	9.3%	X2:121.975 GL:6 p=0.000
	SENSIBLE (8-14mm)	0	0.0%	0	0.0%	25	23.1%	25	23.1%	
	MUY SENSIBLE (14-20 mm)	0	0.0%	11	10.2%	1	0.9%	12	11.1%	
	ALTAMENTE SESIBLE (>20mm)	36	33.3%	25	23.1%	0	0.0%	61	56.5%	
Total		36	33.3%	36	33.3%	36	33.3%	108	100.0%	
		HIPOCLORITO		CLOREXIDINA		AGUA OZONIZADA				
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Duraffourd 72	NULA (0-8mm)	0	0.0%	3	2.8%	10	9.3%	13	12.0%	X2:82.536 GL:6 p=0.000
	SENSIBLE (8-14mm)	0	0.0%	8	7.4%	24	22.2%	32	29.6%	
	MUY SENSIBLE (14-20 mm)	0	0.0%	6	5.6%	2	1.9%	8	7.4%	
	ALTAMENTE SESIBLE (>20mm)	36	33.3%	19	17.6%	0	0.0%	55	50.9%	
Total		36	33.3%	36	33.3%	36	33.3%	108	100.0%	

Fuente: Ficha de recolección de datos (elaboración propia)

De acuerdo a los resultados obtenidos respecto a la escala de Duraffourd podemos inferir que el NaClO es el irrigante con mayor efecto antibacteriano (Altamente sensible > 20mm) conforme pasan los días y horas, mostrando resultados significativo (p-valor < 0.000). Por otro lado se pudo observar que el irrigante clorhexidina también presentó un efecto antibacteriano significativo (p-valor < 0.000) a las 24 y 48 horas altamente sensible > 20mm y un efecto muy sensible a las 72 horas (14-20mm). Sin embargo el agua ozonizada mostrando resultados significativos (p-valor < 0.000) fue el que mostro menos sensibilidad en comparación a los otros dos irrigantes, lo cual podría resultar en tratamientos endodónticos desfavorables.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

Los hallazgos del hipoclorito de sodio (NaClO) fueron significativos, todos los resultados mostraron un efecto antibacteriano altamente sensible (+++) a las 24, 48 y 72 horas, por encontrarse en el rango sobre los 21 mm respecto al halo de inhibición lo cual se alinea a las investigaciones de Kranz et al. ⁴²

Respecto a la clorhexidina (CHX) los hallazgos también fueron significativos, detallando que los resultados a las 24 y 48 horas, mostraron un efecto antibacteriano altamente sensible (+++) , sin embargo a las 72 horas, mostró un efecto muy sensible (++) por encontrarse en el rango de entre 14 mm – 20 mm respecto al halo de inhibición, lo cual indica que los resultados fueron similares al de Czopik et al. ²⁰ y Savitri et al. ³⁶

Cabe mencionar que los hallazgos para el agua ozonizada no fueron muy significativo, por obtener resultados en el efecto antibacteriano sensible (+) y encontrarse en un rango de entre 8 mm – 14 mm respecto al halo de inhibición, sin embargo en los resultados de Hidalgo y Pillajo ⁴⁵ resultó que el agua ozonizada tuvo efectos similares al del hipoclorito de sodio.

5.2. Limitaciones del estudio

Las limitaciones que se pudieron encontrar en la presente investigación fueron:

- Dificultad para adquirir cultivos de cepas de *Enterococcus faecalis*.
- Costos métodos de laboratorio microbiológicos.
- Hay poca información disponible sobre la investigación del agua ozonizada.
- Existen pocas referencias bibliográficas locales sobre la investigación del agua ozonizada en tratamientos dentales.



5.3. Comparación crítica con la literatura existente

Comparando los resultados con otras investigaciones, pudimos observar que en el resultado de Savitri et al. ³⁶, mencionan que la clorhexidina al 2% mostró un efecto antibacteriano más alto respecto al agua ozonizada, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Por otro lado, en los resultados de Pinheiro et al. ⁴³ mostraron que el hipoclorito de sodio (NaClO) al 2.5%, la clorhexidina (CHX) al 2% y el agua ozonizada (O3), produjeron una reducción significativa del efecto antibacteriano del *E. faecalis*, *S. mutans* y *C. albicans* en un 98.07%, 98.31% y 98.02% respectivamente, no siendo consistente con los resultados obtenidos en la presente investigación.

En el estudio de Castillo y Coaquira ⁵¹, en donde estudiaron el Aloe de Vera ozonizado con el mismo procedimiento que la presente investigación uso para el agua ozonizada se encontró que dicho irrigante mostró un halo de inhibición de entre 20-25 mm a las 4 horas, sin embargo en este estudio se realizó la primera medición a las 24 horas, por lo que se podría inferir que el agua ozonizada tiene un efecto antibacterial si es mezclado con un gel como el aloe de Vera diluido en alcohol de 70° y cloroformo para obtener eficacia en sus propiedades.

5.4. Implicaciones de estudio

Una de las mayores implicancias del estudio fue mostrar el efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%, la clorhexidina (CHX) al 5% y el agua ozonizada (O3), sobre el *E. faecalis*, para demostrar que irrigante tenía mejores efecto y en qué periodo de tiempo eran más eficaces, por lo que los resultados obtenidos fueron relevantes.

Se sugiere para futuras investigaciones ampliar el número de muestra para obtener resultados más robustos, así como el tiempo de exposición de los irrigantes y el porcentaje de concentración.



CONCLUSIONES

- El efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas fue de 29.53 mm, 29.89 mm y 30.72 mm respectivamente fue significativo.
- El efecto antibacteriano in vitro del hipoclorito de sodio al 5%, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd a las 24, 48 y 72 horas fue altamente sensible (+++).
- El efecto antibacteriano in vitro de clorhexidina, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas fue de 22.94 mm, 23.69 mm y 19.67 mm respectivamente, mostrando diferencias significativas.
- El efecto antibacteriano in vitro de clorhexidina, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas fue altamente sensible para las 24H y 48H (+++) y muy sensible (++) para las 72H.
- El efecto antibacteriano in vitro del agua ozonizada, frente al *Enterococcus faecalis*, según el halo de inhibición en 24, 48 y 72 horas fue de 9.31 mm, 9.67 mm y 10 mm respectivamente fueron significativas.
- El efecto antibacteriano in vitro del agua ozonizada, frente al *Enterococcus faecalis*, según la escala de Duraffourd en 24, 48 y 72 horas fue nula (-) y sensible (+).
- El hipoclorito de sodio (NaClO) y la clorhexidina (CHX) son significativamente más efectivos en el efecto antibacteriano contra el *E. faecalis* según el halo de inhibición y la escala de Duraffourd, mientras que el agua ozonizada (O3) fue significativo en menor medida contra el *E. faecalis* según el halo de inhibición y la escala de Duraffourd.



RECOMENDACIONES

- A la comunidad científica odontológica interesada en realizar trabajos respecto a irrigantes endodónticos en futuras investigaciones ampliar el tiempo de exposición de los irrigantes así mismo poder aumentar el número de muestra para obtener datos similares o más robustos incrementando el tiempo de trabajo.
- A la Escuela Profesional de Estomatología promover futuras investigaciones como trabajos de tesis para poder evaluar el efecto antibacteriano de diferentes soluciones irrigadoras frente a otras cepas bacterianas causantes de los fracasos endodónticos.
- A los estudiantes, especialistas odontólogos interesados en investigar acerca de otros irrigantes endodónticos utilizando diferentes concentraciones o combinando diversas soluciones sin alterar la coloración o pigmentación dentaria para determinar el efecto antibacteriano frente al *E. Faecalis*.
- En vista de los resultados obtenidos de la presente investigación y demostrado su gran efectividad a comparación de la clorhexidina al 5% y agua ozonizada se aconseja la utilización por primera instancia del hipoclorito de sodio al 5% por ser la mejor alternativa ante su efecto antibacteriano frente al *E. Faecalis*.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vilela SF, Junqueira JC, Barbosa JO, Majewski M, Munin E, Jorge AO. Photodynamic inactivation of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* biofilms by malachite green and phenothiazine dyes: an in vitro study. *Arch Oral Biol* 2012; 57(6):704-10. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.12.002>
2. Pereira CA, Romeiro RL, Costa AC, Machado AK, Junqueira JC, Jorge AO. Susceptibility of *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus mutans* biofilms to photodynamic inactivation: an in vitro study. *Lasers Med Sci* 2011; 26(3):341-8. <https://doi.org/10.1007/s10103-010-0852-3>
3. Zanin IC, Lobo MM, Rodrigues LK, Pimenta LA, Hofling JF, Gonçalves RB. Photosensitization of in vitro biofilms by toluidine blue O combined with a light-emitting diode. *Eur J Oral Sci* 2006; 114(1):64-9. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00263.x>
4. Muller P, Guggenheim B, Schmidlin PR. Efficacy of gasiform ozone and photodynamic therapy on a multispecies oral biofilm in vitro. *Eur J Oral Sci* 2007; 115(1):77–80. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2007.00418.x>
5. Petersen PE, Ogawa H. The global burden of periodontal disease: towards integration with chronic disease prevention and control. *Periodontol* 2000 2012; 60(1):15–39.
6. Dumitrescu AL. Editorial: Periodontal Disease - A Public Health Problem. *Front Public Health* 2016;3:278.
7. Watt RG, Petersen PE. Periodontal health through public health--the case for oral health promotion. *Periodontol* 2000 2012; 60(1):147–55.
8. Chen T, Yu WH, Izard J, Baranova OV, Lakshmanan A, Dewhirst FE. The Human Oral Microbiome Database: a web accessible resource for investigating oral microbe taxonomic and genomic information. *Database (Oxford)* 2010;2010:baq013.
9. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol* 2010; 8(9):623–33.



10. Neelakantan P, Subbarao C, Sharma S, Subbarao CV, Garcia-Godoy F, Gutmann JL (2013) Effectiveness of curcumin against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Acta Odontol Scand* 71:1453–1457.
11. 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85:86–93.
12. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB (2006) *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 32:93–98
13. Ravishankar P, Lakshmi T, Aravind KS (2011) Ethno-botanical approach for root canal treatment an update. *JPSR* 3:1511–1551.
14. Suvarna R, Bhat SS, Hegde KS (2014) Antibacterial activity of turmeric against *Enterococcus faecalis* an *in vitro* study. *IJCMAS* 3:498–504.
15. Shingare P, Chaugule V (2011) Comparative evaluation of antimicrobial activity of miswak, propolis, sodium hypochlorite and saline as root canal irrigants by microbial culturing and quantification in chronically exposed primary teeth. *Germs* 1:12–21.
16. Mohammadi Z (2008) Sodium Hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J* 58:329–341.
17. McComb D, Smith DC (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1:238–242.
18. Garg P, Tyagi SP, Sinha DJ, Singh UP, Malik V, Maccune E (2014) Comparison of antimicrobial efficacy of propolis, *Morinda citrifolia*, *Azadirachta indica*, triphala, green tea polyphenols and 5.25% sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Saudi Endod J* 4: 122–127.
19. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K (2001) Effect of sodium hypo- chlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J* 34: 120–132.
20. Czopik, B.; Ciechomska, M.; Zarzecka, J.; Góra, M.; Woźniakiewicz, M. Insight into the Reaction of Alexidine with Sodium Hypochlorite: A Potential Error in Endodontic Treatment. *Molecules* 2021, 26, 1623. <https://doi.org/10.3390/molecules26061623>



21. Byström, A.; Sundqvist, G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int. Endod. J.* 1985, 18, 35–40.
22. Martínez Sánchez, Gregorio. Ozonized water, background, general use in medicine and preclinic support, *Ozone Therapy Global Journal*, 2019, Vol. 9, nº 1, pp 33-60.
23. Kuruvilla, J.P.; Kamath, P. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined endodontic irrigants. *J. Endod.* 1998, 24, 472–476.
24. Russell, A.D.; Day, M.J. Antibacterial activity of chlorhexidine. *J. Hosp. Infect.* 1993, 25, 229–238.
25. Komorowski, R.; Grad, H.; Wu, X.Y.; Friedman, S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J. Endod.* 2000, 26, 315–317.
26. Rosenthal, S.; Spangberg, L.; Safavi, K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2004, 98, 488–492.
27. Zehnder, M. Root canal irrigants. *J. Endod.* 2006, 32, 389–398.
28. Berutti, E.; Marini, R.; Angeretti, A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J. Endod.* 1997, 23, 725–727.
29. Basrani, B.R.; Manek, S.; Sodhi, R.N.; Fillery, E.; Manzur, A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J. Endod.* 2007, 8, 966–969.
30. Basrani, B.R.; Manek, S.; Mathers, D.; Fillery, E.; Sodhi, R.N. Determination of 4-chloroaniline and its derivatives formed in the interaction of sodium hypochlorite and chlorhexidine by using gas chromatography. *J. Endod.* 2010, 36, 312–314.
31. Thomas, J.; Sem, D. An in vitro spectroscopic analysis to determine whether para-chloroaniline is produced from mixing sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J. Endod.* 2010, 36, 315–317.
32. Akisue, E.; Tomita, V.S.; Gavini, G.; de Figueiredo, J.A. Effect of the Combination of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine on Dentinal Permeability and Scanning Electron Microscopy Precipitate Observation. *J. Endod.* 2010, 36, 847–850.
33. Souza, M.; Cecchin, D.; Barbizam, J.V.; Almeida, J.F.; Zaia, A.A.; Gomes, B.P.; Ferraz, C.C. Evaluation of the colour change in enamel and dentine



- promoted by the interaction between 2% chlorhexidine and auxiliary chemical solutions. *Aust. Endod. J.* 2013, 39, 107–111.
34. Queiroz AM, Nelson-Filho P, Silva LA, Assed S, Silva RA, Ito IY. Antibacterial activity of root canal filling materials for primary teeth: Zinc oxide and eugenol cement, Calen paste thickened with zinc oxide, Sealapex and EndoREZ. *Braz Dent J* 2009;20:290-6. 4.
35. Narayanan LL, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. *J Conserv Dent* 2010;13:233-9.
36. Savitri D, Shetty S, Sharath Chandra S, Jayalakshmi K, Gowda M, Rai N, et al. Efficacy of ozonated water, 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on five microorganisms of endodontic infection: In vitro study. *Adv Hum Biol* 2018;8:19-23.
37. Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endod* 2004;30:778-81.
38. Restaino L, Frampton EW, Hemphill JB, Palnikar P. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Appl Environ Microbiol* 1995;61:3471-5
39. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J* 2009;42:288-302.
40. Du, T.; Wang, Z.; Shen, Y.; Ma, J.; Cao, Y.; Haapasalo, M. Effect of long-term exposure to endodontic disinfecting solutions on young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J. Endod.* 2014, 40, 509–514.
41. Haseeb, R.; Lau, M.; Sheah, M.; Montagner, F.; Quiram, G.; Palmer, K.; Stefan, M.C.; Rodrigues, D.C. Synthesis and Characterization of New Chlorhexidine-Containing Nanoparticles for Root Canal Disinfection. *Materials* 2016, 9, 452.
42. Kranz, S.; Guellmar, A.; Braeutigam, F.; Tonndorf-Martini, S.; Heyder, M.; Reise, M.; Sigusch, B. Antibacterial Effect of Endodontic Disinfections on *Enterococcus Faecalis* in Dental Root Canals—An In-Vitro Model Study. *Materials* 2021, 14, 2427. <https://doi.org/10.3390/ma14092427>
43. Pinheiro S., da Silva C., da Silva L., Cicotti M., da Silveira C., Fontana C., Pagrion L., Dalmora N., Daque T. y UF de Campos F. Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and ozonated water as



- irrigants in mesiobuccal root canals with severe curvature of mandibular molars. *Eur J Dent.*, 2018; 12(1): 94–99. doi: 10.4103/ejd.ejd_324_17.
44. Andrade C, Bustamante D, Guevara O, Armas A. Comparación entre clorhexidina e hipoclorito de sodio como soluciones desinfectantes en la práctica endodóntica. *KIRU*. 2017 ene-jun; 2017. 14(1): 86 – 90. <https://doi.org/10.24265/kiru.2017.v14n1.12>.
45. Torres, J., & Cornejo, R. Estudio Comparativo In Vitro sobre la Eficacia Antibacteriana del Extracto Alcohólico de *Caesalpinia Spinosa* (Tara) al 40% y el Hipoclorito el Sodio al 5,25%; a las 24 y 48 Horas, sobre el *Enterococcus Faecalis*. [tesis de grado]. Universidad Privada de Tacna, Perú.
46. Inofuentes Z, Bornaz JG, Ethiel D., Bornaz VL. Efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *piper augustifolium* (matico) sobre el *enterococcus faecalis*. *Rev. Evid. Odontol. Clinic.* Jul - Dic 2019 – Vol. 5 – Num.2.
47. Mamani DM, Mojo B. Efecto bactericida del NaClO y yoduro de potasio yodado sobre *Streptococcus salivarius*, *enterococcus faecalis* de piezas dentarias con pulpas necroticas en el H.R.M.N.B. Puno 2016 [tesis de título profesional]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 2016.
48. Alvarado GP. Efecto antibacteriano in vitro del extracto hidroalcohólico de propóleo e hipoclorito de sodio frente a *Enterococcus faecalis* [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Trujillo, Perú, 2015.
49. Pérez JL, Domínguez Y. Efectividad antibacteriana de los irrigantes endodónticos hipoclorito sódico-edta versus hipoclorito sódico-ácido cítrico, en el tratamiento de conductos radiculares con necrosis pulpar en el Hospital Militar Central de Lima 2015 [tesis de título profesional]. Universidad Nacional “Hermilio Valdizan”, Huánuco, Perú. 2015.
50. Peng X, Xu X, Li Y, Cheng L, Zhou X, Ren B. Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *Int J Oral Sci.* 2020;12(1):9. Published 2020 Mar 3. doi:10.1038/s41368-020-0075-9.
51. Sánchez F, Furuya A, Arroniz S, Gómez A, Gómez L. Comparación de la acción bactericida de hipoclorito de sodio y Microcyn 60. *Revista Odontológica Mexicana*, Vol. 13, Núm. 1 Marzo 2009, pp 9-16.
52. Brauner A: Klinische Untersuchung über den therapeutischen Erfolg von ozonisiertem Wasser bei Gingivitis und Parodontitis. *Zahnärztliche Praxis* 1991; 2, 48-50.



53. Inofuentes Z, Bornaz JG, Ethiel D., Bornaz VL. Efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *piper augustifolium* (matico) sobre el *enterococcus faecalis*. Rev. Evid. Odontol. Clinic. Jul - Dic 2019 – Vol. 5 – Num.2.
54. Sakamoto M, Rocas IN, Siqueira JF, Jr, Benno Y. Molecular analysis of bacteria in asymptomatic and symptomatic endodontic infections. Oral Microbiol Immunol. 2006;21:112–22.
55. Tirado E. Influencia de la temperatura sobre la actividad antibacteriana del hipoclorito de sodio al 3% frente a *enterococcus faecalis* atcc 29212 (tesis de título profesional), Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Trujillo, Perú. 2019.
56. Sunde PT, Olsen I, Debelian GJ, Tronstad L. Microbiota of periapical lesions refractory to endodontic therapy. J Endod. 2002;28:304–10.
57. Sunde PT, Tronstad L, Eribe ER, Lind PO, Olsen I. Assessment of periradicular microbiota by DNA – DNA hybridization. Endod Dent Traumatol. 2000;16:191–6.
58. Tronstad L, Barnett F, Riso K, Slots J. Extraradicular endodontic infections. Endod Dent Traumatol. 1987;3:86–90.
59. Gatti JJ, Dobeck JM, Smith C, White RR, Socransky SS, Skobe Z. Bacteria of asymptomatic periradicular endodontic lesions identified by DNA – DNA hybridization. Endod Dent Traumatol. 2000;16:197–204.
60. Love RM. *Enterococcus faecalis* - a mechanism of its role in endodontic failure. Int Endod J. 2001;34:399–405.
61. Gopikrishna AV, Kandaswamy D, Jeyavel RK. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of five endodontic root canal sealers against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. J Conserv Dent. 2006;9:2–12.
62. Lakshmi-Narayanan L, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. J Conserv Dent. 2010 Oct-Dec; 13(4): 233–239. doi: 10.4103/0972-0707.73386.
63. Jansson L, Ehnevid H, Lindskog S, Blomlöf L. Development of periapical lesions. Swed Dent J 1993;17:85-93.
64. Paster BJ, Olsen I, Aas JA, Dewhirst FE. The breadth of bacterial diversity in the human periodontal pocket and other oral sites. Periodontol. 2000;2006;42:80–7.



65. Shah HN, Collins DM. Prevotella, a new genus to include Bacteroides melaninogenicus and related species formerly classified in the genus Bacteroides. *Int J Syst Bacteriol.* 1990;40:205–8
66. Conrads G, Gharbia SE, Gulabivala K, Lampert F, Shah HN. The use of a 16S rDNA directed PCR for the detection of endodontopathogenic bacteria. *J Endod.* 1997;23:433–8.
67. Dahle UR, Titterud Sunde P, Tronstad L. Treponemas and endodontic infections. *Endod Top.* 2003;6:160–70.
68. Vianna ME, Conrads G, Gomes BP, Horz HP. Identification and quantification of archaea involved in primary endodontic infections. *J Clin Microbiol.* 2006;44:1274–87.
69. Glick M, Trope M, Bagasra O, Pliskin ME. Human immunodeficiency virus infection of fibroblasts of dental pulp in seropositive patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1991;71:733–6.
70. Slots J. Herpes viruses in periodontal diseases. *Periodontol.* 2000;2005;38:33–62.
71. Bennington JL. *Diccionario enciclopédico del laboratorio clínico.* Madrid: Médica Panamericana. 1999.
72. García P, Fernández del Barrio MT, Paredes F. *Cultivo de bacterias». Microbiología clínica aplicada (Tercera edición).* Madrid: Díaz de Santos. 1997.
73. Tortora GJ, Funke, BR, Case CL. *Crecimiento microbiano». Introducción a la microbiología (Novena edición).* Buenos Aires: Médica Panamericana. 2007.
74. Forbes BA. *Cultivo e identificación tradicionales». Diagnóstico microbiológico.* Buenos Aires: Médica Panamericana. 2009.
75. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* México: Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
76. Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. doi: <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>.
77. Málaga, J., Vera, G. y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamiento y Armón* 5:145-154.



78. Ramírez, T. (1997). Como hacer un proyecto de investigación. Caracas: Editor Tulio Ramírez.
79. Espinoza, E. (2019). Métodos y técnicas de recolección de la información. Tegucigalpa: Facultad de Ciencias Médicas (FCM), Facultad de Ciencias Médicas (UIC FCM) Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).
80. Aiken, L. (2003). Tests psicológicos y evaluación. México: Pearson Educación.
81. Ilson José Soares y Fernando Goldberg. “Endodoncia técnicas y fundamentos”, 2003, Pág. 127
82. Cárdenas-Bahena Ánge, Sergio Sánchez-García, Tinajero-Morales Carlos, González-Rodríguez Víctor Manuel, Baires-Várguez Laura (2015) Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales
83. Torres AN. Estudio in vitro del efecto bactericida del agua ozonizada en comparación con hipoclorito de sodio (5.25%) como sustancias irrigadoras de conductos radiculares humanos sobre *Actinomyces israelii* [tesis de título profesional]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016.
84. Veisi H. Sodium Hypochlorite (NaOCl). *Synlett* 2007, No. 16, pp 2607–2608. DOI: 10.1055/s-2007-986658.
85. Elmogahzy, Yehia. (2020). Engineering Textiles. Integrating the Design and Manufacture of Textile Products. The Textile Institute Book Series, Pages 275-298.
86. Healthline Media. In Vivo vs. In Vitro: What Does It All Mean? Recuperado de: <https://www.healthline.com/health/in-vivo-vs-in-vitro#factors-to-consider>. 2020.