

EFECTO DE LAS NANOPARTICULAS DE PLATA E HIPOCLORITO DE SODIO AL
5.25% EN LA INHIBICIÓN DEL *Enterococcus faecalis* EN LOS CANALES RADICULARES
MEDIANTE REVISIÓN NARRATIVA

JESÚS ALEJANDRO FERNÁNDEZ ANDRADE

ANDRÉS FABIÁN VANEGAS MENESES

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

EFFECTO DE LAS NANOPARTICULAS DE PLATA E HIPOCLORITO DE SODIO AL
5.25% EN LA INHIBICIÓN DEL *Enterococcus faecalis* EN LOS CANALES RADICULARES
MEDIANTE REVISIÓN NARRATIVA

JESÚS ALEJANDRO FERNÁNDEZ ANDRADE

ANDRÉS FABIÁN VANEGAS MENESES

Asesor científico:

Jessica Aleida Rolon Barroso

Odontólogo-Endodoncista

Asesor metodológico

Jesús Arturo Ramírez Sulvaran

Lic. MSc. Dr. Educación

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por darme sabiduría y entendimiento durante éste proceso y por darme la fuerza necesaria en los momentos más difíciles, a mis padres Eblin Cecilia Meneses Pedroza, Pedro Heli Vanegas Pacheco por siempre creer en mí y apoyarme en todo, son mi mayor motivación y ejemplo a seguir. A mi hermana Andrea del pilar Vanegas Meneses por siempre estar para mí, siendo un gran apoyo en este proceso. Les dedico mi esfuerzo por todo el aporte que hicieron para que culminara esta etapa. Agradezco también a mis docentes por ofrecerme los conocimientos para obtener el logro anhelado.

Andrés Fabián Vanegas Meneses

La dedicación de este trabajo de grado es primeramente a Dios que me dio la vida y la salud para poder hacer este trabajo, a mis padres, José De Jesús Fernández y Eddy Elizabeth Andrade que son mi mayor inspiración quienes con su amor y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por hacer de mí el hombre que soy hoy en día.

A mi hermano, Jesús Eduardo Fernández Andrade, por su amor, sacrificio, palabras de aliento y consejos pude realizar mis estudios universitarios, gracias por siempre estar conmigo; a mi hermana Celina Fernández Andrade que, aunque no esté físicamente con nosotros, desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien. Por último, a toda mi familia, a mis amigos más cercanos y todas aquellas personas que de una u otra manera me han ayudado para lograr culminar este sueño.

Jesús Alejandro Fernández Andrade

Agradecimientos

En este momento tan especial para nuestras vidas, muchas ideas se nos vienen a la mente; pero en ellas prevalece en sentido del agradecimiento. Para empezar, queremos agradecer a Dios todo poderoso y decirle que ayer, hoy y siempre, es y será el dueño y Señor de nuestras vidas. En segundo lugar, a nuestros padres, por el apoyo emocional, afectivo, económico que nos dieron para alcanzar este triunfo.

Agradezco especialmente a mis asesores de tesis los doctores Jessica Aleida Rolon Barroso en la parte científica y al doctor Jesús Arturo Ramírez Sulvaran en la parte metodológica, ellos hacen parte fundamental de este éxito, también quiero agradecer a la Universidad Antonio Nariño, por la acogida que nos dio, por la formación profesional recibida enmarcada en los principios de la ciencia y la ética, por permitirnos cumplir nuestros sueños de ser odontólogas y por ser una esperanza y fuente de conocimiento para la juventud nortesantandereana.

Resumen

El éxito de una endodoncia consiste en la eliminación del tejido pulpar infectado, la erradicación de los microorganismos como el *Enterococcus Faecalis* que existen en la estructura compleja de los conductos radiculares dentales, por lo tanto previniendo la recontaminación del espacio pulpar después del tratamiento para evitar una infección intraoperatoria o posoperatoria. Un paso importante para disminuir o eliminar la contaminación de los canales radiculares es la irrigación del conducto radicular con agentes irrigantes como el hipoclorito de sodio y las nanopartículas de plata quienes pueden penetrar en áreas mecánicamente inaccesibles y tiene propiedades antimicrobianas.

Objetivo: Identificar el efecto de las nanopartículas e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares mediante revisión bibliográfica.

Metodología: Se seleccionaron 60 artículos de ensayo clínico, empleando 6 bases de datos para esta investigación en un intervalo de publicación desde el 2010 hasta el 2021 de revistas indexadas

Resultados: Se encontró que hipoclorito de sodio al 5,25% y las nanopartículas inhiben el *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares, pero ninguno de estos dos irrigantes cumplen las características de un irrigante ideal, puesto que se encontraron efectos adversos del hipoclorito de sodio al 5,25% y las nanopartículas de plata.

Conclusiones: El hipoclorito de sodio al 5,25% y las nanopartículas fueron eficaz en la inhibición del microorganismo *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares, ya que no hubo crecimiento bacteriano debido a la eliminación completa del *Enterococcus faecalis*, sin embargo, no cumplen todas las características de un irrigante ideal.

Palabras clave: Nanopartículas de plata en endodoncia, hipoclorito de sodio al 5,25% en endodoncia, *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares, nanopartículas de plata como agente inhibidor.

ABSTRACT

The success of a root canal consists of the elimination of the infected pulp tissue, the eradication of microorganisms such as *Enterococcus Faecalis* that exist in the complex structure of the dental root canals, therefore preventing the recontamination of the pulp space after treatment to avoid a intraoperative or postoperative infection. An important step in reducing or eliminating root canal contamination is irrigation of the root canal with irrigating agents such as sodium hypochlorite and silver nanoparticles, which can penetrate mechanically inaccessible areas and have antimicrobial properties.

Objective: To identify the effect of silver nanoparticles and 5.25% sodium hypochlorite on the inhibition of *Enterococcus faecalis* in root canals by means of a bibliographic review.

Methodology: The sample was selected based on the review of 50 clinical trial articles, using 6 databases for this research in a publication interval from 2010 to 2021 of indexed journals.

Results: The search yielded articles from clinical trials, determining the antibacterial activity and effectiveness of 5.25% sodium hypochlorite and silver nanoparticles in inhibiting *Enterococcus faecalis* in root canals, but neither of these two irrigants meet the characteristics of An ideal irrigant, since 5.25% sodium hypochlorite and silver nanoparticles have been shown to have adverse effects.

Conclusions: The 5.25% sodium hypochlorite and silver nanoparticles were effective in inhibiting the microorganism *Enterococcus faecalis* in the root canals, since there was no bacterial growth due to the complete elimination of the *Enterococcus faecalis* biofilms, however, they did not meet all the characteristics of an ideal irrigant.

Keywords: “Silver nanoparticles in endodontics”, “5.25% sodium hypochlorite in endodontics”, “*Enterococcus faecalis* in root canals”, “Silver nanoparticles as an inhibitor agent”.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN	111
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	114
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
OBJETIVOS	18
<i>Objetivo general</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
JUSTIFICACIÓN	19
MARCO REFERENCIAL Y TEORICO	22
LA ENDODONCIA	22
<i>ENTEROCOCCUS FAECALIS</i> DETECTADO EN LOS FRACASOS ENDODONTICOS	23
TIPOS DE IRRIGANTES CONVENCIONALES PARA TRATAMIENTOS ENDODONTICOS	25
EFECTO ANTIMICROBIANO DEL IRRIGANTE HIPOCLORITO DE SODIO EN EL TRATAMIENTO ENDODONTICO	27
EFECTO ANTIMICROBIANO DEL IRRIGANTE ALTERNATIVO NANOPARTICULAS DE PLATA EN EL TRATAMIENTO ENDODONTICO	28
DISEÑO METODOLÓGICO	31
TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
POBLACIÓN Y MUESTRA	31
LA POBLACIÓN	31
LA MUESTRA	31
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	32
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	32
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	32
VARIABLES DE ESTUDIO	33

	10
VARIABLE INDEPENDIENTE	33
VARIABLE DEPENDIENTE	33
VARIABLE INTERVINIENTE	33
HIPÓTESIS	33
HIPÓTESIS NULA	33
HIPÓTESIS ALTERNATIVA	33
MATERIALES Y MÉTODOS	34
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
RESULTADOS	37
DISCUSIÓN	52
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60

INTRODUCCIÓN

Los principales factores etiológicos para las infecciones pulpar y perirradiculares son los microorganismos. El objetivo principal del tratamiento del conducto radicular es la erradicación completa de los microorganismos y la desinfección completa del sistema del conducto radicular; sin embargo, las bacterias que residen dentro de los túbulos dentinarios son inaccesibles para las técnicas de instrumentación del conducto radicular actualmente disponibles, los irrigantes del conducto radicular, los medicamentos intracanales y los materiales de obturación. Esto se debe a que la infección endodóntica es una infección mediada por biopelículas y la erradicación completa de los microbios es difícil debido a la compleja anatomía del sistema del conducto radicular y la creciente resistencia microbiana a las modalidades de tratamiento disponibles. Todos estos factores causan la persistencia de bacterias dentro del sistema de conducto radicular que conduce a infecciones persistentes y reinfecciones (Halkai et al., 2018).

La limpieza del conducto radicular mediante instrumentación o irrigación se considera uno de los factores más importantes en la prevención y el tratamiento de las infecciones endodónticas. Una buena instrumentación y riego combinados con una buena reconstrucción de coronación se consideran esenciales para tener un buen pronóstico a largo plazo. La irrigación es una adición fundamental a la instrumentación necesaria para eliminar el tejido pulpar residual, las bacterias y los restos dentales que aún pueden estar presentes en el canal incluso después de una preparación biomecánica meticulosa (González et al., 2016).

El material más importante utilizado como irrigante en el tratamiento del conducto radicular es el hipoclorito de sodio. Aunque tiene varias ventajas, como su amplio espectro bactericida y su capacidad para eliminar los desechos orgánicos, su actividad antibacteriana podría

ser inactivada por la dentina y la biomasa en el conducto radicular; además, la irrigación con hipoclorito de sodio conduce a una disminución de la fuerza de unión entre la dentina y la resina. Debido a esto, los investigadores en el campo de la endodoncia han centrado sus esfuerzos en el desarrollo de un nuevo irrigante basado en nanomateriales (Marin et al., 2020).

Con el surgimiento de la nanotecnología, las nanopartículas de plata (AgNP) se han utilizado ampliamente en odontología, principalmente debido a sus propiedades antibacterianas. Se puede utilizar en odontología restauradora mediante su conexión en resinas compuestas y sistemas adhesivos con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y prevenir o disminuir la pérdida de biopelículas. Las nanopartículas de plata se estudian en prótesis dentales donde se incorporan a los protocolos utilizados como acondicionadores de tejidos y como bases de prótesis para prevenir la aparición de estomatitis de prótesis. Los AgNP se utilizan en implantología para evitar la formación de biopelículas sobre la superficie del implante. En endodoncia, los AgNP se han incorporado en diferentes materiales (sellador del conducto radicular, cementos y gutapercha) para prevenir la recolonización de bacterias y se han estudiado como soluciones de irrigación y medicación intracanal contra las biopelículas bacterianas. Esto se debe a las ventajas que ofrecen los AgNP en comparación con el hipoclorito de sodio (NaOCl). Los AgNP tienen su eficacia antibacteriana en presencia de dentina, y se utilizan como alternativa al riego del conducto radicular debido a su biocompatibilidad, especialmente en más bajas. Además, los estudios informales que las bacterias no son capaces de desarrollar resistencia a los AgNP en comparación con los antibióticos. Aunque no todos los mecanismos son bien conocidos, los AgNP pueden interactuar automáticamente con múltiples objetivos en la célula microbiana, como la membrana celular de bacterias gram positivas y gram negativas, enzimas, proteínas, lípidos, ADN y plásmidos, lo que dificulta que las bacterias generen resistencia (Orozco et al., 2019).

Las nanopartículas de plata han aparecido como una mejor opción que el hipoclorito de sodio 5.25% siendo el objetivo principal de este estudio, el cual se quiere lograr determinar el efecto bactericida entre las nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio 5.25% en desinfección de canales radiculares *in vitro*.

EL PROBLEMA

Planteamiento Del Problema

Los objetivos principales de la terapia del conducto radicular dental son la eliminación del tejido pulpar infectado, la erradicación de los microorganismos que existen en la estructura compleja de los conductos radiculares dentales y la prevención de la recontaminación del espacio pulpar después del tratamiento para evitar una infección intraoperatoria / posoperatoria. A pesar de los avances en las herramientas y técnicas que se utilizan en el tratamiento endodóntico, la tasa de éxito del tratamiento sigue siendo un problema. La colonización de varios tipos de bacterias en la biopelícula, la formación de una capa de frotis durante la instrumentación, la anatomía compleja del sistema del conducto radicular y los microorganismos restantes en los túbulos dentinarios son las principales causas de falla y reinfección en los tratamientos de endodoncia. Aunque la instrumentación mecánica trata de desbridar las paredes del canal infectado, no puede eliminar la contaminación de las áreas intactas del sistema del conducto radicular (Song & Ge 2019; Moghadas et al., 2012; Yamaguch et. al, 2018).

Varios investigadores han confirmado el papel de las bacterias y sus subproductos en el inicio, propagación y persistencia de la enfermedad pulpar y periapical. La eliminación de microorganismos del sistema de conducto radicular infectado para crear un ambiente de curación favorable es el objetivo principal del tratamiento del conducto radicular. La mayoría de las bacterias infecciosas y los restos de pulpa necróticos pueden eliminarse mediante procedimientos intracanales de rutina, como la limpieza mecánica y la conformación y el riego químico del espacio pulpar. El aumento del protocolo antibacteriano se puede lograr mediante el uso de medicamentos

intracapitales entre citas, que son capaces de reducir aún más la carga bacteriana (Alabdulmohsen & Saad, 2017).

La dificultad para eliminar este microorganismo se debe a su capacidad para penetrar los túbulos dentinarios y sobrevivir en forma de biopelícula en las complejidades anatómicas del sistema del conducto radicular siendo capaces de resistir la acción de varios antimicrobianos utilizados dentro del conducto, así mismo debido a esta resistencia se genera la infección sobre los cuerpos extraños como la gutapercha u otros materiales obturadores que se extienden a los tejidos (Halkai et al., 2018; Almeida et al. 2018).

La adición fundamental a la instrumentación necesaria para eliminar el tejido pulpar residual, las bacterias y los restos dentales que aún pueden estar presentes en el canal incluso después de una preparación biomecánica meticulosa es la irrigación endodóntica (Zargar et. al, 2019; González et al., 2016).

Aunque hay varios irrigantes disponibles, ninguno de ellos cumple con todas las propiedades ideales de un irrigante endodóntico. El hipoclorito de sodio es un irrigante común debido a sus potentes acciones antibacterianas y orgánicas que disuelven los desechos. Se ha demostrado que es efectivo incluso contra bacterias protegidas por una biopelícula. Sus defectos incluyen el sabor desagradable, la toxicidad, la incapacidad para eliminar completamente la capa de frotis y el posible deterioro de la resistencia de la dentina. La eficacia antibacteriana también ha sido cuestionada, ya que se demostró que podría ser inactivado fácilmente por sustancias orgánicas en el conducto radicular, como el tejido pulpar, el colágeno dentinario y los subproductos microbianos. Además, la capacidad de desinfección efectiva de áreas difíciles de alcanzar como aletas, anastomosis, delta apical y canales laterales también era cuestionable (Chan & Cheung, 2015).

Por todos estos defectos o deficiencias ha surgido un nuevo método y material llamado nanopartículas. La nanotecnología se considera un gran avance en el campo de la medicina ya que ayuda a producir biomateriales avanzados con propiedades ideales físicas, químicas y biológicas, por lo que se comenzó a implementar las nanopartículas de plata, debido a la gran relación superficie / volumen y efecto antibacteriano del material de tamaño nanométrico. En este sentido, la solución antibacteriana de partículas de nano-plata se considera un irrigante endodóntico potencial (Alabdulmohsen & Saad, 2017; Chan & Cheung, 2015; Kaur & Luthra, 2016).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Un desafío importante en el tratamiento del conducto radicular es la incapacidad de los procedimientos actuales de limpieza y conformación para eliminar las biopelículas bacterianas que sobreviven dentro de las complejidades anatómicas y las partes no instrumentadas del sistema del conducto radicular. Se ha demostrado que el hipoclorito aunque es efectivo, su eficacia antibacteriana ha sido cuestionada, y se ha establecido efectos adversos como resultado de complicaciones en su manejo (Chan & Cheung, 2015).

Actualmente, los materiales a nanoescala como las nanopartículas de plata han surgido como nuevos agentes antimicrobianos y antibacterianos siendo efectivos dado que la plata induce principalmente la desnaturalización y la oxidación de la pared celular, lo que conduce a la ruptura de los orgánulos celulares internos, lo que resulta en la muerte bacteriana, específicamente contra *E. faecalis* (Alkatani, 2018; Krishnan, 2015; Contreras, 2015).

El objetivo de la presente investigación es ofrecer otros métodos que aporten calidad en el trabajo o en el tratamiento donde el paciente no se vea afectado si no que salga satisfecho de su procedimiento; teniendo en cuenta que en el área de endodoncia la desinfección de conductos

radiculares se basa más que todo en un solo producto (hipoclorito de sodio al 5.25%), el cual se debe usar con precaución en el paciente. Es por ello que se quiere evaluar otro método de trabajo en la desinfección de conductos radiculares como las nanopartículas de plata.

¿Que irrigante es más efectivo en la inhibición del *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares?

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar el efecto de las nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5.25% en la inhibición del *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares mediante revisión bibliográfica.

Objetivos específicos

Determinar el efecto del hipoclorito de sodio al 5.25% como agente inhibidor del *Enterococcus faecalis* en canales radiculares basados en literatura científica.

Determinar el efecto de las nanopartículas de plata como agente inhibidor del *Enterococcus faecalis* en canales radiculares basados en literatura científica.

JUSTIFICACIÓN

La cavidad oral se encuentra constantemente con una gran cantidad de microorganismos. La biopelícula de placa, una de las principales causas de caries, periodontitis y otras enfermedades dentales, es una comunidad compleja de bacterias u hongos que causa infección al proteger los microorganismos patógenos de los fármacos externos y escapar de los mecanismos de defensa del huésped. Aunque existen cantidades significativas de estudios que se centran en el desarrollo de agentes antimicrobianos para superar este problema, la mayoría de estos intentos no lograron los resultados deseados debido a la rápida degradación y liberación rápida de agentes antibacterianos que causan problemas de baja eficiencia y seguridad (Song & Ge, 2019).

E. faecalis es el microorganismo más prominente involucrado en infecciones persistentes después de la terapia del conducto radicular. *E. faecalis* tiene la capacidad de penetrar los túbulos dentinarios y el cemento. Puede sobrevivir en forma de biopelícula en las complejidades anatómicas del sistema del conducto radicular, sobre los cuerpos extraños como la gutapercha u otros materiales obturadores que se extienden a los tejidos periapicales y puede sobrevivir durante períodos prolongados en condiciones de agotamiento de nutrientes. *E. faecalis* se adhiere a los tejidos dentales por las proteínas de unión al colágeno: enzima convertidora de angiotensina y serina proteasa (Halkai et al., 2018).

La dificultad para eliminar *E. faecalis* no solo se debe a la compleja anatomía del sistema de conducto radicular, que hace que áreas específicas sean inaccesibles a las técnicas de instrumentación convencionales, sino también a su capacidad de penetrar los túbulos dentinarios y organizar una biopelícula (Almeida et al., 2018).

Aunque hay varios irrigantes disponibles, ninguno de ellos cumple con todas las propiedades ideales de un irrigante endodóntico. El hipoclorito de sodio es un irrigante común debido a sus potentes acciones antibacterianas y orgánicas que disuelven los desechos. Se ha demostrado que el hipoclorito es efectivo incluso contra bacterias protegidas por una biopelícula. Sus defectos incluyen el sabor desagradable, la toxicidad, la incapacidad para eliminar completamente la capa de frotis y el posible deterioro de la resistencia de la dentina. La eficacia antibacteriana del hipoclorito de sodio también ha sido cuestionada, ya que se demostró que el hipoclorito de sodio podría ser inactivado fácilmente por sustancias orgánicas en el conducto radicular, como el tejido pulpar, el colágeno dentinario y los subproductos microbianos. Además, la capacidad de desinfección efectiva de áreas difíciles de alcanzar como aletas, anastomosis, delta apical y canales laterales también era cuestionable (Chan & Cheung, 2015).

Actualmente, los materiales a nanoescala han surgido como nuevos agentes antimicrobianos debido a su alta relación superficie / volumen y la propiedades químicas y físicas únicas (Krishnan, 2015).

La naturaleza antibacteriana de la plata se ve reforzada en forma de nanopartículas, ya que se ha informado que los AgNP tienen la capacidad de penetrar la pared celular bacteriana y dañar la membrana celular que conduce a la muerte de la célula. Se informó que los AgNP tenían actividad antibacteriana contra *E. faecalis*, La presencia de tapas de proteínas en las nanopartículas ayuda a estabilizar y unirse al receptor de la superficie celular, lo que aumenta la unión y la absorción del fármaco o material genético en células humanas (Katva, 2017; Jadhav 2016).

Por todos estos defectos o deficiencias se requiere un nuevo método más eficaz para el tratamiento en la desinfección de canales radiculares actualmente ha surgido una nueva opción un material llamado nanotecnología o nanopartículas. La nanotecnología se considera un gran

avance en el campo de la medicina. Puede ser útil para producir biomateriales avanzados con propiedades físicas, químicas y biológicas únicas. Esto se aborda principalmente mediante la mejora de la relación superficie-volumen. Para controlar varios procesos biológicos, podemos usar nanomateriales con geometrías predefinidas, características de superficie y resistencia mecánica (Krishnan, 2015; Chan & Cheung, 2015).

Teniendo presente que las nanopartículas de plata podrían ser una mejor opción en la desinfección endodóntica frente al hipoclorito de sodio 5.25% que está estandarizado en los protocolos de irrigación endodóntica, el cual no cumple de forma idónea todos los requisitos ya que presenta efectos adversos, como lo son la inflamación y posible filtración a los tejidos blandos que podrían causar necrosis entre otras complicaciones que este puede presentar; por eso se requiere un nuevo material que sea más eficaz, por eso hoy en día ha surgido las nanopartículas de plata que se ven como una mejor opción para la desinfección de canales radiculares.

MARCO REFERENCIAL Y TEORICO

La endodoncia

Es una especialidad de la odontología que estudia la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular, que contienen la pulpa dental, a su vez, trata las afecciones del complejo dentinopulpar y de la región periapical, utilizando las técnicas de asepsia y los principios de preparación y obturación de conductos radiculares; a causa de una inflamación, infección o lesión que provoque dolor, se extirpa o se elimina la totalidad del tejido pulpar de un diente siendo este el propósito del tratamiento del conducto radicular, el cual consiste en la limpieza mecánica y química exhaustiva de un conducto radicular infectado. La pulpa dental se ubica en la parte más interna del diente y está compuesta por un tejido conectivo blando que contienen nervios y vasos sanguíneos primordialmente. Posterior a la extirpación de la pulpa queda al descubierto una cavidad conocida como cámara pulpar y unas cavidades en las raíces conocidas como conductos radiculares los cuales deben ser correctamente limpiados y desinfectados para posteriormente ser rellenados y sellados con un material inerte que sea compatible con la estructura dental. (Yamaguch et. al, 2018; Toledo, Carrazana, Barreto, 2016; Bergenholtz, 2016).

Cuando nos referimos a un tratamiento de endodoncia es porque principalmente hay un problema de infección. Esto significa que el foco principal del tratamiento es remediar la infección del conducto radicular de manera que el diente se puede mantener a largo plazo sin causar enfermedad en condiciones inflamatorias o efectos adversos sistémicos. El objetivo de una terapia es lograr una limpieza y una conformación del conducto radicular para poder obturarlo tridimensionalmente y mantener la salud de los tejidos periradiculares (Bergenholtz, 2016; Rodríguez, Vázquez, Alonso, Ledesma, 2014; Song & Ge, 2019).

El tratamiento convencional de conductos es el procedimiento por el cual se extirpa o se elimina la totalidad del tejido pulpar de un diente. Este procedimiento no puede eliminar completamente los microorganismos del canal radicular, puesto que solo con la instrumentación mecánica no es suficiente, dado que deja sin instrumentar áreas significativas de las paredes del canal radicular. Por lo tanto, algunas estrategias de riego son necesarias para eliminar el tejido residual y controlar los microorganismos (Giardino, Mohammadi, Beltrami, et. al. 2016).

***Enterococcus faecalis* detectado en los fracasos endodónticos**

Los microorganismos que persisten después del proceso de desinfección contribuyen al fracaso del tratamiento del conducto radicular, las especies de *Enterococcus* prevalecen en infecciones, y se ha descubierto que *E. faecalis* es el más común en estas infecciones que otras bacterias. La erradicación de microorganismos del conducto radicular es compleja y requiere un uso combinado de instrumentación y estrategias de control de infecciones, estos se deben complementar con agentes antimicrobianos que exhiban una mayor efectividad antibacteriana (Zargar et. al, 2019; Giardino, et al, 2016)

Los *Enterococcus* han obtenido un importante crecimiento debido al desarrollo potencial de resistencia a múltiples fármacos antimicrobianos, después de terapias con antibióticos que incluyen penicilina, amoxicilina y clindamicina β -lactámicos. Un mecanismo añadido a su resistencia natural. El *Enterococcus* pueden desarrollar resistencia mediada por plásmidos y a varios antibióticos (Loyola, et.al, 2019)

Es una bacteria del ácido láctico caracterizada por su tolerancia a condiciones ambientales muy diversas, una propiedad que le permite colonizar muchos hábitats diferentes. Tiene una morfología y composición genética única, siendo este un coco grampositivo que está presente en

las infecciones primarias del sistema del conducto radicular, es el microorganismo más frecuentemente encontrado dentro de conductos tratados y alrededor del área periapical, este tiene una composición morfológica y genética única, que le permite formar una de las biopelículas más resistentes a la acción de varios antimicrobianos utilizados dentro del conducto radicular e invadir los tubulos dentinarios y resistir la privación nutricional (Kushwaha et al., 2018; Barbosa, *et al.*, 2016; Zhang, Du & Peng, 2015; Afkhami, Akbari, Chiniforush, 2016; Perez, 2019).

Los factores más frecuentes asociados con el fracaso del tratamiento endodóntico son principalmente la presencia de bacterias, la preparación quimiomecánica deficiente, el llenado inadecuado de los conductos radiculares que se puede presentar por el relleno con falta de sellado apical, filtración en la restauración de la corona clínica, canales no tratados, así como iatrogenias como transporte apical, pequeñas cavidades de acceso, perforaciones, vías falsas y fracturas. Lo cual va a evitar que llegemos al resultado ideal que se busca. (Prada, et al., 2019).

El resultado ideal de un tratamiento endodóntico es controlar las infecciones y prevenir las reinfecciones, como efecto de la erradicación de todas las especies de microorganismos del sistema del conducto radicular, especialmente las patógenas, un paso importante para disminuir o eliminar la contaminación endodóntica es la irrigación del conducto radicular con agentes irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) quienes pueden penetrar en áreas mecánicamente inaccesibles (Oliveira, 2017; Moghadas et al., 2012; Wright, 2017).

Una posible solución para esto es la mejora de los selladores endodónticos mediante la adición de nanopartículas o cualquier otro componente químico, que podría ayudar a neutralizar los microorganismos que quedan en el sistema de conductos radiculares, mejorando el pronóstico y el éxito endodóntico. Las nanopartículas de plata son los nanomateriales metálicos más usados

para el control de varios tipos de microorganismos debido a sus propiedades antimicrobianas incluso en microorganismos resistentes a los fármacos, incluyendo el *Enterococcus faecalis*. (Loyola, et.al, 2019)

Tipos de irrigantes convencionales para tratamiento endodóntico

Es una de las fases del tratamiento endodóntico, que es el procedimiento de limpieza, lavado, aspiración, evacuación y desinfección de los restos de sustancias que están en los conductos radiculares antes, durante y después de la preparación biomecánica. Los irrigantes desempeñan un papel muy importante en la eliminación de bacterias, en la disolución de los tejidos, eliminación de los desechos y eliminación del smear layer; además, previenen el empaquetamiento de tejidos infectados en el área apical e incluso a nivel periapical, por lo tanto junto al empleo de medios mecánicos durante la realización de un tratamiento de conducto resulta un procedimiento clínico que favorece el alcance del objetivo endodóntico (Falcon, 2017; Darcey, Jawad, Taylor, Roudsari, Hunter, 2016).

Un irrigante ideal debe tener determinadas características enfocadas a ayudar en conjunto con la limpieza y desinfección del sistema de canales radiculares, entre las que deben destacar la capacidad para eliminar los residuos y tener un efecto antibacteriano. Los objetivos de la irrigación en un tratamiento de conductos radiculares se enfocan a fines mecánicos, químicos y biológicos. Los mecánicos y químicos son eliminar los residuos, lubricar el canal, disolver el tejido orgánico e inorgánico y evitar la formación del barrillo dentinario durante la instrumentación. Los objetivos biológicos se refieren a la capacidad de la solución de inhibir o eliminar microorganismos (Vouzara, 2015).

Entre los cuales encontramos los compuestos halógenos como lo son el Hipoclorito de sodio 5.25%, Gluconato de clorhexidina al 2%, soluciones quelantes como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) al 10-17%, solución de ácido cítrico y soluciones diversas como agua destilada esterilizada, hidróxido de calcio, peróxido de hidrógeno y suero fisiológico. Cabe aclarar, que aunque cada uno tiene propiedades destacables y ciertas desventajas en determinadas concentraciones, ninguno cuenta con las características ideales para ser irrigante idóneo en la desinfección de canales radiculares (Falcon, 2017; Giardino, 2016; Tartari, 2017).

Tabla 1. Características como irrigantes de NaOCl, EDTA y CHX

Agentes	Ventajas	Desventajas
Hipoclorito de sodio	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de disolver tejidos orgánicos - Propiedades antibacterianas - pH alcalino 	<ul style="list-style-type: none"> - citotoxicidad en altas concentraciones - Produce reacciones alérgicas en algunos pacientes
Ácido Etilendiaminotetraacético	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina parte de la capa de barrillo dentinario 	<ul style="list-style-type: none"> - No posee propiedades antibacterianas
Clorhexidina	<ul style="list-style-type: none"> - Propiedades antibacterianas - Efecto residual 	<ul style="list-style-type: none"> - No disuelve tejido orgánico - No elimina capa de barrillo dentinario

Efecto antimicrobiano del irrigante hipoclorito de sodio en el tratamiento endodóntico

Es un irritante con una concentración que varía entre el 1% al 5.25% es el compuesto halógeno más utilizado como irrigante en el tratamiento de conductos debido a su actividad antimicrobiana y orgánicas que disuelven los desechos. Se ha demostrado que el hipoclorito es efectivo incluso contra bacterias protegidas por una biopelícula. Sus defectos incluyen el sabor desagradable, la toxicidad, la incapacidad para eliminar completamente la capa de frotis, el posible deterioro de la resistencia de la dentina y su interacción con las resinas adhesivas utilizadas para unir los materiales restauradores a la dentina tratada. Uno de los principales inconvenientes del hipoclorito de sodio es su alta tensión superficial que limita su penetración en las irregularidades del conducto radicular, como aletas, istmos y túbulos dentinarios. Otra desventaja del hipoclorito de sodio es que no ejerce ninguna actividad antimicrobiana residual que prevenga la recolonización de microorganismos persistentes, por lo tanto, la dentina infectada o contaminada puede convertirse en una fuente potencial para el desarrollo de periodontitis apical. (Chan & Cheung, 2015; Giardino 2016; Abuhaimed & Abou, 2017)

Ersoy, Dinix, Cinar, Gedi & Dimoglo (2019) Realizo un estudio con el fin de comparar la eficacia de los desinfectantes a base de cloro, tales como, el hipoclorito de sodio (NaOCl), dióxido de cloro (ClO₂) y agua electroactivada (EAW), contra un patógeno Gram positivo oportunista *E. faecalis*, en el que se evaluó la viabilidad celular, daños en la membrana, integridad y componentes celulares para revelar los mecanismos subyacentes del proceso de desinfección. Entre los tres desinfectantes el agua electroactivada (EAW) fue el más efectivo para inactivar *E. faecalis* mientras que NaOCl y dióxido de cloro (ClO₂) proporcionó 73.9% y 72.6% de inactivación

bacteriana después de 20 min de tratamiento. El rápido incremento en la conductividad y la peroxidación lipídica dentro de los 30 segundos de tratamiento indican que el agua electroactivada causa mucho daño a la membrana más rápido en comparación con otros desinfectantes.

Aunque el hipoclorito de sodio (NaOCl) es un irrigante del conducto radicular de uso común, tiene un olor y sabor desagradables; no desinfecta constantemente el sistema de conductos radiculares y es tóxico cuando se extruye en los tejidos perirradiculares. Debido a estas limitaciones, continúa la búsqueda de un mejor irrigante del conducto radicular. (Nara, Dhanu, Chandra, P., Anandakrishna, L. y Dhananjaya (2010).

Los materiales a nanoescala como las nanopartículas de plata han surgido como nuevos agentes antimicrobianos y antibacterianos siendo efectivos específicamente contra *Enterococcus faecalis*, debido a su alta relación de superficie / volumen con sus propiedades químicas y físicas únicas. (Krishnan, 2015; Alkatani, 2018).

Efecto antimicrobiano del irrigante alternativo nanopartículas de plata en el tratamiento endodóntico

Se usan en varios campos de la odontología, incluyendo endodoncia, prostodoncia, implantología y odontología operativa. Los avances en la ciencia y la tecnología dieron como resultado la introducción de las nanopartículas como agente antimicótico y antimicrobiano. Las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas son comparables a NaOCl 5.25%; por lo tanto, se puede usar como un irrigante intracanal (Mozami, Sahebi & Ahzan, 2018).

Los compuestos de plata y las nanopartículas (Ag-NP) se han usado ampliamente en biomedicina, debido a su propiedad antibacteriana, en comparación con varios antimicrobianos moleculares viales con una buena biocompatibilidad. En el caso de aplicación dental, las nanopartículas han sido probadas para su aplicación como material de irrigación endodóntico,

material de restaurador endodóntico, material de relleno retrógrado e implantes dentales ya que los iones de plata son capaces de actuar en diferentes estructuras de la célula bacteriana produciendo un efecto antibacteriano al actuar sobre proteínas y ADN al adherirse a la pared celular y la membrana citoplasmática mediante la atracción electrostática, a su vez alteran el enlace de hidrógeno, la cadena respiratoria e interfieren con la síntesis de la pared celular y su división celular. Así mismo las nanopartículas de plata (Ag-NP) desestabilizan aún más la membrana bacteriana, aumentan la permeabilidad y estimulan el estrés oxidativo, lo que lleva a la fuga de constituyentes celulares permitiendo así un gran potencial para la eliminación bacteriana (Shrestha & Kishen 2016; Noronha, et al., 2017)

Se ha informado que las nanopartículas de plata tienen la capacidad de penetrar la pared celular bacteriana y dañar la membrana celular que conduce a la muerte de la célula. Las nanopartículas tenían actividad antibacteriana contra *E. faecalis*. La presencia de tapas de proteínas en las nanopartículas ayuda a estabilizar y unirse al receptor de la superficie celular, lo que aumenta la unión y la absorción del fármaco o material genético en células humanas. (Katva, 2017; Jadhav 2016)

En endodoncia, los AgNP se han incorporado en diferentes materiales (sellador del conducto radicular, cementos y gutapercha) para prevenir la recolonización de bacterias y se han estudiado como soluciones de irrigación y medicación intracanal contra las biopelículas bacterianas. Esto se debe a las ventajas que ofrecen los AgNP en comparación con el hipoclorito de sodio (NaOCl). Los AgNP tienen su eficacia antibacteriana en presencia de dentina, y se utilizan como alternativa al riego del conducto radicular debido a su biocompatibilidad. Los estudios mencionan que las bacterias no son capaces de desarrollar resistencia a los AgNP en comparación con los antibióticos. Aunque no todos los mecanismos son bien conocidos, los AgNP pueden

interactuar automáticamente con múltiples objetivos en la célula microbiana, como la membrana celular de bacterias gram positivas y gram negativas, enzimas, proteínas, lípidos, ADN y plásmidos, lo que dificulta que las bacterias generen resistencia. (Orozco, 2019; Kaur & Luthra, 2016).

En el marco de estudios comparativos que guardan relación con la investigación que se adelanta, realizado por Wu, Fan, Kisben, Gutmann & Fan (2014) en el que evaluaron la eficacia antibacteriana de las nanopartículas de plata (AgNP) como irrigante o medicamento contra el *E. faecalis* en la dentina radicular, en el cual inocularon secciones de dentina con *E. faecalis* durante 4 semanas para establecer un modelo estándar de biopelícula de monoespecies. En el que se obtuvo como resultado que la solución de AgNP al 0.1% interrumpió la estructura de la biopelícula y la proporción de las bacterias viables, por lo tanto, se concluyó que la eficacia de las AgNP depende del modo de aplicación, mostrando potencial para eliminar las biopelículas bacterianas residuales durante la desinfección del conducto radicular.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

Esta investigación será un estudio retrospectivo bibliográfico, el cual permitirá la recopilación de información para dar respuesta a la pregunta de investigación basada de fuentes científicas publicadas recientemente, contribuyendo así a la justificación de la investigación

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población:

La población estará conformada por los artículos de revisión narrativa, publicados desde el año 2010 hasta el año 2020 en revistas indexadas en los buscadores empleados para esta investigación como lo son Pubmed, Science Direct, Google académico, ELSEVIER, SciELO, Latindex y Researchgate, base de datos de la universidad Antonio Nariño.

La Muestra:

La muestra estará conformada por 60 artículos directamente relacionados con el objeto de estudio comparación de la eficacia en desinfección de canales radiculares entre nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5,25%, teniendo en cuenta los conceptos y/o palabras claves relacionadas: “nanopartículas de plata en endodoncia”, “hipoclorito de sodio al 5,25% en endodoncia”, “*Enterococcus faecalis* en conductos radiculares”, “nanopartículas de plata como agente inhibidor”. Publicados desde el año 2010 hasta el año 2021 en revistas indexadas que se encuentran presentes en los motores de búsqueda como: PubMed, Scielo, EMBASE, Researchgates, Elsevier, SINABI, Springer Link, base de datos de la Universidad Antonio Nariño

en los cuales se puede acceder a varios archivos, artículos, investigaciones, revisiones sistemáticas; relacionados con el área de odontología, específicamente con la especialidad de rehabilitación oral, materiales dentales usados en la práctica odontológica.

Criterios De Inclusión Y Exclusión

Criterios de inclusión

Artículos de revista indexadas.

Artículos donde la muestra incluida en la investigación sean dientes naturales.

Artículos donde la muestra incluida en la investigación sea nanopartículas de plata.

Artículos donde la muestra incluida en la investigación sea hipoclorito de sodio al 5,25%.

Documentos y artículos basados en la literatura científica donde se determine la eficacia en desinfección de canales radiculares entre nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5,25%

Artículos publicados a partir del 2010 al 2021.

Artículos con textos completos.

Artículos de cualquier tipo de idioma.

Criterios de exclusión

Estudios donde la muestra incluida sea otro microorganismo diferente al *Enterococcus faecalis*

Estudios en los cuales no se presenten las nanopartículas de plata

Artículos en los cuales no se evaluó la eficacia de las nanopartículas de plata.

Artículos que no sean indexados (para determinarlos se utilizarán los gestores de búsqueda como Latindex o PubMed).

Estudios y artículos que tengan soporte científico.

Variables de estudio

Al momento de realizar el análisis de los artículos de revisión bibliográfica sobre el efecto de las nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5.25% en la inhibición del *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares se registrarán las siguientes variables:

Variables independientes.

Tratamiento con Nanoparticulas de plata

Tratamiento con Hipoclorito de sodio 5.25%

Variable dependiente.

Tipo de almacenamiento de los dientes

Tipos de dientes

Variable interviniente.

Efecto de la inhibición estudiada en la investigación de canales radiculares en dentina.

Hipótesis

Hipótesis nula

Las nanopartículas de plata y el hipoclorito de sodio 5.25% tienen el mismo efecto inhibitor y bactericida sobre el *E. faecalis*.

Hipótesis alternativa

Las nanoparticulas de plata y el hipoclorito de sodio 5.25% evidencian efecto inhibitor y bactericida diferente sobre el *E. faecalis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se realizará una revisión narrativa relacionados con el tema de comparación de la eficacia en desinfección de canales radiculares entre nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5,25%. Esta revisión narrativa tendrá 11 etapas, la primera etapa consiste en la búsqueda de artículos científicos indexados generales del tema de estudio en las plataformas biomédicas: PubMed, Scielo, EMBASE, Researchgates, Elsevier, SINABI, Springer Link, base de datos de la Universidad Antonio Nariño.

La segunda etapa consiste en buscar artículos científicos con los conceptos y/o palabras claves relacionadas: “nanopartículas de plata en endodoncia”, “hipoclorito de sodio al 5,25% en endodoncia”, “*Enterococcus faecalis* en conductos radiculares”, “nanopartículas de plata como agente inhibidor”.

La tercera etapa consiste en seleccionar los artículos más relacionados con el objeto de estudio. Las publicaciones que se tendrán en cuenta serán entre los periodos del año 2010 hasta el año 2021 de revistas indexadas y tesis de grado de la Universidad Antonio Nariño. Luego se procederá a realizar una revisión específica de cada artículo para verificar la información y encontrar que relevancia podría aportar a esta revisión bibliográfica.

La cuarta etapa consiste en organizar y estructurar la información científica teniendo en cuenta las variables en estudio. Se realizará mediante una matriz recolectando la información, esta contendrá la siguiente información: el título del artículo, autores, año, país donde se realizó, objetivo con el que se relaciona y metodología, y se realizará un resumen de la información más relevante para la investigación.

La quinta etapa consiste en presentar los resultados de forma narrativa de acuerdo a una estructuración organizada de forma lógica teniendo en cuenta la información analizada.

La sexta etapa consistirá en elaborar el capítulo de discusiones en el cual tiene como objetivo confrontar las divergencias y convergencias encontradas en los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica.

La séptima etapa consiste en la presentación de los aportes del conocimiento científico de este trabajo de investigación, en la cual se formulará en el capítulo de conclusiones.

La octava etapa consiste en formular las recomendaciones para futura investigaciones con base a lo aprendido en todo el proceso investigativo.

La novena etapa consiste en realizar el informe final del trabajo de grado modalidad revisión narrativa abordando los capítulos resultado, discusión, conclusiones y recomendaciones.

La décima etapa consiste en presentar el informe final ante el comité de investigación para la asignación de jurados, sustentación y correcciones finales.

La undécima etapa consiste en la entrega del documento final a repositorio de la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Este trabajo de investigación es una revisión de la literatura, la cual se basará en analizar de forma narrativa y se basará en analizar publicaciones científicas y, a su vez, presentar de forma lógica los resultados y las diversas discusiones de cada uno de los estudios relacionados al tema de interés en donde dichos resultados se plasmaran por medio esquemas conceptuales tales como cuadros o tablas comparativas ejecutadas por medio del programa Microsoft EXCEL 2016, donde se procederá a realizar el análisis tomando como referencia los diferentes

RESULTADOS

En la búsqueda bibliográfica se revisaron artículos científicos publicados en las siguientes bases de datos Pubmed, Science Direct, Google académico, el sevier, SciELO, Latindex, Researchgate y Academia. En esta búsqueda se generaron 60 artículos publicados en revistas indexadas internacionalmente entre los años 2010 al 2021, seleccionándolos con los siguientes criterios de inclusión: artículos de texto completos y que contuvieran las palabras claves. En su orden se encontraron el siguiente número de artículos con respecto a las palabras:

Nanoparticulas de plata en endodoncia (31)

Hipoclorito de sodio al 5,25% en endodoncia (29)

Enterococcus faecalis en conductos radiculares (40)

Posteriormente se analizaron cada uno de los artículos con el fin de dar respuesta a los objetivos e incorporarlos a la respectiva revisión narrativa. Luego de este análisis se seleccionaron 50 artículos de ensayos clínicos que tienen relación directa con el tema de investigación.

Se excluyeron todos los artículos que no se relacionan con el uso de las nanoparticulas de platas e hipoclorito de sodio al 5,25% en el campo de la odontología, así como las monografías, tesis de pregrado y artículos de texto incompleto. Por lo tanto, se pudo clasificar acorde al tema de investigación

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica mediante una estructuración lógica y ordenada de los conceptos más relevantes de la investigación

La endodoncia

La endodoncia estudia la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular, que contienen la pulpa dental. Bergenholtz (2016) refiere que esta trata las afecciones del complejo dentinopulpar y de la región periapical, lo cual consiste en que los conductos radiculares deben ser correctamente limpiados y desinfectados con irrigantes endodonticos para posteriormente ser rellenados y sellados con un material inerte que sea compatible con la estructura dental.

Guerrero y Callire (2017) afirman que el objetivo de una endodoncia es evitar la pérdida de dientes, donde las lesiones cariosas han comprometido su vitalidad. Una parte importante de este tratamiento, es el uso de las soluciones químicas, que son esenciales para lograr desinfectar y limpiar exitosamente los conductos radiculares durante el procedimiento.

Halkai et al., (2018) Aseguran que la finalidad del tratamiento del conducto radicular es la erradicación completa de los microorganismos y la desinfección completa del sistema del conducto radicular; sin embargo, concluye que las bacterias que residen dentro de los túbulos dentinarios son inaccesibles para las técnicas de instrumentación del conducto radicular, los irrigantes del conducto radicular y los materiales de obturación. Esto se debe a que la infección endodóntica es una infección mediada por biopelícula, la cual debe ser eliminada en su totalidad, lo cual resulta muy difícil debido a la compleja anatomía del sistema del

conducto radicular y la creciente resistencia microbiana, lo cual permite la persistencia de bacterias que conduce a infecciones persistentes y reinfecciones.

Zargar et. al, (2019) afirman que es fundamental que en la endodoncia se realice la irrigación de los conductos radiculares después de una instrumentación de estos, ya que es necesario para eliminar el tejido pulpar, las bacterias y los restos dentales que aún pueden estar presentes en el canal incluso después de una preparación biomecánica meticulosa. González et al., (2016) refieren que los irrigantes desempeñan un papel muy importante en la inhibición de bacterias, pero aunque existen diferentes tipos de irrigantes efectivos en la eliminación de microorganismos ninguno de ellos cumple con todas las propiedades ideales de un irrigante endodóntico.

Microorganismo presente en el fracaso de tratamiento del conducto radicular

Los microorganismos que persisten después del proceso de desinfección contribuyen al fracaso del tratamiento del conducto radicular, estos inician la enfermedad inflamatoria de la pulpa dental y tejidos periapicales. Sin ellos no habría trastornos endodónticos. Su disminución o eliminación durante el tratamiento de conductos es decisiva para la reparación posterior al tratamiento y la evolución satisfactoria de la endodoncia (Yamaguchi et al., 2018).

Alzamora (2014) afirma que las infecciones endodónticas son polimicrobiales, y cada especie de bacterias tiene diferentes factores de virulencia. Entre los microorganismos más representativos se encuentran los anaerobios facultativos como *Streptococos* y *Enterococos*, quienes juegan un papel significativo en determinar el fracaso de un tratamiento endodóntico,

el tratamiento de endodoncia debe separar y remover las bacterias, bioproductos bacterianos y sustratos de la cavidad pulpar para realizar con éxito los tratamientos de endodoncia.

Narayanan & Vaishnavi (2010) durante el desarrollo de su investigación resaltan algunos microorganismos que son resistentes al tratamiento antimicrobiano, estos pueden sobrevivir en el conducto radicular después de realizar la endodoncia, favoreciendo el fracaso del tratamiento endodóntico. Entre estos microorganismos se encuentran la familia de bacilos anaeróbicos Gram negativos como: *Prevotella spp*, *Campylobacter rectus*, *Fusobacterium nucleatum*. También se encuentran la familia de bacterias Gram positivas como: *E. faecalis*, *S. mitis*, *S. gordonii*, *S. anginosus*, *S. oralis*, *Olsenella uli*, *Parvimonas micra*, *Pseudoramibacter alactolyticus*, *Propionibacterium spp*, *Actinomyces spp*, *Bifidobacterium spp* y *Eubacterium spp*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus acidophilus* y *Estafilococos*. En este estudio identificaron a *E. faecalis* como el microorganismo con más prevalencia en tratamientos y retratamientos de conductos fallidos.

Microorganismo predominante: *Enterococcus faecalis*

El microorganismo que más prevalece en las infecciones de los canales radiculares es la especie de *Enterococcus*. La bacteria más común en estas infecciones es el *E. faecalis*, la erradicación de este microorganismo del conducto radicular es compleja y requiere un uso combinado de instrumentación e irrigantes endodónticos que tengan un efecto de inhibición bacteriana para controlar las infecciones en el canal radicular (Giardino et al., 2016).

Kushwaha et al., (2018) afirman que el *E. faecalis* es una bacteria del ácido láctico caracterizada por su tolerancia a condiciones ambientales muy diversas, una propiedad que le permite colonizar muchos hábitats diferentes. Este presenta una morfología y composición

genética única, siendo este un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, inmóvil y no esporulado con unas medidas de cada célula que oscila entre 0,5 y 0,8 micrómetros. Esto le permite estar presente en las infecciones primarias del sistema del conducto radicular, demostrando tener una composición morfológica y genética única, que le facilita formar una de las biopelículas más resistentes a la acción de varios irrigantes antimicrobianos utilizados dentro del conducto radicular

El *E. faecalis* tiene la facultad de vivir y sobrevivir en un ambiente pobre en nutrientes, en presencia de varios medicamentos como el hidróxido de calcio e irrigantes como hipoclorito de sodio, este microorganismos es capaz de formar biopelículas en canales medicados, puede adquirir resistencia a los antibióticos, invade y metaboliza los fluidos dentro de los túbulos dentinarios, se adhieren al colágeno, sobrevive en ambientes extremos con pH bajo, alta salinidad y altas temperaturas, este soporta períodos prolongados de inanición utilizando el líquido tisular que fluye desde el ligamento periodontal. (Narayanan & Vaishnavi, 2010).

Irrigantes en el tratamiento endodóntico

Los irrigantes desempeñan un papel muy importante en la eliminación de microorganismos, en la disolución de los tejidos, eliminación de los desechos, eliminación del smear layer y en la prevención del empaquetamiento de tejidos infectados en el área apical e incluso a nivel periapical, por medio de una limpieza, lavado, aspiración, evacuación y desinfección de los restos de sustancias que están en los conductos radiculares antes, durante y después de la preparación biomecánica. (Guerrero y Callire, 2017).

Un paso importante para disminuir o eliminar la contaminación de los canales radiculares es la irrigación del conducto radicular con agentes irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl), el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), Gluconato de clorhexidina al 2% y las Nanopartículas de plata (Ag Np) quienes pueden penetrar en áreas mecánicamente inaccesibles y tiene propiedades antimicrobianas (Oliveira et al., 2017).

Dioguardi et al., (2018) afirman que un irrigante usado en el tratamiento endodóntico debe cumplir con ciertas características ideales como: la lubricación y limpieza de los instrumentos endodónticos, la lubricación y limpieza del conducto radicular, incoloro, soluble en agua, la disolución de sustancias inorgánicas y orgánicas, la inhibición microbiana, la ausencia de citotoxicidad en los tejidos y la ineficacia en la alteración de la microestructura dental, así como estimulante de la reparación de los tejidos periradiculares

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como agente irrigante endodóntico

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es un irrigante endodóntico con una eficaz actividad antibacteriana en un entorno endodóntico ideal, este tiene la capacidad de actuar como agente quelante de iones metálicos, proporciona la eliminación de barrillo dentinario, mejora la preparación biomecánica de los conductos radiculares, ayuda conseguir su ensanchamiento químico de manera sencilla e inocua y facilita la localización y ampliación de conductos estrechos, pero si se utiliza en una concentración del 2% no puede eliminar los residuos necróticos (Dioguardi et al., 2018).

Gluconato de clorhexidina (CHX) como agente irrigante endodóntico

Salas et al., (2020) refiere que la clorhexidina es un antiséptico bisbiguanídico que se emplea para desinfectar la boca, capaz de inhibir la formación de placa, se usa como irrigante en endodoncia ya que es un agente antibacteriano efectivo la terapia endodóntica, Su acción antibacteriana es el resultado de la absorción de clorhexidina dentro de la pared celular de los microorganismos produciendo filtración de los componentes intracelulares; también daña las barreras de permeabilidad en la pared celular, originando trastornos metabólicos de las bacterias. Adicionalmente presenta una precipitación proteica en el citoplasma bacteriano, logrando inactivar sus procesos reproductivos y vitales, la clorhexidina posee un amplio espectro antibacteriano residual hasta por 168 horas posteriores a su aplicación. Salas et al. (2020) En su estudio concluyen esta es una solución relativamente no tóxica, posee amplio espectro antibacteriano y efecto antibacteriano residual cuando se usa en concentraciones del 2% incluyendo *E. Faecalis*, el *C. Albicans*, no afecta el comportamiento de los cementos selladores a corto ni a largo plazo, sin embargo, a diferencia del hipoclorito de sodio, no tiene la capacidad de disolver tejidos

Hipoclorito de sodio al 5.25% como irrigante endodontico

Reyhani et al., (2017) refieren que el hipoclorito de sodio es un químico resultante de la mezcla de cloro, hidróxido de sodio y agua, su uso se extiende a la defensa de la salud contra gérmenes y bacterias, este presenta una alta utilización en endodoncia como irrigante de canales radiculares gracias a su capacidad para disolver tejidos y a su acción antibacterianas y microbianas; su acción se limita a 3 mecanismos, siendo estos: saponificación, donde actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grasos y el glicerol, reduciendo así la tensión superficial de la solución remanente. Neutralización, capacidad neutralizar aminoácidos formando agua y sal. La Cloraminación se refiere a la

reacción que interfiere en el metabolismo celular, adicionalmente el cloro posee una acción antimicrobiana inhibiendo así enzimas esenciales de las bacterias por medio de oxidación. La efectividad como irrigante endodontico depende de la concentración, temperatura y pH.

Bello et al. (2019) afirman que el hipoclorito de sodio es la solución irrigante más utilizada en la terapia endodóntica porque presenta, entre otras propiedades, una eficaz acción antimicrobiana frente a patógenos endodónticos. El ácido hipocloroso, es el componente que actúa sobre la pared celular bacteriana, promoviendo una ruptura y la muerte de la célula bacteriana. Sin embargo, el NaOCl es citotóxico, químicamente inestable e interfiere en la adhesión del material de restauración a la superficie dentinaria. Además, el NaOCl promueve una modificación significativa de la estructura dentinaria y la reducción de las propiedades mecánicas de la dentina. Por lo tanto, el uso de soluciones de NaOCl puede afectar el éxito del tratamiento de endodoncia.

Efectos adversos del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio presenta efectos adversos que lo hacen tener desventajas a la hora de usarlo como su fuerte olor, toxicidad para los tejidos periapicales, este puede producir irritación de los ojos, la piel, el tracto respiratorio y presenta dificultad para remover componentes inorgánicos depositados sobre regiones anatómicas de difícil acceso como istmo y anastomosis, lo que imposibilita llegar al ápice para eliminar la capa de frotis de forma adecuada. La eficacia antibacteriana del hipoclorito de sodio también ha sido cuestionada, ya que se demostró que el hipoclorito de sodio podría ser inactivado fácilmente por sustancias orgánicas en el conducto radicular, como el tejido pulpar, el colágeno dentinario y los subproductos microbianos (Dioguardi et al., 2018).

Comparación de las características como irrigantes de NaOCl, EDTA y CHX

Tabla 1. Comparación de las características como irrigantes de NaOCl, EDTA y CHX

Agentes	Ventajas	Desventajas
Hipoclorito de sodio	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de disolver tejidos organicos - Propiedades antibacterianas - pH alcalino 	<ul style="list-style-type: none"> - citotoxicidad en altas concentraciones - Produce reacciones alérgicas en algunos pacientes
Acido Etilendiaminotetraacético	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina parte de la capa de barrillo dentinario 	<ul style="list-style-type: none"> - No posee propiedades antibacterianas
Clorhexidina	<ul style="list-style-type: none"> - Propiedades antibacterianas - Efecto residual 	<ul style="list-style-type: none"> - No disuelve tejido orgánico - No elimina capa de barrillo dentinario

Efecto del hipoclorito de sodio al 5.25% como agente inhibidor del *Enterococcus faecalis* en canales radiculares

Divia et al. (2018) afirman que el NaOCl es el irrigante de elección universalmente aceptado. Sin embargo, una inyección inadvertida más allá del ápice de la raíz puede causar reacciones tisulares violentas, como inflamación aguda seguida de necrosis. Las preparaciones de hipoclorito son esporicidas y virucidas y muestran efectos de disolución tisular muchos mayores en los tejidos necróticos que en los vitales.

Marrugo et al. (2014) afirman que el hipoclorito de sodio resulta altamente eficaz en la inhibición de *E. faecalis*. En su estudio utilizaron 21 conductos radiculares, divididos en tres grupos de 7 conductos que corresponden a 33,3% de la muestra total, en estas muestras se llevaron a cabo pruebas moleculares con el fin de determinar que los microorganismos aislados correspondían a *E. faecalis* siendo el más predominante en el recuento inicial de las unidades formadoras de colonias (UFC) para las muestras tratadas. El hipoclorito de sodio obtuvo un recuento inicial de 82,5 y las finales de 78 UFC. Para la clorhexidina las UFC fueron 82,5 en el recuento inicial y en el recuento final fue de 96,5. Los valores de UFC iniciales para el grupo de hipoclorito de sodio fue de 66 y de 56,5 para el recuento final. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Esta investigación demostró que el hipoclorito de sodio y clorhexidina fueron efectivas en la eliminación de *E. faecalis*.

Plutzer et al. (2017) en su estudio afirman que el hipoclorito de sodio fue el único agente capaz de eliminar *E. faecalis* comparado con el hidróxido de calcio y la clorhexidina. Su eficacia antimicrobiana dependió del tiempo, con una caída del 95% en la viabilidad bacteriana observada al minuto, del 99,9% a los 10 minutos y sin cultivo de bacterias detectables a los 30 o 60 minutos. La eficacia antimicrobiana del hipoclorito de sodio aumentó exponencialmente con un mayor tiempo de exposición. Como era de esperar, la eliminación bacteriana total se logró a los 30 minutos de exposición.

Adicionalmente Mishra & Tyagi (2018) afirma que para mejorar los pronósticos de los tratamientos de conductos que la esterilización de la gutapercha es muy importante para obtener una inhibición completa de los microorganismos como el *E. faecalis* que puede quedar al final del tratamiento convencional de conductos. La esterilización que se realizó con NaOCl es muy eficaz para inhibir los microorganismos, pero el NaOCl también interrumpe las cadenas poliméricas de la gutapercha de manera bastante drástica e irreversible, lo que no solo aumenta el riesgo de microfiltración, sino que también puede crear un nicho para el recrecimiento microbiano.

Forough et al. (2017) según los resultados afirman que el hipoclorito de sodio al 5,25% inhibió completamente el crecimiento de células vivas en 3 etapas de incubación 4, 6 y 10 semanas de la biopelícula del *E. faecalis*. Forough et al. (2017) demostraron según sus hallazgos que el NaOCl al 5,25% puede destruir completamente las biopelículas viejas y maduras de *E. faecalis* en todos los intervalos de tiempo, lo cual le permite inhibir en su totalidad el *E. faecalis*.

Efecto de las nanopartículas de plata como agente inhibidor del *Enterococcus faecalis* en canales radiculares

Almeida et al. (2018) refiere que durante el desarrollo de la investigación resaltaron que la solución de nanopartículas de plata mostraron una actividad antimicrobiana contra la biopelícula de *E. faecalis* similar en comparación con los irrigantes endodónticos convencionales. Demostrando que el 1% Ag Np redujeron el 57,28% en las unidades formadoras de colonias ocupando el tercer lugar, en comparación con el 2% CHX que demostró la acción más efectiva, reduciendo 76,81% UFC, seguido por 5% NaOCl (70,02%) en la UFC, 26% ZnO Np (56,65%) en la UFC, y NaOCl al 1% (55,97%) en la UFC.

Farzaneh et al. (2015) en el estudio de la eficacia antibiofilm de nanopartículas de plata como vehículo para medicamentos de hidróxido de calcio contra *E. faecalis* se obtuvo las características antibacterianas de las nanopartículas de plata mezcladas con el hidróxido de calcio. Presentando el efecto más eficaz como agente inhibidor de la biopelícula del *E. faecalis* en la dentina humana como medicamento intracanal a corto plazo comparado con la clorhexidina mezclada con el hidróxido de calcio como medicamentos intracanal.

Kushwaha et al. (2018) encontró la eficacia antimicrobiana de nanopartículas de plata como agente inhibidor del *E. faecalis* inoculado en dentina radicular humana infectada, demostrando que combinado con la activación láseres AgNP y Nd: YAG estas tienen el potencial de usarse como desinfectantes del conducto radicular, ya que demostraron la mayor reducción en unidades formadoras de colonias

Chan & Cheung (2015) sugieren que las nanopartículas de plata tienen una gran relación superficie-volumen y presentan un gran efecto antibacteriano inhibidor de microorganismos como el *E. Faecalis*, lo cual lo hace un potencial irrigante endodóntico; aseguran que en su estudio donde utilizaron dos tipos de células, fibroblasto y células madre del ligamento periodontal, las cuales fueron expuestas directamente durante 48 horas a nanopartículas de plata con la finalidad de mostrar la citotoxicidad del irrigante, concluyeron que el nuevo irrigante de nanopartículas de plata no es citotóxico, ni en el ensayo de contacto directo e indirecto, el comportamiento en la exposición del irrigante es similar al del hipoclorito de sodio.

Halkai et al. (2018) afirman según su estudio que las nanopartículas de plata exhiben actividad antibacteriana potencial y no permiten desarrollar resistencia. El *E. faecalis* se encuentra en el 90% de las infecciones persistentes después de la terapia de conducto. Es capaz de formar biopelículas y penetrar los tejidos. Además, es resistente a la mayoría de los

desinfectantes del conducto radicular. Los AgNP con carga positiva interactúan con las paredes de las células bacterianas cargadas negativamente, se adhieren y penetran en la célula bacteriana, lo que lleva a la pérdida de la integridad y permeabilidad de la pared celular. Los AgNP exhiben actividad antibacteriana potencial contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, incluidas las cepas resistentes a múltiples fármacos. Los AgNP se han recomendado como solución de irrigación del conducto radicular y medicamento intracanal para la desinfección del conducto radicular debido a su eficaz actividad antibacteriana, biocompatibilidad y capacidad para penetrar los tejidos e impartir actividad antibacteriana en dosis más pequeñas. Como resultado de su estudio mostraron que los AgNP biosintetizados tienen una eficacia antibacteriana eficaz contra *E. faecalis*.

Bo et al. (2014) en su afirman que las nanopartículas de plata es más eficaz que el gluconato de clorhexidina y el alcanforfenol contra la biopelícula de *E. faecalis*. Las nanopartículas de plata mostraron una propiedad antimicrobiana eficaz en comparación con otros medicamentos debido a su superficie extremadamente grande, que proporciona un mejor contacto con los microorganismos. Las nanopartículas se adhieren a la membrana celular y también penetran en el interior de las bacterias. La membrana bacteriana contiene proteínas que contienen azufre y las nanopartículas de plata interactúan con estas proteínas en la célula, así como con los compuestos que contienen fósforo como el ADN. Cuando las nanopartículas de plata ingresan a la célula bacteriana, forman una región de bajo peso molecular en el centro de la bacteria a la que se conglomeran las bacterias, protegiendo así el ADN de los iones de plata. Las nanopartículas atacan preferiblemente la cadena respiratoria, la división celular conduce finalmente a la muerte celular.

Halkai et al. (2017) en su estudio demostraron que las nanopartículas de plata eran eficaces incluso en las concentraciones más bajas. Los AgNP interactúan con tres componentes de las células: (a) pared celular de peptidoglicano; (b) membrana citoplasmática que modifica las propiedades químicas y físicas dando como resultado un desequilibrio de permeabilidad, osmolalidad, transporte de electrones; y (c) ADN ribosómico, sitios moleculares de proteínas, especialmente en enzimas involucradas en la cadena de transporte de electrones. También pueden afectar otros factores como la concentración, el tamaño y la forma de las partículas. Los AgNP poseen altas propiedades antimicrobianas debido al aumento del área de superficie, la biocompatibilidad y la forma y tamaño de las partículas que causan numerosas esquinas altamente reactivas. Se encontró que los AgNP sintetizados biológicamente poseen una alta actividad bactericida contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, incluyendo cepas altamente multirresistentes.

Comparación de los efectos inhibitorios en el *Enterococcus faecalis* por el hipoclorito de sodio al 5,25% y nanopartículas de plata en los canales radiculares

Moghadas et al. (2012) con base en los resultados de este experimento in vitro, aseguran que no se observó crecimiento bacteriano de *E. faecalis* usando como solución de irrigación endodóntica el hipoclorito de sodio al 5,25 % y las nano partículas de plata. En tanto el grupo de 5,25% de NaOCl y las nanopartículas, el número de unidades formadoras de colonias se redujo a cero después de 3 minutos y permaneció en cero después de 5 minutos y 15 minutos de tiempo de contacto. Entonces, en esta parte no hubo ninguna diferencia entre los dos irrigantes. Los dos irrigantes son igualmente efectivos inhibiendo el *E. faecalis*. Hay que tener en cuenta que el NaOCl es el único irrigante que puede disolver los residuos

pulpaes necróticos y menos vitales, así como el colágeno dentinario y sigue siendo el irrigante endonotico de preferencia.

Mishra & Tyagi (2018) afirma que para mejorar los resultados de la endodoncia, la esterilización de la gutapercha tiene una prioridad a la hora de inhibir los microorganismos en el conducto radicular y concluyen que las AgNP causan un deterioro de la superficie mucho menor que el NaOCl y presentan un mejor pronóstico posoperatorio, tambien se encontró que el NaOCl causa cinco veces más daño de la topografía de la superficie de la gutapercha en comparación con los AgNP, en cuanto a la eficacia se ha demostrado que es equivalente a la del NaOCl en la eliminación de microorganismos como el *E. Faecalis* y unidades formadoras de colonias debido a la capacidad de alto espectro de los AgNP

DISCUSIÓN

El objetivo principal de la terapia endodóntica es la eliminación completa de microorganismos del sistema de conductos radiculares y crear un entorno favorable para la curación. *E. faecalis* es la especie más aislada o detectada de infecciones bucales, que incluyen periodontitis marginal, conductos radiculares infectados y abscesos perirradiculares. A menudo está involucrado en infecciones endodónticas persistentes, tiene la capacidad de sobrevivir bajo estrés ambiental inusual, se ha utilizado ampliamente en trabajos experimentales en endodoncia, incluida la susceptibilidad antiséptica, sobrevive en los conductos radiculares como un solo organismo sin el apoyo de otras bacterias, expresa múltiple resistencia a los medicamentos y bacterias fáciles de cultivar en el laboratorio. El hipoclorito de sodio al 5,25 inhibió al *E. faecalis*. El NaOCl ejerce su efecto antibacteriano al inducir la oxidación irreversible de los grupos sulfhidrilo de las enzimas bacterianas esenciales, dando como resultado enlaces disulfuro, con la consiguiente alteración de las funciones metabólicas de las células bacterianas (Goud et al. 2018)

Bello et al. (2018) En su estudio sobre la efectividad del hipoclorito de sodio al 5,25% en asociación con instrumentación recíproca en la descontaminación de conductos radiculares infectados con *E. faecalis*, afirman que el hipoclorito de sodio es la solución irrigante más utilizada en la terapia endodóntica por la eficaz acción antimicrobiana frente a los patógenos endodónticos ya que actúa sobre los componentes de la pared celular bacteriana, promoviendo la ruptura y la muerte de la célula bacteriana. Así mismo Rodrigues et al. (2018) Afirma que el hipoclorito de sodio es apropiado como irrigante porque es eficaz

en la alteración de la biopelícula y en la eliminación de las bacterias en los túbulos dentinarios por la disociación iónica que ocurre con las soluciones de hipoclorito de sodio, al momento de la liberación de ácido hipocloroso, sin embargo ambos autores concuerdan en que el hipoclorito de sodio promueve modificaciones de la estructura dentinaria y reduce las propiedades mecánicas de la dentina.

Así como también Suer et al. (2020) confirma a través de su estudio que el hipoclorito de sodio establece un equilibrio con el ácido hipocloroso convirtiéndolo en una sustancia antimicrobiana eficaz en la irrigación del conducto radicular. Sin embargo indica que la aplicación de hipoclorito de sodio puede tener complicaciones asociadas, que incluyen lesiones en la superficie de la piel, la mucosa oral y los ojos, daños en la ropa y reacciones alérgicas. Afirmando que el hipoclorito de sodio puede llegar a ser no idóneo por sus grandes desventajas ya que puede dañar las células humanas, la dentina y los tejidos periodontales con consecuencias clínicas. No obstante Kushwah et al. (2020) el hipoclorito de sodio tiene fuertes propiedades básicas debido a sus moléculas de cloramina que actúa como disolvente orgánico, provocando la degradación e hidrólisis de los aminoácidos. El hipoclorito de sodio demostró ser un irrigante eficaz para todas las cepas de *E. faecalis*, incluida su existencia como biopelícula.

Por otro lado, D'Ercole et al. (2020) & Saxena et al. (2015) Concuerdan en sus estudios que el hipoclorito de sodio tiene la mayor zona de inhibición contra el *E. faecalis*, lo que puede deberse a su naturaleza volátil y alta difusibilidad, siendo capaz de alcanzar un efecto significativo sobre el biofilm del *E. faecalis*, afirmando también que era seguro para uso clínico, manteniendo la acción antimicrobiana sin efectos nocivos sobre los tejidos periapicales. No obstante Plutzer et al. (2017) aunque en su estudio el hipoclorito de sodio fue el único agente capaz de eliminar *E. faecalis*, gracias a que el hipoclorito de sodio, actúa

como disolvente en presencia de tejido orgánico, liberando cloro que se combina con los grupos amino proteico. Siendo esta capacidad de disolver tejidos una de las características que hace que el hipoclorito de sodio sea un irrigante endodóntico eficaz, asegura que esta eficacia antimicrobiana dependió directamente del tiempo expuesto al hipoclorito de sodio, concluyendo una caída del 95% en la viabilidad bacteriana observada al minuto, del 99,9% a los 10 minutos y sin cultivo de bacterias detectables a los 30 o 60 minutos. Se hace necesario resaltar que Zand et al. (2016) en sus estudio demostraron que la concentración de hipoclorito de sodio al 5,25% es la más eficaz entre tres concentraciones diferentes de 0,5%, 2,5% y 5,25%. Debemos tener en cuenta que a concentración más alta tiene efectos más irritantes sobre los tejidos apicales y periapicales.

Kushwah et al. (2020) El hipoclorito descompone las proteínas bacterianas en aminoácidos a través de la acción del cloro libre que disuelve el tejido vital y necrótico más rápido con concentraciones más altas pero son más tóxicos si entran en contacto con tejidos vitales. Balic et al. (2016) Los agentes de desinfección como el hipoclorito requieren contacto directo con las bacterias, lo que a menudo es imposible en áreas periféricas del conducto radicular, como anastomosis, aletas y la parte apical del conducto radicular principal. Arias et al. (2014) El hipoclorito de sodio no elimina la capa de frotis, presenta una menor actividad antimicrobiana dentro de los túbulos dentinarios incluso después de un tiempo de contacto prolongado. Por lo tanto, el uso de soluciones de hipoclorito de sodio puede afectar el éxito del tratamiento de endodoncia.

Cabe resaltar que por los efectos adversos del hipoclorito de sodio sobre los tejidos apicales y periapicales es necesaria la innovación en la irrigación endodontica, por consiguiente las nanopartículas de plata poseen características que teóricamente podrían ser

ideales para la irrigación del conducto radicular. La nanotecnología ha facilitado la producción de partículas de plata más pequeñas con menor toxicidad para las células humanas con mayor eficacia contra microorganismos, es por ello que Halkai et al. (2018) & Kushwaha et al. (2018) en sus estudios afirman que apartir de los resultados obtenidos de diferentes irrigantes en los canales radiculares, que las nanopartículas de plata demostraron significativamente mejores resultados en términos de inhibición de unidades formadoras de colonias del *E. faecalis*. En comparación con otros irrigantes de conductos como la clorhexidina. Los resultados obtenidos se pueden atribuir a la penetración profunda del túbulo dentinario, seguida de las características de alta carga superficial de las nanopartículas de plata, estas tienen una gran superficie cargada positivamente que interactúan con la pared celular bacteriana cargada negativamente y ejercen su efecto antimicrobiano, se adhiriéndose y penetrando en la célula bacteriana, lo que lleva a la pérdida de la integridad y permeabilidad de la pared celular exhibiendo una actividad antibacteriana potencial y no permiten desarrollar resistencia.

Así mismo Farzaneh et al. (2015) & Javidi et al. (2014) en sus estudios concuerdan en que el mecanismo del efecto inhibitor de las nanopartículas de plata es la creación de porosidades con forma irregular en las paredes celulares de las bacterias, lo que en consecuencia conduce a la acumulación de nanopartículas en la membrana de las bacterias, esto da como resultado la liberación de lipopolisacáridos y proteínas de membrana, lo que finalmente conduce a un aumento de la permeabilidad de la membrana y, finalmente, la muerte de la célula bacteriana. Concluyendo que la actividad antibacteriana las nanopartículas de plata son el resultado de la formación de radicales libres. Por otro lado Moghadas et al. (2012) asevera que los iones de plata interactúan con tres componentes principales de la célula bacteriana para producir el efecto bactericida: la pared celular del

peptidoglicano, la membrana plasmática, el ADN citoplasmático y las proteínas bacterianas. A través de estos mecanismos, esta solución de irrigación ejercerá su efecto inhibitorio sobre los microorganismos como el *E. faecalis*.

Almeida et al. (2018) Aunque se han realizado varios estudios para investigar los efectos citotóxicos de las nanopartículas de plata aún existen controversias debido a sus propiedades físicas y químicas, como el tamaño de las partículas y las características de la superficie. Además, el tipo de célula humana utilizada y la cantidad de metal liberado dentro de las células también influyen en los resultados sobre la citotoxicidad. Por lo tanto, es necesario tener precaución y se requieren más experimentos para evaluar si la efectividad del 1% de Ag Np contra una biopelícula bacteriana puede mejorarse después de un período más largo de irrigación o como apósito intracanal. De manera similar Mishra & Tyagi (2018) han introducido las nanopartículas de plata, como un intento de mejorar el efecto antibacteriano en los tratamientos de los canales radiculares. Esta ha demostrado un efecto significativo contra *E. faecalis*. Es por esta razón que Shantiaee et al. (2011) Probaron que las nanopartículas presentan una biocompatibilidad adecuada, comparando la citotoxicidad de las nanopartículas de plata en fibroblastos de ratón, encontrando que las nanopartículas de plata presentaron un nivel más bajo de citotoxicidad.

CONCLUSIONES

Se concluyó que el hipoclorito de sodio al 5,25% es eficaz en la inhibición del microorganismo *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares, ya que no hubo crecimiento bacteriano debido a la eliminación completa de las biopelículas del *Enterococcus faecalis*, por lo tanto, el hipoclorito de sodio es una buena alternativa para la desinfección del conducto radicular. Sin embargo, no cumple todas las características de un irrigante ideal, ya que tiene complicaciones asociadas que incluyen lesiones en la superficie de la piel, mucosa oral y reacciones alérgicas, además no logra llegar a las zonas más profundas de los conductos radiculares.

Las nanopartículas de plata es eficaz en la inhibición de el microorganismo *Enterococcus faecalis*, ya que redujo en su totalidad la presencia del microorganismo *Enterococcus faecalis*, por lo tanto, las nanopartículas son consideradas una buena alternativa en la desinfección de los canales radiculares. Sin embargo, no cumple todas las características de un irrigante ideal, ya que tiene complicaciones asociadas a pigmentaciones y puede presentar toxicidad.

Se concluye que las nanopartículas de plata pueden ser una opción en los casos en que el hipoclorito de sodio tiene limitaciones de uso y efectos, incluidos los casos de hipersensibilidad. Además, estas soluciones presentan potencial para su uso en diferentes protocolos de irrigación del conducto radicular, como riego final después de la preparación biomecánica del conducto radicular, pero ninguno de estos dos irrigantes cumplen las características de un irrigante ideal, ya que se ha comprobado efectos adversos en estos dos tipos irrigantes.

Las nanopartículas de plata tienen un gran potencial como irrigante, ya que tiene la propiedad de cubrir toda el área del conducto radicular, garantizando la inhibición completa de los canales radiculares, sin embargo, se requiere de más estudios para su aplicación clínica.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio comparativo sobre el efecto de las nanopartículas de plata e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del *Enterococcus faecalis* en los canales radiculares de manera experimental en dientes naturales.

Se recomienda investigar el tiempo de exposición y concentración de las nanopartículas de plata para ser utilizado de una manera más eficaz en el tratamiento del conducto radicular.

Se recomienda realizar más estudios sobre los efectos adversos de las nanopartículas de plata en los conductos radiculares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbasi, E., Milani, M., Fekri Aval, S., Kouhi, M., Akbarzadeh, A., Tayefi Nasrabadi, H., Nikasa, P., Joo, S. W., Hanifehpour, Y., Nejati-Koshki, K., & Samiei, M. (2016). Silver nanoparticles: Synthesis methods, bio-applications and properties. *Critical reviews in microbiology*, *42*(2), 173–180.
- Abuhaimed, T. S., & Abou Neel, E. A. (2017). Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed research international*, 2017, 1930360.
- Afkhami, F., Akbari, S., & Chiniforush, N. (2017). *Enterococcus faecalis* Elimination in Root Canals Using Silver Nanoparticles, Photodynamic Therapy, Diode Laser, or Laser-activated Nanoparticles: An In Vitro Study. *Journal of endodontics*, *43*(2), 279–282
- Afkhami, F., Pourhashemi, S. J., Sadegh, M., Salehi, Y., & Fard, M. J. (2015). Antibiofilm efficacy of silver nanoparticles as a vehicle for calcium hydroxide medicament against *Enterococcus faecalis*. *Journal of dentistry*, *43*(12), 1573–1579.
- Alabdulmohsen ZA, Saad AY. Antibacterial effect of silver nanoparticles against *Enterococcus faecalis*, *Saudi Endod J* 2017; 7:29-35
- Almeida, J., Cechella, B. C., Bernardi, A. V., de Lima Pimenta, A., & Felipe, W. T. (2018). Effectiveness of nanoparticles solutions and conventional endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Indian journal of dental research: official publication of Indian Society for Dental Research*, *29*(3), 347–351

- Ansari, A., Pervez, S., Javed, U., Abro, M. I., Nawaz, M. A., Qader, S., & Aman, A. (2018). Characterization and interplay of bacteriocin and exopolysaccharide-mediated silver nanoparticles as an antibacterial agent. *International journal of biological macromolecules*, 115, 643–650.
- Balić, M., Lucić, R., Mehadžić, K., Bago, I., Anić, I., Jakovljević, S., & Plečko, V. (2016). The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming and sonic-activated irrigation combined with QMiX solution or sodium hypochlorite against intracanal *E. faecalis* biofilm. *Lasers in medical science*, 31(2), 335–342.
- Bapat, R. A., Chaubal, T. V., Joshi, C. P., Bapat, P. R., Choudhury, H., Pandey, M., Gorain, B., & Kesharwani, P. (2018). An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 91, 881–898.
- Bo, D., & Kayombo, C. M. (2014). Effect of Nanosilver Gel, Chlorhexidine Gluconate, and Camphorated Phenol on *Enterococcus faecalis* Biofilm. *International scholarly research notices*, 2014, 380278.
- Chan, E. L., Zhang, C., & Cheung, G. S. (2015). Cytotoxicity of a novel nano-silver particle endodontic irrigant. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 7, 65–74.
- Chávez-Andrade, G. M., Tanomaru-Filho, M., Basso Bernardi, M. I., de Toledo Leonardo, R., Faria, G., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Antimicrobial and biofilm anti-adhesion activities of silver nanoparticles and farnesol against endodontic

microorganisms for possible application in root canal treatment. *Archives of oral biology*, 107, 104481

Chernousova, S., & Epple, M. (2013). Silver as antibacterial agent: ion, nanoparticle, and metal. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 52(6), 1636–1653.

Corrêa, J. M., Mori, M., Sanches, H. L., da Cruz, A. D., Poiate, E., Jr, & Poiate, I. A. (2015). Silver nanoparticles in dental biomaterials. *International journal of biomaterials*, 485275.

Dal Bello, Y., Mezzalira, G. I., Jaguszewski, L. A., Hoffmann, I. P., Menchik, V., Cecchin, D., & Souza, M. A. (2019). Effectiveness of calcium and sodium hypochlorite in association with reciprocating instrumentation on decontamination of root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 45(1), 92–97.

D'Ercole, S., Di Fermo, P., Di Giulio, M., Di Lodovico, S., Di Campli, E., Scarano, A., Tripodi, D., Cellini, L., & Petrini, M. (2020). Near-infrared NIR irradiation and sodium hypochlorite: An efficacious association to counteract the *Enterococcus faecalis* biofilm in endodontic infections. *Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology*, 210, 111989.

Dioguardi, M., Gioia, G. D., Illuzzi, G., Laneve, E., Cocco, A., & Troiano, G. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *European journal of dentistry*, 12(3), 459–466.

Divia, A. R., Nair, M. G., Varughese, J. M., & Kurien, S. (2018). A comparative evaluation of *Morinda citrifolia*, green tea polyphenols, and Triphala with 5% sodium hypochlorite as an endodontic irrigant against *Enterococcus faecalis*: An *in vitro* study. *Dental research journal*, *15*(2), 117–122.

Durán, N., Durán, M., de Jesus, M. B., Seabra, A. B., Fávoro, W. J., & Nakazato, G. (2016). Silver nanoparticles: A new view on mechanistic aspects on antimicrobial activity. *Nanomedicine : nanotechnology, biology, and medicine*, *12*(3), 789–799.

González-Luna, Gabriel-Alejandro Martínez-Castañón, Norma-Verónica Zavala-Alonso, Nuria Patiño-Marin,² Nereyda Niño-Martínez, Javier Morán-Martínez, and Jorge-Humberto Ramírez-González. (2016) Journal of Nanomaterials Doctorate Program in Engineering and Materials Science, Autonomous University of San Luis Potosí, 13, 29.

Goud, S., Aravelli, S., Dronamraju, S., Cherukuri, G., & Morishetty, P. (2018). Comparative Evaluation of the Antibacterial Efficacy of Aloe Vera, 3% Sodium Hypochlorite, and 2% Chlorhexidine Gluconate Against *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study. *Cureus*, *10*(10), e3480.

Halkai, K. R., Mudda, J. A., Shivanna, V., Rathod, V., & Halkai, R. (2018). Antibacterial Efficacy of Biosynthesized Silver Nanoparticles against *Enterococcus faecalis* Biofilm: An *in vitro* Study. *Contemporary clinical dentistry*, *9*(2), 237–241.

- Ioannidis, K., Niazi, S., Mylonas, P., Mannocci, F., & Deb, S. (2019). The synthesis of nano silver-graphene oxide system and its efficacy against endodontic biofilms using a novel tooth model. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 35(11), 1614–1629
- Javidi, M., Afkhami, F., Zarei, M., Ghazvini, K., & Rajabi, O. (2014). Efficacy of a combined nanoparticulate/calcium hydroxide root canal medication on elimination of *Enterococcus faecalis*. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 40(2), 61–65.
- Kaur P, Luthra R. (2016). Silver nanoparticles in dentistry: An emerging trend. *SRM J Res Dent Sci*; 7:162-165
- Katva, S., Das, S., Moti, H. S., Jyoti, A., & Kaushik, S. (2018). Antibacterial Synergy of Silver Nanoparticles with Gentamicin and Chloramphenicol against *Enterococcus faecalis*. *Pharmacognosy magazine*, 13(Suppl 4), S828–S833.
- Kushwaha, V., Yadav, R. K., Tikku, A. P., Chandra, A., Verma, P., Gupta, P., & Shakya, V. K. (2018). Comparative evaluation of antibacterial effect of nanoparticles and lasers against Endodontic Microbiota: An in vitro study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 10(12), 155 – 160.
- Loyola-Rodríguez, J. P., Torres-Méndez, F., Espinosa-Cristobal, L. F., García-Cortes, J. O., Loyola-Leyva, A., González, F. J., Soto-Barreras, U., Nieto-Aguilar, R., & Contreras-

- Palma, G. (2019). Antimicrobial activity of endodontic sealers and medications containing chitosan and silver nanoparticles against *Enterococcus faecalis*. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 17(3), 2280800019851771.
- Marín Botero, ML, Gómez Gómez, B, Cano Orozco, AD, Cruz López, S, Castañeda Peláez, DA, & Castillo Castillo, EY. (2019). Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura. *Avances en Odontoestomatología*, 35(1), 33-43.
- Martinez-Andrade, J. M., Avalos-Borja, M., Vilchis-Nestor, A. R., Sanchez-Vargas, L. O., & Castro-Longoria, E. (2018). Dual function of EDTA with silver nanoparticles for root canal treatment-A novel modification. *PloS one*, 13(1), e0190866.
- Mishra, P., & Tyagi, S. (2018). Surface analysis of gutta percha after disinfecting with sodium hypochlorite and silver nanoparticles by atomic force microscopy: An in vitro study. *Dental research journal*, 15(4), 242–247.
- Moazami, F., Sahebi, S., & Ahzan, S. (2018). Tooth Discoloration Induced by Imidazolium Based Silver Nanoparticles as an Intracanal Irrigant. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)*, 19(4), 280–286.
- Moghadas L, Shahmoradi M, Narimani T. (2012) Antimicrobial activity of a new nanobased endodontic irrigation solution: In vitro study. 3:142, 146

- Samiei, M., Farjami, A., Dizaj, S. M., & Lotfipour, F. (2016). Nanoparticles for antimicrobial purposes in Endodontics: A systematic review of in vitro studies. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 58, 1269–1278.
- Narayanan, L. L., & Vaishnavi, C. (2010). Endodontic microbiology. *Journal of conservative dentistry : JCD*, 13(4), 233–239.
- Noronha, V. T., Paula, A. J., Durán, G., Galembeck, A., Cogo-Müller, K., Franz-Montan, M., & Durán, N. (2017). Silver nanoparticles in dentistry. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 33(10), 1110–1126.
- Oliveira, K. V., Silva, B., Leonardi, D. P., Crozeta, B. M., Sousa-Neto, M. D., Baratto-Filho, F., & Gabardo, M. (2017). Effectiveness of different final irrigation techniques and placement of endodontic sealer into dentinal tubules. *Brazilian oral research*, 31, e114.
- Plutzer, B., Zilm, P., Ratnayake, J., & Cathro, P. (2018). Comparative efficacy of endodontic medicaments and sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Australian dental journal*, 63(2), 208–216.
- Prada, I., Micó-Muñoz, P., Giner-Lluesma, T., Micó-Martínez, P., Collado-Castellano, N., & Manzano-Saiz, A. (2019). Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*, 24(3), e364–e372.
- Rodrigues, C. T., de Andrade, F. B., de Vasconcelos, L., Midená, R. Z., Pereira, T. C., Kuga, M. C., Duarte, M., & Bernardineli, N. (2018). Antibacterial properties of silver

- nanoparticles as a root canal irrigant against *Enterococcus faecalis* biofilm and infected dentinal tubules. *International endodontic journal*, 51(8), 901–911.
- Sadek, R. W., Moussa, S. M., El Backly, R. M., & Hammouda, A. F. (2019). Evaluation of the Efficacy of Three Antimicrobial Agents Used for Regenerative Endodontics: An In Vitro Study. *Microbial drug resistance (Larchmont, N.Y.)*, 25(5), 761–771
- Salas, H., Vieira, G., Palomino, I., Valero, J., Pacheco-Yanes, J., Campello, A. F., & Pérez, A. R. (2020). Outcome of endodontic treatment with chlorhexidine gluconate as main irrigant: A case series. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endontology Inc*, 46(3), 307–314
- Samiei, M., Ghasemi, N., Divband, B., Balaei, E., Hosien Soroush Barhaghi, M., & Divband, A. (2015). Antibacterial efficacy of polymer containing nanoparticles in comparison with sodium hypochlorite in infected root canals. *Minerva stomatologica*, 64(6), 275–281.
- Samiei, M., Farjami, A., Dizaj, S. M., & Lotfipour, F. (2016). Nanoparticles for antimicrobial purposes in Endodontics: A systematic review of in vitro studies. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 58, 1269–1278.
- Saxena, D., Saha, S. G., Saha, M. K., Dubey, S., & Khatri, M. (2015). An in vitro evaluation of antimicrobial activity of five herbal extracts and comparison of their activity with 2.5% sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis*. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*, 26(5), 524–527.

- Shrestha, A., & Kishen, A. (2016). Antibacterial Nanoparticles in Endodontics: A Review. *Journal of endodontics*, 42(10), 1417–1426.
- Song, W., & Ge, S. (2019). Application of Antimicrobial Nanoparticles in Dentistry. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(6), 1033
- Suer, K., Ozkan, L., & Guvenir, M. (2020). Antimicrobial effects of sodium hypochlorite and Er,Cr:YSGG laser against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Nigerian journal of clinical practice*, 23(9), 1188–1193.
- Suzuki, T., Gallego, J., Assunção, W. G., Briso, A., & Dos Santos, P. H. (2019). Influence of silver nanoparticle solution on the mechanical properties of resin cements and intrarradicular dentin. *PloS one*, 14(6), e0217750.
- Takamiya, A. S., Monteiro, D. R., Bernabé, D. G., Gorup, L. F., Camargo, E. R., Gomes-Filho, J. E., Oliveira, S. H., & Barbosa, D. B. (2016). In Vitro and In Vivo Toxicity Evaluation of Colloidal Silver Nanoparticles Used in Endodontic Treatments. *Journal of endodontics*, 42(6), 953–960.
- Tang, S., & Zheng, J. (2018). Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles: Structural Effects. *Advanced healthcare materials*, 7(13), e1701503.
- Tartari, T., Bachmann, L., Zancan, R. F., Vivian, R. R., Duarte, M., & Bramante, C. M. (2018). Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *International endodontic journal*, 51 Suppl 1, e42–e54.

- Yamaguchi, M., Noiri, Y., Itoh, Y., Komichi, S., Yagi, K., Uemura, R., Naruse, H., Matsui, S., Kuriki, N., Hayashi, M., & Ebisu, S. (2018). Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. *BMC oral health*, *18*(1), 70.
- Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. *International journal of nanomedicine*, *15*, 2555–2562.
- Song, W., & Ge, S. (2019). Application of Antimicrobial Nanoparticles in Dentistry. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *24*(6), 1033.
- Zand, V., Lotfi, M., Soroush, M. H., Abdollahi, A. A., Sadeghi, M., & Mojadadi, A. (2016). Antibacterial Efficacy of Different Concentrations of Sodium Hypochlorite Gel and Solution on *Enterococcus faecalis* Biofilm. *Iranian endodontic journal*, *11*(4), 315–319.
- Zheng, T., Huang, X., , Chen, J., , Feng, D., , Mei, L., , Huang, Y., , Quan, G., , Zhu, C., , Singh, V., , Ran, H., , Pan, X., , Wu, C. Y., , & Wu, C., (2018). A liquid crystalline precursor incorporating chlorhexidine acetate and silver nanoparticles for root canal disinfection. *Biomaterials science*, *6*(3), 596–603.