

**Desinfección foto activada frente al *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos
radiculares. Revisión narrativa.**

Yuri Katherine Ojeda Manrique

Yurley Ariza Ureña

Diana Carolina Ríos Bayona

Universidad Antonio Nariño

Facultad de odontología

San José de Cúcuta

2020

**Desinfección foto activada frente al *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos
radiculares. Revisión narrativa.**

Yuri Katherine Ojeda Manrique

Yurley Ariza Ureña

Diana Carolina Ríos Bayona

Asesores

Dr. Luis Fernando Sepúlveda Atuesta

Odontólogo - Especialista en endodoncia

Dr. Jesús Arturo Ramírez Sulvarán

Lic. en biología y química, Msc., Dr. en educación

Universidad Antonio Nariño

Facultad de odontología

San José de Cúcuta

2020

Dedicatoria

Hoy, después de un gran esfuerzo y arduo trabajo, tengo el gran honor de dedicar esta tesis de grado principalmente a Dios por darme la bendición de la vida y por darme el regalo que hace muchos años me prometió por medio de su palabra en Mateo 21:22 Todo lo que pidieréis en oración, creyendo, lo recibiréis; en segundo lugar, a mis padres, mi hermano y mi futuro esposo los cuales fueron el apoyo moral y económico para lograr hoy esta gran meta.

YURI KATHERINE OJEDA MANRIQUE

Dedico esta tesis a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más las cosas. A mis padres y a mi hermano por acompañarme siempre y tener una palabra de aliento cada vez que sentía de no ser capaz de continuar, gracias por brindarme todo su apoyo y creer en mí. A mi novio Wladimir por la ayuda que me has brindado ha sido de gran importancia para mí, siempre ayudándome y brindándome tu apoyo y amor. A todos mis familiares, por su apoyo y mis compañeras de tesis por aceptarme y apoyarnos mutuamente se les quiere.

DIANA CAROLINA RIOS BAYONA

Primeramente gracias a Dios por permitirme culminar este proceso y vivir esta experiencia tan maravillosa, a mis PADRES, Jorge Eliecer Ariza Ortega y Johana Ureña por su apoyo, sacrificio y confianza depositadas en mi formación como profesional, a mi hermano Deivi Ariza Ureña por siempre escucharme en muchos momentos de angustia, gracias infinitas a mi angelito del cielo que siempre creyó en mí y anhelo la llegada de este momento tan importante, gracias a cada una de las personas que siempre me apoyaron y acompañaron en este proceso y gracias a la universidad Antonio Nariño por permitir formarnos como profesionales íntegros.

YURLEY ARIZA UREÑA

Agradecimientos

La presente tesis fue un reto académico y personal, un arduo proceso de investigación que no deja de ser el fruto de una maravillosa experiencia como estudiante, en la que, de un modo u otro, personas importantes de mi vida personal y profesional, han contribuido con su enriquecimiento, de una manera concreta y práctica, o demostrando su interés, cercanía o apoyo incondicional.

Por ello, quiero expresar mi profundo agradecimiento a:

Primero a Dios compañero fiel, quien me llevo de la mano para poder continuar a pesar de los obstáculos que se presentaron en el transcurso de la tesis y los 5 años y más de esta carrera tan bonita. Al Dr. Luis Fernando Sepúlveda Atuesta quien además de cumplir perfectamente con su papel de asesor científico me dio su colaboración incondicional y su cariño desinteresado no solo en el transcurso de nuestra tesis sino también en toda nuestra carrera como odontólogas. Dr. Jesús Arturo Ramírez Sulvarán, por su colaboración como asesor metodológico durante el desarrollo de esta investigación. A los demás docentes que enriquecieron no solo con conocimiento sino aportando su sabiduría a lo largo de nuestra carrera universitaria. De igual forma agradezco a todas las personas que han estado presentes a lo largo de estos 5 años, compartiendo con nosotras sus conocimientos, experiencias, alegrías y tristezas. Gracias a su apoyo hoy culminamos este peldaño más en nuestras vidas profesionales.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que nos apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

RESUMEN

El principal objetivo de la preparación endodóntica es la limpieza y desinfección de los canales radiculares. La irrigación y conformación de los canales radiculares se consideran fases muy importantes para conseguir el éxito de la terapia endodóntica. *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) es un cocco anaerobio Gram positivo con capacidad para sobrevivir en el canal radicular, puede invadir los túbulos dentinarios y resistir la acción de sustancias antimicrobianas, es el principal microorganismo relacionado con la falla en la terapia endodóntica. Una de las técnicas actuales de desinfección del conducto radicular incluye la terapia fotodinámica (PDT).

OBJETIVO: Determinar el efecto antibacteriano de la desinfección foto activada frente al *Enterococcus faecalis* en la irrigación de los conductos radiculares, mediante una revisión de literatura.

MATERIALES Y METODOS: Un estudio cualitativo de tipo documental informativo basado en la revisión de documentos, se aprobaron y revisaron 40 artículos.

RESULTADOS: se puede evidenciar que el hipoclorito de sodio y la terapia foto activada podrían ser un complemento eficaz para la eliminación en un 100% del *E. faecalis*.

CONCLUSIONES: la foto activación y el hipoclorito de sodio son eficaces para la eliminación del *E. faecalis*, el hipoclorito de sodio es eficaz eliminando la capa de frotis permitiendo un nivel más alto de profundidad de penetración en los túbulos dentinales, el láser de diodo y el láser Nd:YAG son los tipos de laser más utilizados en endodoncia para la eliminación del *E. faecalis*.

PALABRAS CLAVE: *E. faecalis*, foto activación, terapia fotodinámica.

ABSTRACT

The main objective of endodontic preparation is the cleaning and disinfection of the root canals. The irrigation and shaping of the root canals are considered very important phases to achieve the success of endodontic therapy. *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) is a Gram positive anaerobic coccus with the ability to survive in the root canal, it can invade the dentin tubules and resist the action of antimicrobial substances, it is the main microorganism related to the failure of endodontic therapy. One of the current techniques for root canal disinfection includes photodynamic therapy (PDT).

OBJECTIVE: To determine the antibacterial effect of photo-activated disinfection against *Enterococcus faecalis* in the irrigation of the root canals, through a literature review.

MATERIALS AND METHODS: A qualitative study of an informative documentary type based on the review of documents, 40 articles were approved and reviewed.

RESULTS: it can be shown that sodium hypochlorite and photo-activated therapy could be an effective complement for the 100% elimination of *E. faecalis*.

CONCLUSIONS: photoactivation and sodium hypochlorite are effective for the elimination of *E. faecalis*, sodium hypochlorite is effective in eliminating the smear layer allowing a higher level of penetration depth in the dentinal tubules, the diode laser and Nd: YAG lasers are the types of laser most used in endodontics for the elimination of *E. faecalis*.

KEY WORDS: *E. faecalis*, photo activation, photodynamic therapy.

Tabla de contenido

1. Problema	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del Problema	6
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo general.....	7
3. Justificación	8
4. Marco teórico	10
4.1 Cavidad pulpar.....	10
4.2 Clasificación de la anatomía de los canales radiculares.....	11
4.2.1 Clasificación según Pucci y Greid.....	11
4.2.2 Clasificación según Weine.....	13
4.2.3 Clasificación según Vertucci.....	14
4.3 Origen de la inflamación pulpar.....	24
4.4 Componente bacteriano en cavidad oral.....	27
4.5 Biofilms.....	28
4.5.1 Biofilms en el canal radicular.....	29
4.6 Microorganismos en infecciones intra radiculares primarias.....	30
4.7 Microorganismos en infecciones intra radiculares secundarias.....	32
4.8 <i>Enterococcus faecalis</i>	33

4.8.1	Características microbiológicas.....	34
4.8.2	Factores de virulencia.....	35
4.9	Irrigantes en Endodoncia.....	37
4.9.1	Soluciones antisépticas: Hipoclorito de Sodio (NaOCl).....	38
4.9.2	Gluconato de clorhexidina (CHX).....	40
4.9.3	Agentes Quelantes.....	41
4.9.4	Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).....	42
4.10	Terapia Fotodinámica en Endodoncia.....	43
4.10.1	Laser.....	44
4.10.2	Aplicaciones de Laser en Endodoncia.....	46
4.10.3	Efectos de la luz láser sobre la bacteria.....	47
4.10.4	Efectos de la luz láser sobre la dentina.....	47
4.10.5	Efectos de la luz láser sobre los irrigantes.....	47
4.10.6	Efectos de la luz láser sobre los fotosensibilizadores.....	48
4.10.7	Profundidad de penetración del NaOCl, las bacterias y la luz.....	48
5.	Metodología.....	50
5.1	Tipo de estudio.....	50
5.2	Fuentes	50
5.3	Palabras clave.....	50
5.4	Criterios de inclusión y exclusión.....	50
5.4.1	Criterios de inclusión	50

5.4.2 Criterios de exclusión.....	51
5.5 Materiales y métodos.....	51
6. Resultados.....	53
6.1 Efecto antibacteriano de la foto activación y el hipoclorito de sodio contra el <i>E. faecalis</i>	53
6.2 Profundidad de penetración de la desinfección foto activada.....	59
6.3 Tipos de foto activación.....	65
7. Discusión.....	72
8. Conclusión.....	79
9. Recomendaciones.....	80
Referencias.....	81

Lista de figuras

Figura 1. Clasificación del canal radicular según Pucci y Greid	12
Figura 2. Clasificación del canal radicular según Weine	13
Figura 3. Clasificación del canal según Vertucci	14
Figura 4. Clasificación del canal radicular según Gulabivala K	16
Figura 5. Clasificación del canal radicular según Sert S y Bayirli GS	18
Figura 6. Clasificación del canal radicular según Peiris H et al, Al-Qudah AA	19
Figura 7. Clasificación del canal radicular según Zhang R et al	20
Figura 8. Clasificación del canal radicular según Kim SY	21

Listado de tablas

Tabla 1. Microorganismos en Infecciones intra radiculares primarias	30
Tabla 2. Microorganismos en infecciones intra radiculares secundarias	32

Listado de graficas

Grafica 1. Articulos incluidos en la revision narrativa.	71
--	----

Introducción

Un tratamiento endodóntico se considera exitoso si cumple una serie de procedimientos, en la mayoría de casos de manera sistemática. El principal objetivo de la preparación endodóntica es la limpieza y desinfección de los canales radiculares, manteniendo su morfología. La irrigación y conformación de los canales radiculares se consideran fases muy importantes para conseguir el éxito de la terapia endodóntica. La limpieza del canal radicular depende tanto de la técnica de instrumentación como de la solución irrigadora utilizada. Dentro de esta fase, adquiere gran importancia la irrigación, la técnica y las diferentes soluciones irrigadoras para la eliminación de los restos producto de la instrumentación, además de lubricar el canal y disolver los residuos orgánicos e inorgánicos; como parte de su efecto antimicrobiano (Snehal S, 2018).

La instrumentación manual y mecánica poseen limitaciones y ninguna consigue por si sola una limpieza completa del canal radicular, sobre todo en la región apical de los canales curvos. La solución irrigadora más utilizada es el hipoclorito de sodio (NaOCl), en concentraciones que van desde el 0.5%, hasta el 6%; su componente principal es el cloruro que al entrar en contacto con la dentina, el NaOCl se disocia en hidróxido de sodio y ácido hipocloroso, siendo responsables de la capacidad de disolución tisular y la actividad antimicrobiana de esta solución. Además de poseer baja tensión superficial, facilita la instrumentación, tiene un pH alcalino y es de acción rápida. Sin embargo, es altamente irritante cuando entra en contacto con los tejidos periapicales, causa alteraciones en el colágeno de la dentina; reduciendo la resistencia de los dientes, haciendolos más proclives a las fracturas (Samiei M, 2016; Ting L, 2018; Taís L, 2017).

La mayoría de los fracasos endodónticos están asociados a la presencia de especies bacterianas dentro del canal radicular, lográndose encontrar especies como *Porphyromonas endodontalis*, *Parascordavia denticolens*, *Prevotella*, *Dialister invisus*, siendo las más predominantes en la infección primaria, mientras que otras especies *Actinomyces* y *Anaeroglobus geminatus* están presentes tanto en la infección primaria como en la secundaria y el *Enterococcus faecalis* está presente en menos de la mitad de todas las infecciones secundarias (Lagori G, 2017).

E. faecalis es un cocco anaerobio Gram positivo con capacidad para sobrevivir en el canal radicular. Puede invadir los túbulos dentinarios y resistir la acción de sustancias antimicrobianas, es resistente a ambientes de pH alto (alcalino), y su crecimiento se inhibe con valores de pH superiores a 12.5. Debido a estas características y otras más, es el principal microorganismo relacionado con la falla en la terapia endodóntica (Lagori G, 2017).

Una de las técnicas actuales de desinfección del conducto radicular incluye el uso de laser de alta potencia y terapia fotodinámica (PDT). Funcionan según la producción de calor relacionada con la dosis selectiva, lo que puede provocar daños como la reabsorción de la raíz y la necrosis periapical si los parámetros no se seleccionan correctamente. La palabra fotodinámica se refiere al estudio de los efectos de activación de la luz sobre los organismos vivos. Sus principales ventajas son la selectividad, y en endodoncia el acceso a áreas complejas como furcación, curvaturas apicales, presencia de canales accesorios y fisuras dentinales, disminuyendo así la posibilidad de bacteriemias en pacientes sistémicos inmunocomprometidos; a su vez también disminuye el fracaso endodóntico, ahorra tiempo y evita la interferencia con la flora normal de los tejidos

adyacentes. Además, posee una baja toxicidad y causa un daño mínimo en el tejido del huésped (Asnaashari M, 2016).

Este estudio busca conocer los parámetros de la desinfección foto activada contra el *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares, por medio de una revisión narrativa.

1. Problema

1.1 Planteamiento del Problema

Las técnicas convencionales de tratamientos de conductos radiculares, como la instrumentación mecánica y el desbridamiento químico con irrigantes antimicrobianos, como el NaOCl, la clorhexidina y el hidróxido de calcio no siempre son suficientes para lograr que los conductos radiculares estén libres de bacterias. La infección microbiana juega un papel importante en las lesiones periapicales persistentes; la inadecuada desinfección de los conductos radiculares podría conducir al fracaso de la terapia endodóntica y a su vez a la persistencia de la patología periapical. Factores como las variaciones anatómicas y el crecimiento bacteriano a través de biopelículas, dificultan la desinfección completa del sistema de canales radiculares (Asnaashari M, 2016).

Los microorganismos y sus productos son el principal factor etiológico de las patologías pulpares y periapicales; la presencia de especies aerobias, anaeróbicas y anaeróbicas facultativas las cuales se encuentran en la microbiota endodóntica, el *E. faecalis* que es un microorganismo anaerobio facultativo hallado con mayor frecuencia en el interior de los túbulos dentinarios, así como en las áreas de furcación, istmos y canales accesorios, siendo altamente resistente a la preparación químico-mecánica convencional actúa como el principal causante de fracasos endodónticos. Este microorganismo tiene varios factores de virulencia y la capacidad de soportar

períodos prolongados sin aporte nutricional, pudiendo sobrevivir en el canal como un solo organismo aislado. (Souza M, 2016).

Recientemente se han investigado nuevos sistemas y sustancias para mejorar la desinfección del canal radicular, ya sea reemplazando los procedimientos químico-mecánicos convencionales o complementando sus efectos. Garcez y col. (2015) sugirieron la terapia foto dinámica (PDT) como un complemento prometedor y efectivo a la limpieza y desinfección intracanal estándar para el tratamiento clínico de las lesiones periapicales, en particular para los dientes que se someten a tratamiento endodóntico en una sola sesión o retratamiento, debido a que los efectos fotodinámicos en los canales radiculares infectados experimentalmente de dientes extraídos llevaron a una reducción del 99% en recuentos de unidades formadoras de colonias cuando se optimizaron los parámetros PDT (Plotino G, 2018).

Al comparar las terapias endodónticas convencionales con las terapias de foto activación, se ha mostrado que la reducción de bacterias es de un 90% a 95%, respectivamente. Afortunadamente, la combinación de ambas terapias en un tratamiento demostró reducir bacterias en un 98%. A pesar de que ningún protocolo de irrigación aporta el 100% de eliminación bacteriana dentro de los conductos, estos nuevos métodos de desinfección se han implementado para complementar aquellos tratamientos convencionales de irrigación añadiendo una desinfección adicional. Algunos estudios demuestran que la combinación de irrigación con hipoclorito de sodio y terapia de foto-activación brindan una máxima desinfección. Por ejemplo, en estudios realizados por Motriz et al. se encontraron una reducción del 99.16% de bacterias

realizando irrigación con NaOCl al 2.25%, incluyendo cepas de los microorganismos responsables de los fracasos endodónticos (*E. faecalis* y *E. coli*). Por otro lado, Gutknecht et al. promediaron una reducción de *E. faecalis* del 99.92%, y Fonseca et al. reportaron una reducción bacteriana del 99.9% después de un tratamiento de conducto utilizando la foto-activación del NaOCl al 2.25% (Vaid, et al., 2017).

Este estudio busca realizar una revisión de literatura sobre la desinfección foto activada contra el *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares, conociendo que este microorganismo es el principal causante del fracaso endodóntico y pudiendo, así mismo, lograr una desinfección exitosa de los canales radiculares.

1.2 Formulación del Problema

Conociendo la importancia de la desinfección químico-mecánica en la terapia endodóntica para la eliminación de material orgánico e inorgánico y lograr una limpieza completa del canal radicular y el posterior éxito de dicha terapia (Cieplik F, 2016), se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los mecanismos para la desinfección foto activada en la eliminación del *E. faecalis* durante la irrigación de conductos radiculares?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar la evidencia científica disponible sobre la desinfección foto activada frente al *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares en referencia a los parámetros, efecto antibacteriano, profundidad de penetración y tipos de foto activación.

3. Justificación

La endodoncia es una de las especialidades de la odontología que estudia la estructura, morfología y fisiología del espacio pulpar y a su vez trata las patologías del complejo dentino - pulpar y de la región periapical. Para lograr el éxito de cualquier terapia endodóntica, es necesario realizar una adecuada limpieza de la cámara pulpar y del sistema de canales radiculares, los cuales, ya preparados y desinfectados completamente deben obturarse con un material de relleno inerte y biocompatible (Albuquerque D, 2014).

E. faecalis es uno de los microorganismos responsables del fracaso endodóntico, principalmente en los casos de periodontitis apical crónica, debido a que es una bacteria resistente a la acción de numerosas sustancias irrigantes; su permanencia en el conducto radicular está asociada a la capacidad de sobrevivir en ambientes hostiles y a la formación de un biofilm con otros microorganismos. Actualmente, se usan diversos tipos de irrigantes para la eliminación del *E. faecalis*, pero aún no se encuentra el que sea altamente efectivo para su eliminación del canal radicular, debido a su pH que es alcalino (Marrugo P, 2014).

El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado en la terapia endodóntica, debido a su amplio espectro antimicrobiano y su capacidad para promover la disolución del tejido orgánico e inorgánico, eliminando rápidamente bacterias, esporas, hongos y virus. Sus concentraciones clínicas varían entre el 0,5% y el 6%, sin embargo, el hipoclorito de sodio es altamente irritante cuando entra en contacto con los tejidos periapicales, reduce la resistencia de los dientes e interfiere

negativamente con la resistencia de la unión de las restauraciones adhesivas a la dentina. Debido a los efectos adversos de este irrigante, se han desarrollado recursos alternativos para promover la descontaminación del sistema de conductos radiculares (Souza M, 2016; Marrugo P, 2014).

La terapia fotodinámica (PDT) es una estrategia antimicrobiana definida como ‘‘La inducción de la luz para la inactivación de las células, microorganismos y sus moléculas’’, también llamado desinfección foto activada (PAD) o desinfección activada por la luz (LAD) o quimioterapia fotodinámica antimicrobiana (PACT), utilizada en diversos campos de la odontología, incluyendo la endodoncia. La terapia fotodinámica se inició a principios de este siglo cuando Paul Ehrlich demostró que las bacterias pueden acumular selectivamente tinciones vitales. Al optar por la PDT es necesario tomar en cuenta ciertos principios, incluyendo un tiempo de pre irradiación de 3-5 minutos para sensibilizar a las bacterias del biofilm y el uso de una densidad de energía (teniendo en cuenta las características del tejido y la eficacia de penetración en los túbulos dentinarios), técnica de suministro de luz (Castillo A,2016).

Esta revisión bibliográfica permitirá incluir todas aquellas investigaciones, elementos y opiniones asociados a la desinfección foto activada contra el *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares, conociendo que este microorganismo es el principal causante del fracaso endodontico, y el cual es tema de interés para la comunidad académica y profesional en odontología.

4. Marco teórico

4.1 Cavity pulpar

La cavity pulpar está rodeada de tejidos duros y está ocupada por un tejido conectivo laxo (pulpa), denominada espacio pulpar. Este espacio se encuentra en el interior de todos los dientes; y puede dividirse en 3 partes anatómicas importantes perfectamente diferenciadas pero que fisiológicamente forman un conjunto muy particular: cámara pulpar, conductos radiculares y ápice radicular (Canalda C y Brau E, 2014).

La cámara pulpar es el espacio interno del diente que se encuentra en la zona coronaria, está recubierta totalmente por dentina y se relaciona únicamente con los conductos radiculares mediante los orificios que constituyen la entrada a los mismos. Está situada en el centro de la corona y tiende a reproducir la superficie externa del diente, pero esta situación no es muy frecuente. Puede considerarse de forma cúbica, con 6 caras o paredes que se denominan; pared mesial, distal, vestibular, palatino o lingual, techo y piso. Las caras no son planas, sino que generalmente son convexas o cóncavas. Por otra parte, las convexidades y concavidades no son constantes y dependen del grado de calcificación del diente. La dentina por ser considerado un tejido vivo se encuentra en constante evolución; por lo que esta estructura que conforma las paredes de la cámara varía según la edad de cada diente y de los estímulos externos a que ha sido sometida (Canalda C y Brau E, 2014; Hoedke D, 2018)

La compleja disposición de los conductos ha creado una variada nomenclatura, así como una confusión entre los investigadores. Muchos de ellos se han ocupado en investigar sobre la anatomía interna del órgano dental y han realizado una clasificación sistemática que no ha permitido establecer denominaciones comunes. Las raíces de los dientes se presentan en 3 formas fundamentales: las raíces simples corresponden a los dientes unirradiculares, las raíces bifurcadas y las raíces fusionadas que son el resultado de la unión de 2 o más raíces en un solo cuerpo dental (Canalda C y Brau E, 2014; Hargreaves K y Cohen S, 2014).

4.2 Clasificación de la anatomía de los canales radiculares

Los sistemas actuales para clasificar las anomalías del canal radicular se centran en describir los detalles de la anomalía y clasificarlos en tipos según la gravedad o las características morfológicas específicas (Ahmed A y Dummer H, 2017).

Bansal, Hegde y Astekar, tienen en cuenta diversas características morfológicas para clasificar las configuraciones de los canales radiculares: Número de canales desde el orificio hasta el ápice, número de raíces y el número de canales en cada raíz, número de istmo.

4.2.1 Clasificación según Pucci y Greid.

Conducto principal: se inicia en la cámara pulpar y se continua a lo largo de la raíz hasta terminar en el ápice radicular, es el conducto más central, más recto y de mayor calibre. Conducto lateral: se extiende desde el conducto principal hacia el ligamento periodontal, más frecuentemente

en el cuerpo de la raíz que en la base, generalmente es perpendicular al conducto principal, o puede tener una discreta inclinación hacia el ápice. Conducto secundario: se extiende desde el conducto principal hacia el ligamento periodontal en la región apical. Conducto accesorio: es una ramificación que se deriva del conducto secundario, va hasta el ligamento periodontal en la región apical. Conducto colateral: es un conducto que va paralelo al conducto principal, pero es de menor diámetro, no ocupa el centro radicular, sino que está a un lado y termina hacia el ligamento periodontal. Conducto recurrente: es un conducto que se origina en el conducto principal y vuelve a él sin salir al ligamento periodontal. Conducto interradicular o cavo interradicular: se inicia en el piso de la cámara pulpar de los dientes multirradiculares y termina en la bifurcación hacia el periodonto. Delta apical: es la forma de terminación más frecuente del conducto principal en el ápice, consiste en la ramificación del conducto para dar origen a varios conductos que se desembocan con el ligamento periodontal (Tobón D, s.f) (Figura1).

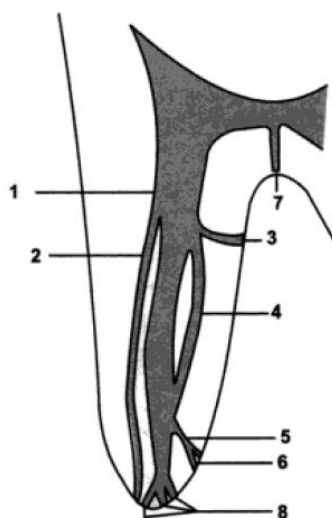


Figura 1. Tobon, D (s.f). Fundamentos de odontología manual básico de endodoncia.

- 1- Conducto principal. 2- conducto colateral. 3-conducto lateral. 4-conducto recurrente. 5- conducto secundario. 6-conducto accesorio. 7-conducto interradicular o cavo interradicular. 8-delta apical.*

4.2.2 Clasificación según Weine.

Fue el primero en categorizar las configuraciones del canal radicular dentro de una sola raíz en cuatro tipos básicos:

Tipo I (1-1): Un solo canal se dirige desde el orificio de entrada hasta el vértice apical.

Tipo II (2-1): Dos canales surgen de la cámara pulpar y durante su curso se unen en uno solo en el tercio apical.

Tipo III (2-2): Dos canales surgen desde la cámara pulpar y terminan en dos forámenes apicales.

Tipo IV (1-2): Un canal inicia su recorrido del piso de la cámara de la pulpa y, durante su curso, se divide en dos que terminan en el vértice apical (Bansal, Hegde y Astekar, 2018) (Figura 2).



Figura 2. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

4.2.3 Clasificación según Vertucci.

Tipo I (1-1): único canal que termina en un solo foramen apical.

Tipo II (2-1): Dos conductos radiculares abandonan la cámara pulpar y terminan en un foramen único.

Tipo III (1-2-1): único canal radicular que abandona la cámara pulpar, se separa en dos conductos radiculares y termina en un foramen único. Tipo IV (2-2): Dos conductos radiculares abandonan la cámara pulpar y terminan como dos forámenes independientes. Tipo V (1-2): único canal radicular que abandona la cámara pulpar y termina en dos forámenes. Tipo VI (2-1-2): Dos conductos radiculares que abandonan la cámara pulpar y se unen en un solo conducto radicular y se bifurcan para terminan en dos forámenes apicales. Tipo VII (1-2-1-2): único canal radicular que abandona la cámara pulpar y se bifurca en dos conductos radiculares que se unen nuevamente como un solo canal y se separan para terminar como dos forámenes apicales.

Tipo VIII (3-3): Tres canales radiculares abandonan la cámara pulpar y terminan en tres forámenes apicales.

Tipo adicional (introducido por Ng et al) (2-1-2-1): Dos canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, se unen nuevamente como un solo canal radicular, que se separa en dos ramas y termina en un foramen apical (Arslan et al.,2015) (Figura 3).

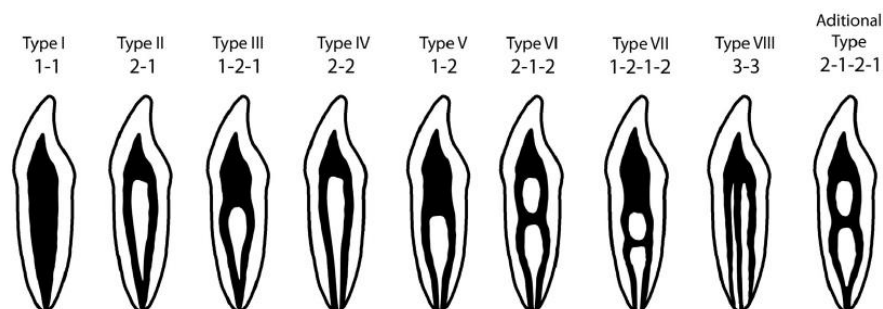


Figura 3. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

Posteriormente Kartal N *et al* en 1992, informaron dos nuevas configuraciones de canales radiculares en dientes anteriores inferiores: Configuración del canal de la raíz (1-2-1-3): un canal comienza desde la cámara pulpar, se divide en dos en el tercio medio, estos dos canales se unen nuevamente en un solo canal y se dividen en tres canales antes de salir del ápice de la raíz. Configuración del canal radicular (2-3-1) de la raíz mesial de molares inferiores: Dos canales separados que se extendieron desde la cámara pulpar hasta el tercio medio radicular, y el canal lingual se divide en dos canales formando así tres canales en el tercio apical que desembocan en un foramen. (Figura 4A).

Posteriormente en otro estudio Kartal N *et al.*, dividieron la clasificación Tipo II de Vertucci en dos subgrupos: Tipo IIa (2-1-1): Dos canales que abandonan la cámara pulpar y luego se unen en un canal antes de salir por un foramen apical; Tipo IIb (2-1-1): Dos canales que abandonan la cámara pulpar separados y luego se unen dentro del foramen apical para salir por un foramen apical. Así mismo Gulabivala K *et al.* en 2001, examinaron los molares inferiores en una población birmana y agregaron siete configuraciones adicionales a la clasificación de Vertucci como: Tipo I a Tipo VII estas configuraciones clasifican 4 o 5 canales radiculares que abandonan

la cámara pulpar. Estas configuraciones adicionales fueron las siguientes: Tipo I (3-1): Tres canales abandonan la cámara pulpar y se unen para salir por un foramen apical; Tipo II (3-2): Tres canales abandonan la cámara pulpar y dos de ellos se unen durante su curso para salir por dos forámenes apicales. Tipo III (2-3): Dos canales abandonan la cámara pulpar y luego un canal se divide en dos para salir por tres forámenes apicales. Tipo IV (2-1-2-1): Dos canales abandonan la cámara pulpar y se une en uno durante su curso y luego se divide en dos canales para salir por un foramen apical. Tipo V (4-2): Cuatro canales abandonan la cámara pulpar; luego, durante su curso, dos canales se unen para salir por dos forámenes apicales. Tipo VI (4-4): Cuatro canales abandonan la cámara pulpar independientes y terminan en cuatro forámenes apicales. Tipo VII (5-4): Cinco canales abandonan la cámara pulpar separados y durante su curso, un canal se une con el otro para salir por cuatro forámenes apicales (Bansal, Hegde y Astekar, 2018) (Figura 4B).

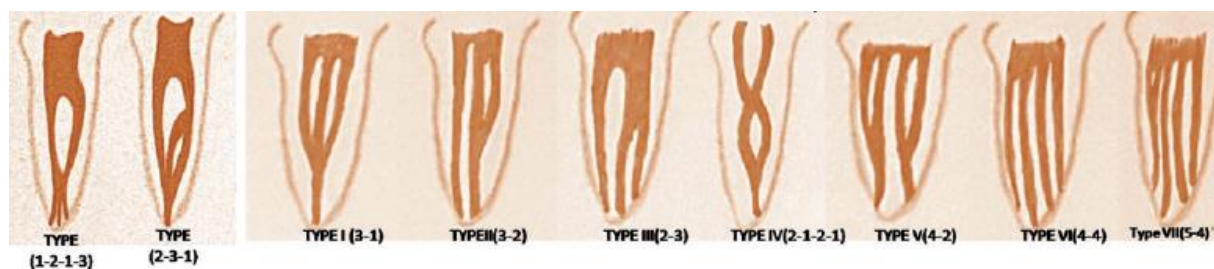


Figura 4. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

Sert S y Bayirli GS en 2004 agregaron catorce nuevas configuraciones de canales radiculares a la clasificación de Vertucci; los numeraron desde el Tipo IX hasta el Tipo XXIII: Tipo IX (1-3): único canal radicular que abandona la cámara pulpar y termina en tres forámenes

apicales. Tipo X (1-2-3-2): único canal radicular que abandona la cámara pulpar y luego se separa en dos canales radiculares, uno de ellos se separa en dos canales radiculares que luego se unen para terminar en dos forámenes apicales. Tipo XI (1-2-3-4): único canal radicular que abandona la cámara pulpar luego se separa en dos canales, uno de ellos se divide en dos canales para terminar en cuatro forámenes apicales. Tipo XII (2-3-1): Dos canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, uno de ellos se separa en dos canales y luego se unen todos los canales para terminar en un foramen apical. Tipo XIII (1-2-1-3): Único canal radicular que abandona la cámara pulpar, se separa en dos canales que luego se unen y terminan en 3 forámenes apicales. Tipo XIV (4-2): Cuatro canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego se unen en dos canales para terminar en dos forámenes apicales. Tipo XV (3-2): Tres canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego uno de ellos se une y terminan en dos forámenes apicales. Tipo XVI (2-3): Dos canales radiculares abandonan la cámara pulpar, uno de ellos se divide en dos canales para terminar en tres forámenes apicales. Tipo XVII (1-3-1): único canal radicular que abandona la cámara pulpar y luego se divide en tres canales radiculares que posteriormente se unen para terminar en un foramen apical. Tipo XVIII (3-1): Tres canales radiculares que abandonan la cámara pulpar y luego se unen para terminar en un foramen apical. Tipo XIX (2-1-2-1): Dos canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego se unen y posteriormente se dividen en dos para terminar en un foramen apical. Tipo XX (4-4): Cuatro canales radiculares que abandonan la cámara pulpar y terminan en cuatro forámenes apicales. Tipo XXI (4-1): Cuatro canales radiculares que abandonan la cámara pulpar y luego se unen para terminar en un foramen apical. Tipo XXII (5-4): Cinco canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, uno de ellos se une para terminar en cuatro forámenes apicales. Tipo XXIII (3-4): Tres canales radiculares que

abandonan la cámara pulpar, uno de ellos se divide para terminar en cuatro forámenes apicales (Bansal, Hegde y Astekar, 2018) (Figura 5).

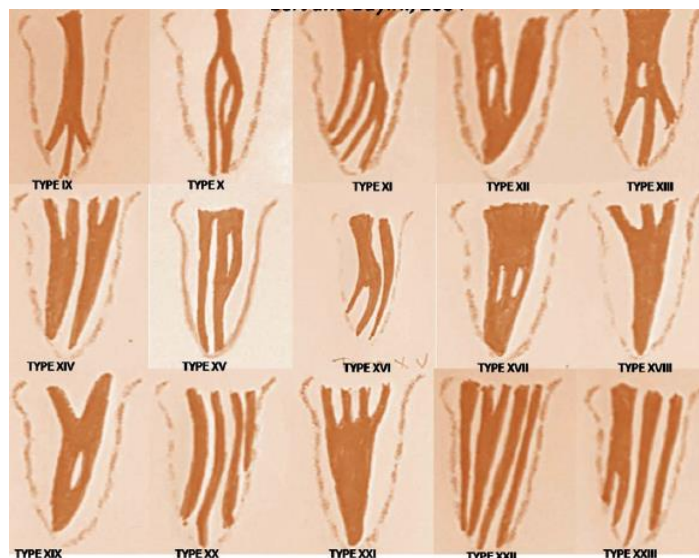


Figura 5. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

Peiris H et al. en 2008, en un estudio realizado en el primer molar inferior de la población de Srilankan, observaron dos configuraciones adicionales del canal radicular a la clasificación de Vertucci: (1-2-3): Único canal radicular que abandona la cámara pulpar, luego se divide en dos canales, posteriormente uno de ellos se divide en dos canales para terminar en tres forámenes apicales. (3-1-2): Tres canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego se unen, y posteriormente se divide en dos para terminar en dos forámenes apicales (Figura 6A). Al-Qudah AA en 2009, observó cuatro nuevos tipos de configuraciones a la clasificación de Vertucci en su estudio sobre la morfología del conducto radicular de los molares inferiores: Tipo XX (2-3-1): Dos

canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego uno de ellos se divide en dos canales para conformar tres canales que se unen y terminan en un foramen apical. Tipo XXI (2-3-2): Dos canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego uno de ellos se divide en dos canales para conformar tres canales, posteriormente se unen dos canales para terminar en dos forámenes apicales. Tipo XXII (3-2-1): Tres canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego uno de ellos se une para obtener dos canales, posteriormente se unen para terminar en un foramen apical. Tipo XXIII (3-2-3): Tres canales radiculares que abandonan la cámara pulpar, luego uno de ellos se une para formar dos canales radiculares, posteriormente se unen en uno y se bifurcan en tres para terminar en tres forámenes apicales (Bansal, Hegde y Astekar, 2018) (Figura 6B).

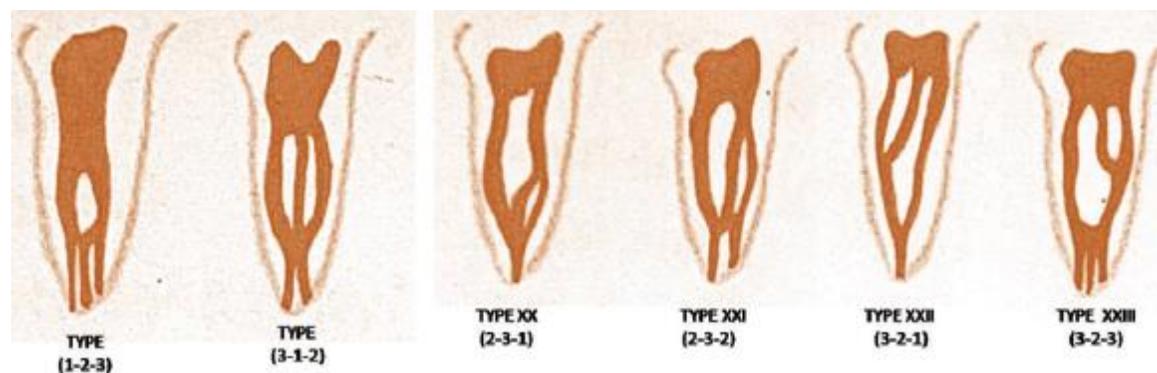


Figura 6. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

Zhang R et al. En 2011, dieron la clasificación de los molares mandibulares de acuerdo con el número de raíces y el número de canales en cada raíz.

Variante 1 (2-2): Dos raíces separadas, una mesial y una distal, con un canal en cada raíz. Variante 2 (2-3D): Dos raíces separadas, una mesial y una distal, con un canal en la raíz mesial y dos canales en la raíz distal. Variante 3 (2-3M): Dos raíces separadas, una mesial y una distal, con dos canales en la raíz mesial y un canal en la raíz distal. Variante 4 (2-4): Dos raíces separadas, una mesial y una distal, con dos canales en cada raíz. Variante 5 (3-3): Tres raíces separadas, mesial, disto vestibular y distolingual, con un canal en cada raíz. Variante 6 (3-4): Tres raíces separadas, con dos canales en la raíz mesial y un canal cada una en las raíces distovestibular y distolingual. Variante 7 (4-4): Cuatro raíces separadas, mesiovestibular, mesiolingual, distovestibular y distolingual, con un canal en cada raíz (Figura 7A). Luego Silva EJNL et al. en 2013, Agregaron tres variantes más para los molares inferiores con raíces fusionadas que fueron: Variante 8 (1-1): fusión de 2 raíces con un canal. Variante 9 (1-2): fusión de 2 raíces con dos canales Variante 10 (1-3): fusión de 3 raíces con tres canales (Bansal, Hegde y Astekar, 2018) (Figura 7B).

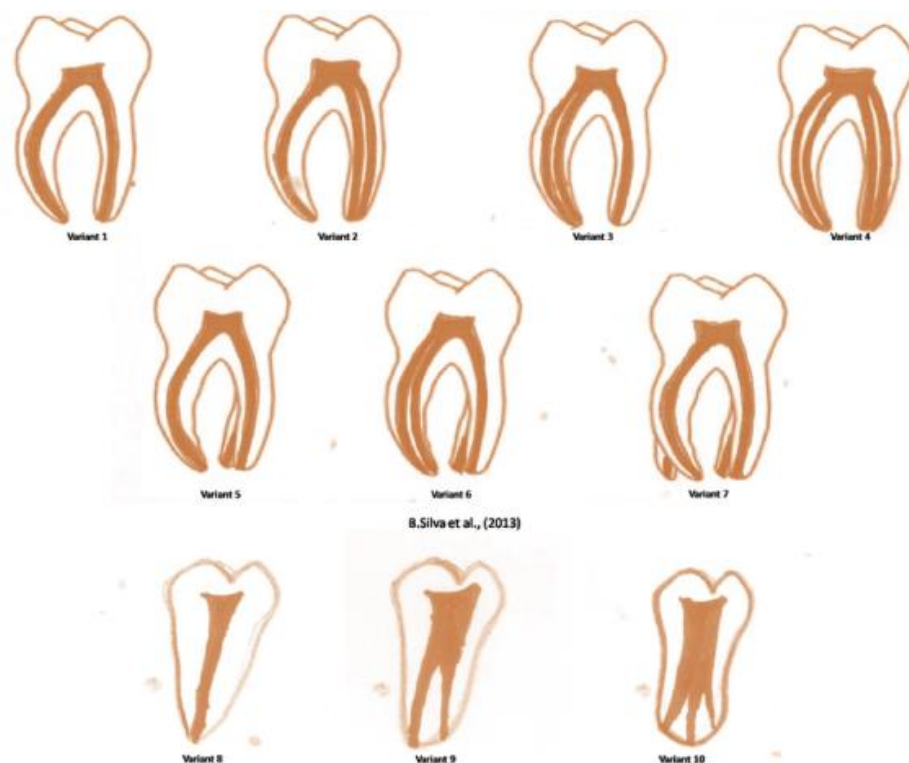


Figura 7. Bansal, R. (2018). Clasificación de las configuraciones del conducto radicular: una revisión y una nueva propuesta de sistema de nomenclatura para la configuración del conducto radicular.

Kim SY en 2013, teniendo en cuenta el número de istmo que unen los canales los dividió en cinco tipos.

Istmo Tipo I: Dos canales sin ninguna conexión.

Istmo Tipo II: Dos canales con conexión incompleta entre ellos.

Istmo Tipo III: Tres canales en la punta de la raíz sin ninguna conexión.

Istmo Tipo IV: Extensión del canal principal que resulta en una forma de desgarró.

Istmo Tipo V: Dos canales con conexión completa entre ellos (Bansal, Hegde y Astekar, 2018)

(Figura 8).

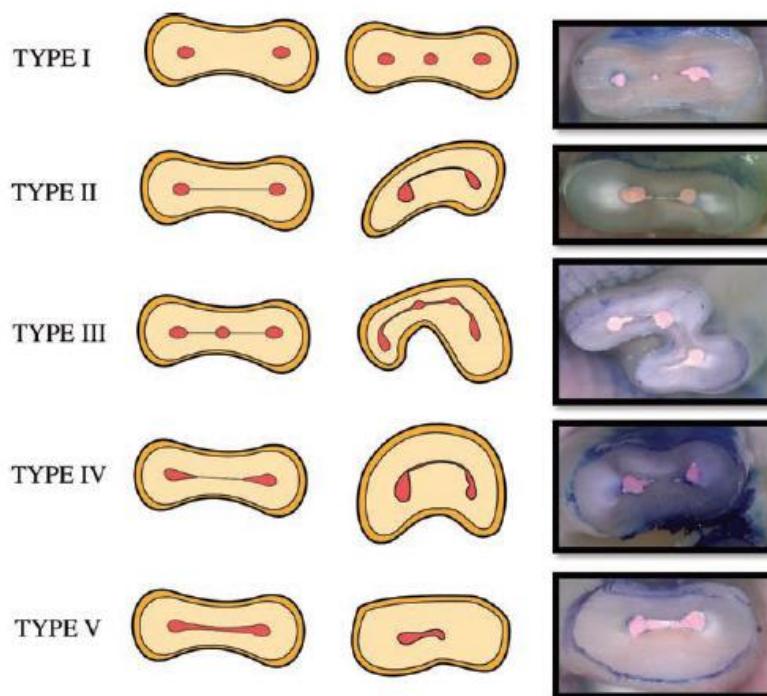


Figura 8. Syngkuk, K. (2018). *Microcirugía en Endodoncia*.

Actualmente Ahmed et al. 2019 ha propuesto un nuevo sistema para la clasificación de la anatomía del canal radicular y la raíz, el sistema incluye códigos para tres componentes separados: número de diente, número de raíces y sus configuraciones y configuración del canal radicular.

Número de diente (TN)

TN puede escribirse utilizando cualquier sistema de numeración (es decir, Sistema de Numeración Universal, Sistema de Numeración de Notación de Palmer o Sistema de la Federación Dental Mundial de FDI). Además, cuando no se puede identificar un diente utilizando uno de los sistemas

de numeración (es decir, dientes extraídos), se puede usar una abreviatura adecuada, por ejemplo, "MCI" para "incisivo central superior".

Número de raíces y sus configuraciones

El número raíz (R) se agrega como un superíndice antes de la TN (RTN). Por ejemplo, 1^{TN} significa que el diente TN posee una raíz. Cualquier división de una raíz, ya sea en el tercio coronal, medio o apical, se codificará como dos o más raíces. Por consiguiente, una bifurcación se representa como 2^{TN}, y una trifurcación se representa como 3^{TN}. Los detalles de la raíz en dientes de doble y múltiples raíces se agregan a la derecha de la TN (RTN R_n), como 2^{TN} BP (B: bucal, P: palatal) y 3^{TN} MB DB P (MB: mesiovestibular, DB: distovestibular, P: palatino).

Configuración del canal radicular

El tipo de configuración del canal en cada raíz se identificará usando un número (s) superíndice después del TN a partir del orificio (s) (O) y a través del canal (C) hasta el foramen (F). Inevitablemente, las evaluaciones de las configuraciones del canal apical pueden variar según el método de identificación, es decir, experimental o clínico, que es subjetivo entre los diferentes observadores. Por ejemplo, según ciertas mediciones experimentales de las dimensiones del canal o la negociabilidad clínica, las bifurcaciones apicales se podrían clasificar como un delta o ramificación apical (es decir, un complejo la ramificación de las ramas del canal radicular localizadas cerca y abiertas en el ápice de la raíz) o una división del canal principal (Tipo 1–2, por ejemplo). Evidentemente, no se puede lograr una visión estándar consistente de tal anatomía. Por

lo tanto, el tipo de configuración del canal apical debe clasificarse según el método utilizado y los criterios de identificación.

4.3 Origen de la inflamación pulpar

La pulpa dental está equipada para expresar numerosos mediadores de la inflamación, que pueden combatir los factores irritantes; su respuesta comienza produciendo cambios vasculares mediados por células y receptores e incluyendo la liberación de mediadores inflamatorios. En condiciones fisiológicas normales la pulpa dental está compuesta en vasos centrales que se ramifican en un plexo hacia la periferia hacia los cuernos pulpares, los principales componentes celulares de la pulpa son los odontoblastos, fibroblastos y células mesenquimales indiferenciadas que se encuentran principalmente en el nicho paravascular y en las células inmunes (Rechenberg, Galicia, Peters, 2016).

Los signos, síntomas y características de los pacientes que describen cuatro afecciones clínicas de la pulpa: pulpa normal, pulpitis reversible, pulpitis irreversibles y pulpa necrótica. La pulpitis reversible es la inflamación de la pulpa con capacidad reparativa, siendo la primera respuesta inflamatoria pulpar frente a diversos irritantes externos y es diagnosticada y tratada precozmente mediante técnicas conservadoras de la vitalidad pulpar con buen pronóstico. Las caries poco profundas, la exposición de túbulos dentinarios, los tallados protésicos poco agresivos, los procesos destructivos dentarios no cariogénicos, la realización de maniobras iatrogénicas en operatoria dental o bien los defectos de adhesión de determinados materiales de restauración actúan como factores de irritación externos capaces de desencadenar un cuadro inflamatorio pulpar reversible (Mohammadi, Abbott, Shalavi, Yazdizadeh, 2017).

La pulpitis irreversible, es la inflamación de la pulpa sin la capacidad de recuperación, a pesar de que cesen los estímulos externos que han provocado el estado inflamatorio. Existen 2 formas clínicas en función de la presencia o ausencia de sintomatología: sintomáticas y asintomáticas. Las características comunes son; una pulpa que responde con dolor mucho más rápidamente a pulpas de otros dientes durante la prueba al frío y el dolor suele ser agudo, pero luego se convierte en un dolor que persiste durante un tiempo considerable. La pulpitis irreversible sintomática es una respuesta inflamatoria aguda de la pulpa frente a la persistencia, crecimiento y progresión de las bacterias en la cavidad pulpar, se determina generalmente por una aparición repentina de dolor, es espontáneo, con intensidad de moderada a severa, y se mantiene en respuesta a los cambios de temperatura, puede ser intensificado por cambios en la postura y los analgésicos comunes rara vez son efectivos para el manejo del dolor. Las radiografías no son útiles en el diagnóstico en la mayoría de estos casos; sin embargo, pueden ser útiles para identificar la posible causa de la enfermedad (caries profundas, restauraciones extensas, entre otras). La pulpitis irreversible asintomática tiene signos y síntomas similares a los de la pulpitis irreversible sintomática, presenta dolor moderado que es más intermitente que continuo y puede ser controlado con analgésicos comunes a medida que la enfermedad progresa hacia los tejidos periapicales, es probable que los cambios periapicales sean más evidentes radiográficamente y no clínicamente (Mohammadi, Abbott, Shalavi, Yazdizadeh, 2017).

La necrosis pulpar es la muerte de la pulpa, lo cual significa el cese de los procesos metabólicos y fisiológicos de este órgano, con la consiguiente pérdida de su estructura y defensas naturales, las principales causas de necrosis pulpar son: traumatismos que llevan a la pérdida del aporte sanguíneo hacia la pulpa, restauraciones a base de resinas acrílicas y compuestas sin la

debida protección pulpar y la preparación de cavidades extensas; comúnmente es asintomática, siempre y cuando no afecte a los tejidos periapicales, en estos casos la existencia de sintomatología ya no dependerá propiamente del proceso pulpar sino de los tejidos periapicales. Por lo tanto, las pruebas térmicas y eléctricas son generalmente negativas (Mohammadi, Abbott, Shalavi, Yazdizadeh, 2017).

La periodontitis apical es una lesión inflamatoria en los tejidos periodontales causada principalmente por elementos bacterianos derivados del sistema de canales radiculares infectados. En los dientes no tratados, la periodontitis apical representa una respuesta defensiva a una infección primaria en una pulpa necrótica. La periodontitis apical también puede desarrollarse debido a una infección secundaria posterior a los procedimientos de tratamiento endodóntico; se debe a un control no exitoso de la infección primaria del canal radicular, o a una infección o reinfección del sistema de canales radiculares debido a una obturación inadecuada y / o un sello coronal inadecuado que permitió que se produjera una fuga bacteriana. La extrusión inadvertida de ciertos medicamentos y materiales de sellado endodóntico en el compartimento periapical del tejido también puede causar efectos tóxicos en los tejidos, así como precipitar reacciones a cuerpos extraños (Metzger z,2010).

La periodontitis apical cumple una importante función protectora, dirigida a limitar las bacterias descargadas del espacio del canal radicular y evitar que se propaguen a los espacios adyacentes de la médula ósea y otros sitios remotos. El proceso es único en el sentido de que no puede erradicar la fuente de infección. La razón es que una vez que la pulpa se ha vuelto necrótica, los mecanismos de defensa no pueden operar en el canal radicular debido a la falta de soporte

vascular. Si bien estos mecanismos pueden actuar en los márgenes apicales del tejido necrótico, no pueden penetrarlo en un diente completamente desarrollado. En consecuencia, sin un tratamiento endodóntico adecuado, la periodontitis apical puede prevalecer crónicamente. La pérdida ósea que aparece en las radiografías es el principal indicador clínico de la presencia de periodontitis apical, ya que muchas de estas lesiones son silenciosas y prevalecen sin síntomas clínicos evidentes. Dichas lesiones se diagnostican como periodontitis apical asintomática; la cual se deriva principalmente de biopelículas y las formas agudas que ocurren y pueden desarrollarse durante la fase de expansión de la lesión inicial (Metzger z,2010).

4.4 Componente bacteriano en cavidad oral

En la cavidad oral existen aproximadamente 1.010 tipos bacterias, con más de 700 diferentes especies bacterianas; una de las funciones primarias del esmalte es proteger de esos microorganismos al complejo dentino pulpar, los microorganismos desempeñan un papel inequívoco en la infección del sistema de conductos radiculares; las infecciones endodónticas son diferentes de las otras infecciones orales en el hecho de que ocurren en un entorno cerrado desde el principio, suceden y progresan cuando el sistema de canales radiculares se expone al medio ambiente oral por una razón u otra y simultáneamente cuando hay una caída en la respuesta inmune del huésped (Zambrano, Salcedo, Petkova, Ventocilla, 2016; Harpreet Singh, 2016).

4.5 Biofilms

Desde 1987, cuando Nair PNR describió por primera vez la presencia de una "capa bacteriana condensada de comunidades de coagregación de bacterias en la pared del conducto radicular", la perspectiva y la comprensión de las infecciones endodónticas cambiaron. Los estudios morfológicos posteriores confirmaron que la microbiota del canal radicular suele organizarse en comunidades estructuradas que se asemejan a las biopelículas típicas (Ramírez T,2016)

El Biofilm es una comunidad de organismos de una o varias especies embebidas en una matriz extracelular de polisacáridos unidos a una superficie sólida. La matriz protege a los organismos contra la desecación, la oxidación o la carga de biocidas, algunos antibióticos y cationes metálicos, la radiación ultravioleta y las defensas inmunitarias del huésped. Por lo tanto, este estilo de vida bacteriano puede representar una estrategia de supervivencia en un entorno nutricionalmente limitado (Zambrano *et al* 2016; Ramírez T,2016).

Según la OMS, el Biofilm se puede definir también como un ecosistema bacteriano proliferante y enzimáticamente activo. Los biofilms se unen a superficies inertes, tanto biológicas como sintéticas. Dentro de las biológicas optan preferentemente por tejidos necróticos. El Biofilm no es raro ni poco frecuente en el conducto necrótico, sino que es la forma de vida bacteriana más habitual. Dicha asociación puede ser entre bacterias de la misma especie (autoagregación) o de distinta especie (coagregación). La coagregación está considerada como una forma de Biofilm muy compleja y difícil de eliminar, ya que bacterias de distinta especie pueden compartir distintos

mecanismos de defensa a favor del mantenimiento de la comunidad asociada en Biofilm (Zambrano *et al* 2016).

Las formas de Biofilm se han descrito muy variadas, desde pequeñas formaciones hasta cadenas de Biofilm, pero la formación más característica encontrada es la de Biofilm en forma de champiñón (mushroom-shape). Estas colonias se observan al microscopio como estructuras unitarias, separadas de otras por canales de agua, todo dentro de la matriz de polisacárido. Se piensa que estos canales permiten la distribución de los nutrientes y la eliminación de los residuos de las colonias, así como la atenuación de los agentes biocidas externos, tales como antibióticos, irrigantes y medicaciones intracanales (Zambrano *et al* 2016).

4.5.1 Biofilms en el canal radicular

La formación de biopelículas es un mecanismo clave vinculado a la supervivencia microbiana, determinar su existencia dentro del sistema de conductos radiculares ha llevado a la comprensión de su participación en infecciones endodónticas. El biofilm del conducto radicular, no es diferente al resto de biofilms microbiológicos; está constituido por microorganismos inmersos en una matriz de exopolisacáridos (Chavez P, 2018).

4.6 Microorganismos en Infecciones Intra radiculares Primarias

La infección intra radicular primaria se refiere a la infección del sistema de canales radiculares de los microorganismos que han entrado en el tejido de la pulpa expuesta desde la cavidad oral y además se colonizan. Esto ocurre como resultado de caries o exposición traumática de pulpa coronal o cualquier otra brecha en la integridad del tejido duro de la estructura dental. Los microorganismos, una vez proliferan, puede conducir a una condición aguda o crónica, dependiendo de su virulencia y mecanismo de defensa del tejido del huésped. La mayoría de los microorganismos en esta condición son anaerobios, que comprenden de 10 a 30 especies por canal. El recuento total de bacterias puede variar de 10^3 a 10^8 células por canal infectado. Los principales grupos bacterianos y las especies que son responsables de la infección intrarradicular primaria se describen así (Harpreet Singh, 2016) (Figura9).

GRUPO PRINCIPAL DE BACTERIAS	ESPECIES
Bacterias pigmentadas negras (a) especies sacarolíticas - <i>Prevotella</i> (b) especies asacarolíticas- <i>Porphyromonas</i> .	Las especies de <i>Prevotella</i> incluyen <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prevotella intermedia</i> • <i>Prevotella nigrescens</i> • <i>Prevotella taninas</i> • <i>Prevotella multissacharivorax</i> • <i>Prevotella baroniae</i> • <i>Prevotella denticala</i> Las especies de <i>Porphyromonas</i> incluyen: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Porphyromonas endodontalis</i> • <i>Porphyromonas gingivalis</i>
<i>Tannerella forsythia</i>	
<i>Dialister</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dialister pneumosintes</i> • <i>Dialister invisus</i>
<i>Fusobacterium</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fusobacterium nucleatum</i> • <i>Fusobacterium periodonticum</i>
<i>Espiroquetas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Treponema denticola</i> • <i>Treponema sacranskii</i> • <i>Treponema parvum</i> • <i>Treponema maltophilum</i> • <i>Treponema lecithinolyticum</i>
Anaerobio Gram positivos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudoramibacter alactolyticus</i> • <i>Filifactor alocis</i> • <i>Actinomyces spp.</i> • <i>Propionibacterium propionicum</i> • <i>Olsenella spp.</i> • <i>Slackia exigua</i> • <i>Mogibacterium timidum</i> • <i>Eubacterium spp.</i>
Coccus Gram positivos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Parvimonas micra</i> • <i>Streptococcus anginosus</i> • <i>Streptococcus mitis</i> • <i>Streptococcus sanguinis</i> • <i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Campylobacter spp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Campylobacter rectus</i> • <i>Campylobacter gracilis</i> • <i>catonella morbica</i> • <i>Veillonella parvula</i>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Eikenella corrodens</i> • <i>Granulicatella adiacens</i> • <i>Neisseria mucosa</i> • <i>Centipeda periodontii</i> • <i>Gemella morbillorum</i> • <i>Capnocytophaga gingivalis</i> • <i>Corynebacterium matruchotii</i> • <i>Bifidobacterium dentium</i> • <i>Lactobacilos anaerobios</i>

Tabla 1. Harpreet, S, (2016). *Microbiología de las infecciones endodónticas*.

4.7 Microorganismos en infecciones intra radiculares secundarias

La infección intra radicular secundaria se refiere a la infección que se produce dentro del sistema de canales radiculares una vez que se inicia el tratamiento del diente afectado. Esto se debe a la introducción de microorganismos en el sistema de canales radiculares durante la terapia endodóntica, la microfiltración de las restauraciones temporales durante los períodos entre citas, la filtración coronal por restauración permanente defectuosa, entre otras. Durante esta fase, ciertos microorganismos más potentes ingresan al sistema de canales radiculares desde la cavidad oral, lo que lleva a una infección secundaria grave. Algunas bacterias que se encontraban en un estado latente en los canales se vuelven más agresivas debido al cambio en el entorno local. Ciertas bacterias como el *Enterococo faecalis* entran en los túbulos dentinales y evaden la acción de todos los componentes y medicamentos antimicrobianos. Estas bacterias sobreviven allí durante años juntas debido a sus características fisiológicas únicas y se activan en una etapa posterior, lo que lleva a una infección endodóntica persistente. Las principales especies bacterianas responsables de infecciones secundarias se describen así (Harpreet Singh, 2016) (Figura10).

GRUPO PRINCIPAL DE BACTERIAS	ESPECIES
Anaerobio Gram negativo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fusobacterium nucleatum</i> • <i>Prevotella spp.</i> • <i>Campylobacter rectus</i>
Bacterias Gram positivas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Streptococcus gordonii</i> • <i>Streptococcus mitis</i> • <i>Streptococcus anginosus</i> • <i>Streptococcus oralis</i> • <i>Lactobacillus paracasei</i> • <i>Lactobacillus acidophilus</i> • <i>Estafilococos</i> • <i>E. faecalis</i> • <i>Olsenella uli</i> • <i>Parvimonas micra</i>

Tabla 2. Harpreet, S, (2016). *Microbiología de las infecciones endodónticas*.

4.8 *Enterococcus faecalis*

El género *Enterococcus* corresponde a bacterias Gram positivas, facultativas, anaerobias de tipo cocos; Son parte de la flora habitual que se encuentra en la boca, el tracto gastrointestinal humano y el tracto genital femenino. Además, son causante del fracaso del tratamiento endodóntico, así como de algunas enfermedades sistémicas que incluyen infecciones del tracto urinario, infecciones de heridas quirúrgicas, bacteriemia y endocarditis bacteriana. Han desarrollado una alta resistencia a los agentes antimicrobianos y poseen numerosos factores de virulencia, como sustancias de agregación, proteína de superficie, gelatinasa, producción de superóxido extracelular, polisacáridos capsulares y determinante de resistencia a antibióticos. Los enterococos se reconocen como potenciales patógenos, causando el 12% de todas las infecciones hospitalarias (Rodríguez C, Oporto G, 2015).

En las infecciones endodónticas recurrentes, la especie *Enterococcus* más frecuentemente encontrada es *Enterococcus faecalis* (*E.faecalis*). Es un patógeno oportunista, cuya persistencia en los canales representa un problema terapéutico importante, una vez se instala dentro del sistema de canales, enfrenta varios desafíos para sobrevivir, incluida la capacidad de resistir la acción de los agentes antimicrobianos utilizados durante el tratamiento endodóntico, así como la falta de nutrientes en los canales que se han limpiado y rellenado. Posee la capacidad de colonizar e infectar los túbulos dentinarios, lo que complica su eliminación mediante la limpieza química y mecánica, dado el pequeño diámetro de estas estructuras anatómicas junto con la capacidad que estas bacterias presentan para unirse al colágeno; otra causa posible es la resistencia potencial que estas bacterias pueden tener contra el hidróxido de calcio, que es el medicamento antibacteriano comúnmente usado dentro del sistema del conducto radicular durante la terapia endodóntica, lo que permitiría que estos microorganismos permanezcan en estado de reposo (Rodríguez C, Oporto G, 2015).

4.8.1 Características microbiológicas.

E. faecalis es un coco Gram positivo que puede aparecer solo, en pares o en cadenas; Éste es un microorganismo anaerobio facultativo y su crecimiento óptimo ocurre a 35°C; sin embargo, también se ha observado crecimiento entre 10°C y 45°C. Todas las cepas pueden crecer en caldos que contengan cloruro de sodio al 6,5% y esculina hidrolizada en presencia de sales biliares al 40% (medio de bilis-esulina). Casi todas las cepas de este microorganismo son homofermentativas, no producen gas, no contienen enzimas citocrómicas y el ácido láctico resultante del producto final de la fermentación de la glucosa (Paradella T, 2007).

Una característica importante de *E. faecalis* es su habilidad de crecer en medios con pH ácido y alcalino, donde este último normalmente inhibe el crecimiento y supervivencia de muchos otros microorganismos (Salah R, 2008), se han realizado numerosas investigaciones donde se afirma la capacidad de *E. faecalis* de formar biofilms y así poder sobrevivir a ciertas medicaciones intracanal y a diversos protocolos de irrigación (Salah R, 2008).

4.8.2 Factores de virulencia.

Posee factores de virulencia entre los que se incluyen enzimas líticas, citolisina, sustancia de agregación, feromonas y ácido lipoteicoico. Ha mostrado adherirse a las células del huésped y expresa proteínas que le permiten competir con otras células bacterianas y alterar la respuesta del huésped. Puede suprimir la acción de los linfocitos, contribuyendo al fracaso de la endodoncia. Además, puede compartir estas características de virulencia entre especies, contribuyendo a su virulencia y habilidad para producir enfermedad (Patida R; 2013).

Es capaz de superar los retos que presenta el conducto radicular de muchas maneras, colonizando los túbulos y re infectando los canales obturados: Ha mostrado polimorfismo genético generalizado; posee proteasa serina, gelatinasa y cubierta proteica de colágeno, que ayuda a que esta bacteria se una a la dentina; es suficientemente pequeño para invadir, completamente los túbulos dentinarios y vivir en ellos; tiene la capacidad de soportar periodos prolongados de inanición hasta que aparezcan los suplementos nutricionales adecuados; el suero que se origina en el hueso alveolar y el ligamento periodontal, también ayuda *E. faecalis* a unirse al colágeno tipo I; esta bacteria ha mostrado resistir al hidróxido de calcio durante 10 días; formando biofilms, lo que la hace resistente, ya que son 1.000 veces más resistentes a la fagocitosis, anticuerpos, y

antimicrobianos que los organismos que no forman biofilms; mantiene la homeostasis pasivamente. Esto sucede como resultado de la penetración de iones en la membrana, así como la capacidad tampón citoplasmática; tiene una bomba de protones que le otorga una capacidad adicional para mantener la homeostasis del pH. Sin embargo, el pH de 11.5 no puede mantenerse en los túbulos dentinarios debido a la capacidad tampón de la dentina (Patida R; 2013).

La capacidad de *E. faecalis* de producir enfermedad se debe, no solo a los factores de virulencia, sino a su habilidad para sobrevivir al tratamiento del conducto radicular y persistir en este y en los túbulos dentinarios como un patógeno (Sun J; 2009).

Se postula que su capacidad para producir patogenicidad en los tratamientos de endodoncia fracasados debe relacionarse con su habilidad para mantener la capacidad de invadir los túbulos dentinarios y unirse al colágeno en presencia de suero humano. Posee la habilidad para sobrevivir en ambientes con una baja disponibilidad de nutrientes y prosperar o crecer bien cuando se restablezcan las fuentes nutricionales (Paradella T; 2007).

E. faecalis muestra un alto nivel de resistencia a un amplio rango de agentes antimicrobianos y es una de las pocas bacterias facultativas asociadas con la periodontitis apical persistente. Las infecciones endodónticas con esta bacteria, normalmente suponen un problema en el tratamiento, ya que esta bacteria es difícil de eliminar (Paradella T; 2007).

4.9 Irrigantes en Endodoncia

Van der Sluis (2016) aseguró que, durante la irrigación del canal, el objetivo es la disolución o desorganización química o separación mecánica y remisión del tejido pulpar y barrillo dentinario y de microorganismos plantónicos o biofilm y sus productos fuera del sistema de conductos.

La irrigación tiene varias finalidades y actúa de diferentes maneras según el tipo de irrigante utilizado: reduce la fricción entre el instrumento y la dentina, mejora la eficacia de corte de las limas y disuelve la materia orgánica e inorgánica; tiene un efecto de lavado, elimina partículas sueltas y bacterias del canal y actúa contra las biopelículas del conducto radicular. No obstante, ninguno de los irrigantes puede cubrir por sí solo las necesidades del conducto radicular, es decir, ninguno cumple con las características ideales (Shen Y 2015; Ardila Mc; 2016).

Las soluciones de irrigación en endodoncia pueden clasificarse como soluciones antimicrobianas, soluciones quelantes (fuertes o débiles), combinaciones (soluciones antibacterianas y quelantes combinadas) y soluciones con detergente.

Efectos antimicrobianos: soluciones antisépticas, antibióticos tópicos, soluciones bacteriostáticas y soluciones bactericidas.

4.9.1 Soluciones antisépticas: Hipoclorito de Sodio (NaOCl).

Es un agente antimicrobiano y proteolítico eficaz, excelente disolvente orgánico de tejidos y lubricante con efectos bastante rápidos. El NaOCl es a la vez un agente oxidante y un agente hidrolizante. Las soluciones comerciales de hipoclorito de sodio son fuertemente alcalinas e hipertónicas y típicamente tienen concentraciones nominales de 10% a 14% de cloro disponible. Sus mecanismos de acción son múltiples, actúa como un disolvente orgánico y graso que degrada los ácidos grasos y los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), reduciendo la tensión superficial de la solución restante reacción llamada Saponificación; neutraliza los aminoácidos formando agua y sal; con la salida de los iones hidroxilo, el pH se reduce; es un ácido débil con la fórmula química HClO que actúa como oxidante. El ácido hipocloroso (HOCl) y los iones hipoclorito (OCl) conducen a la degradación de aminoácidos y la hidrólisis; también actúa como un disolvente, liberando el cloro que se combina con los grupos de proteínas amino (NH) para formar cloraminas (reacción de cloración), las cloraminas impiden el metabolismo celular; el cloro es un oxidante fuerte e inhibe las enzimas bacterianas esenciales mediante la oxidación irreversible de los grupos SH (grupo sulfhidrilo), también tiene un pH alto es una base fuerte (pH > 11); la eficacia antimicrobiana del hipoclorito de sodio, basada en su alto pH (acción del ion hidroxilo), es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio, el alto pH interfiere en la integridad de la membrana citoplásmica debido a la inhibición enzimática irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica (Basrani,2015).

En la literatura, se puede encontrar que el NaOCl se puede usar en una concentración que oscila entre el 0,5 y el 6%. Se demostró que las concentraciones más bajas y más altas son igualmente eficaces para reducir el número de bacterias en el sistema del conducto radicular infectado, pero el efecto de disolución del tejido está directamente relacionado con la concentración; debe tenerse en cuenta que el NaOCl inactivará sus componentes muy rápidamente, por lo que se debe agregar constantemente una solución de irrigación nueva al sistema de canales radiculares; en cuanto a su concentración algunos artículos mostrarán la destrucción bacteriana en 30 minutos cuando se use NaOCl al 0.5%, mientras que las concentraciones más altas solo necesitarán 30 segundos para hacer el mismo efecto. Es importante recordar que la presencia de materia orgánica, exudados inflamatorios, restos de tejido y biomasa microbiana consume NaOCl y debilita su efecto. El ion cloro, que es responsable de la capacidad de disolutiva y antibacteriana de NaOCl, es inestable y se consume rápidamente durante la primera fase de la disolución del tejido, probablemente dentro de los 2 minutos, lo que proporciona otra razón para la reposición continua, esto debería especialmente considerarse teniendo en cuenta el hecho de que las técnicas de preparación del canal radicular rotatorio han acelerado el proceso de conformación. El efecto sobre la dentina de dicho irrigante tiene que ver con la composición de este tejido ya que contiene un 22% de material orgánico en peso; la mayor parte de esto consiste en colágeno tipo I, que contribuye considerablemente a las propiedades mecánicas de la dentina. Las soluciones de NaOCl pueden afectar las propiedades mecánicas de la dentina a través de la degradación de los componentes orgánicos de la dentina. La profundidad de penetración del NaOCl varía entre 77 μm y 300 μm , y depende de la concentración, el tiempo y la temperatura. Aunque tiene muchas propiedades ideales; hay algunas limitaciones como la toxicidad, no sustantivo, ineficaz en la eliminación de la capa de frotis y corrosivo; puede causar decoloración y tiene un olor

desagradable, cuando se usa como enjuague final la unión del sellador a la dentina puede alterarse (Basrani,2015).

4.9.2 Gluconato de clorhexidina (CHX).

CHX es una molécula fuertemente básica con un pH entre 5,5 y 7 que pertenece al grupo polibiguanida y consiste en dos anillos de clorofenilo simétricos y dos grupos biguanida conectados por una cadena central de hexametileno. La sal de digluconato CHX es fácilmente soluble en agua y es muy estable. Sus mecanismos de acción son muchos debido a sus cargas catiónicas, es capaz de unirse electrostáticamente a las superficies con carga negativa de las bacterias, dañando las capas externas de la pared celular y haciéndola permeable. Es un agente antimicrobiano de amplio espectro, activo contra bacterias y levaduras grampositivas y gramnegativas. Dependiendo de su concentración puede tener efectos tanto bacteriostáticos como bactericidas a altas concentraciones actuando como detergente y ejerce su efecto bactericida al dañar la membrana celular y provoca la precipitación del citoplasma, a bajas concentraciones es bacteriostático, causando que las sustancias de bajo peso molecular (es decir, potasio y fósforo) se filtren de la membrana celular sin que la célula se dañe permanentemente. Debido a la naturaleza catiónica de la molécula, puede ser absorbida por sustratos aniónicos como la mucosa oral y la estructura dental; se adsorbe fácilmente sobre la hidroxiapatita de los dientes. Los estudios han demostrado que la captación en los dientes es reversible, esta reacción reversible de captación y liberación de CHX conduce a una actividad antimicrobiana sustantiva y se denomina sustantividad, este efecto depende de la concentración a bajas concentraciones de 0.005-0.01%, solo una monocapa constante de CHX se adsorbe en la superficie del diente, pero a concentraciones más

altas, se forma una multicapa de CHX en la superficie, proporcionando un depósito que puede liberar rápidamente el exceso en el medio ambiente, ya que la concentración en el entorno circundante disminuye (Basrani,2015).

La eficacia antibacteriana de CHX como un irrigante endodóntico depende de la concentración, se ha demostrado que el 2% tiene una mejor eficacia antibacteriana que el 0,12% de CHX in vitro; al comparar su efectividad con NaOCl, se pueden encontrar resultados controvertidos. El NaOCl tiene una ventaja obvia sobre el CHX con la capacidad de disolución de la materia orgánica de la que carece CHX; por lo tanto, aunque los estudios in vitro sugieren algunas ventajas con el uso de CHX, tan pronto como se agrega tejido orgánico y dental, el NaOCl es claramente preferible. La eficacia antibacteriana de CHX en los canales radiculares infectados se ha investigado en varios estudios in vivo, los investigadores informaron que el 2.5% de NaOCl fue significativamente más efectivo que el 0.2% de CHX cuando los canales radiculares infectados se irrigaron durante 30 minutos con cualquiera de las soluciones (Basrani,2015).

4.9.3 Agentes Quelantes.

Los residuos se definen como virutas de dentina o tejido residual de pulpa vital o necrótica adherida a la pared del conducto radicular. La capa de frotis fue definida por la Asociación Americana de Endodoncia en 2003 como una película superficial de escombros retenidos en la dentina u otras superficies después de la conformación con instrumentos rotativos o limas endodónticas manuales; consiste en partículas de dentina, restos de tejido pulpar vital o necrótico,

componentes bacterianos e irrigantes retenidos. Si bien se ha visto como un impedimento para la penetración de irrigantes en los túbulos dentinales, todavía existe una controversia sobre la influencia de la capa de frotis en el resultado del tratamiento endodóntico. Algunos investigadores enfatizan la importancia de eliminar la capa de frotis para permitir que los irrigantes, medicamentos y selladores penetren en los túbulos dentinales y mejoren la desinfección. Los agentes quelantes se pueden clasificar como fuertes o débiles, los fuertes son el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido cítrico y nanopartículas de quitosano, mientras que el agente quelante débil es etidronato (HEBP) (Basrani,2015).

4.9.4 Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

Es un ácido aminopolicarboxílico y un sólido incoloro, soluble en agua que se usa como irrigante por su acción de quelar y eliminar la porción mineralizada de la capa de frotis; su modo de acción cuando la exposición es directa durante un tiempo prolongado, consiste en extraer proteínas de la superficie bacteriana combinándolas con iones metálicos de la membrana celular, lo que eventualmente puede conducir a la muerte bacteriana, forman un complejo estable con calcio, cuando todos los iones disponibles se han unido, se forma el equilibrio y no se produce más disolución; por lo tanto, el EDTA es autolimitado. La aplicación en endodoncia de este irrigante contribuye a eliminar los componentes orgánicos de la capa de frotis, se usa normalmente en una concentración del 17% y puede eliminar la capa de frotis cuando está en contacto directo con la pared del conducto radicular durante menos de 1 minuto. La secuencia en la que la dentina de la

pared del conducto radicular se expone a NaOCl y EDTA tiene un impacto en el nivel de erosión de la dentina en la pared principal del conducto radicular (Basrani,2015).

4.10 Terapia Fotodinámica en Endodoncia

La terapia fotodinámica (PDT) se ha definido como "la inactivación celular de microorganismos o moléculas inducida por luz ". Desde su introducción, se han sugerido varios términos para la PDT, como la terapia fotodinámica antimicrobiana (DPA), la quimioterapia antimicrobiana fotodinámica (PACT) y la desinfección fotodinámica (PD), cuando las células a inactivar son microorganismos patógenos, el procedimiento se denomina inactivación fotodinámica (PDI), fotosensibilización letal o en el campo odontológico, desinfección fotoactivada (PAD) y desinfección activada por luz (LAD) (Plotino G, 2018).

La PDT es un procedimiento de dos pasos que incluye la aplicación de un fotosensibilizador (paso 1: fotosensibilización del tejido infectado) que es seguido por la iluminación de este tejido (paso 2: irradiación del tejido fotosensibilizado) que produce una fotoquímica tóxica y lisis celular. La activación del fotosensibilizador se produce a través de la exposición a la luz con una longitud de onda correspondiente específica en presencia de oxígeno y genera oxígeno singlete y iones radicales que conducen al daño letal de las células bacterianas, por ejemplo, daño en el ADN y daño en la membrana citoplásmica. La mayoría de los fotosensibilizadores se activan por luz entre 630 nm y 700 nm. Los principales fotosensibilizadores encontrados en la literatura son la hematoporfirina derivados (620 nm – 650 nm), fenotiazina, como el azul de toluidina y el azul de metileno (620 nm –700 nm), cianina (600 nm – 805 nm),

agentes fitoterápicos (550 nm – 700 nm) e hialocianinas (660 nm – 700 nm) (Hoedke et al., 2018; Tennert et al., 2014).

La PDT es una modalidad de tratamiento que se ha desarrollado rápidamente en varias especialidades médicas desde la década de 1960 porque es una modalidad selectiva, no invasiva o, al menos, mínimamente invasiva de tratamiento para varios tipos de enfermedades; se desarrolló por primera vez como una terapia para tumores y enfermedades premalignas y representa una alternativa muy prometedora contra las bacterias, hongos y virus para el tratamiento de infecciones microbianas localizadas (Plotino G, 2018).

La literatura describe tres clases principales de fuentes de luz en la PDT clínica: Láser, diodos emisores de luz (LED) y lámparas halógenas (Kúbler 2005, Nagata et al. 2012) Plotino (2018).

4.10.1 Laser.

La amplificación de la luz por emisión de radiación estimulada, que se ha abreviado como LÁSER, es una longitud de onda de fotón único. Los láseres tienen la capacidad de concentrar la energía de la luz y producir un fuerte efecto, dirigiéndose a los tejidos a un nivel de energía más bajo que la luz natural. La longitud de onda del fotón emitido se ha declarado que depende de la energía del electrón cuando se libera el fotón. Cuando los estados de los electrones de dos átomos idénticos son idénticos, las longitudes de onda de los fotones liberados también son idénticas. Las

longitudes de onda emitidas en la parte ultravioleta del espectro electromagnético parecen ser prometedoras en endodoncia. Se ha propuesto que el láser es el mejor método para la eliminación selectiva de residuos necróticos del canal y para dejar una dentina suave y sin grietas (Mohammadi, Jafarzadeh, Shalavi, Sahebalam, Kinoshita, 2017).

Los fotones láser pueden interactuar con los tejidos de cuatro maneras: se transmiten a través de los tejidos, se reflejan desde estos tejidos, se dispersan dentro de los tejidos o son absorbidos por dichos tejidos. La absorción de tejido del láser se debe básicamente a la presencia de proteínas, agua libre y también pigmentos. La absorción por las moléculas del agua también juega un papel importante en las interacciones térmicas. El coeficiente de absorción de agua es 860 nm para láser CO₂ (10,600 nm), 0,61 para láser Nd: YAG (106 nm), 0,02 para láser de diodo (800 nm), 0,0002 para argón (514 nm) y 12,000 para láser Er: YAG. (2.940 nm) (Mohammadi, Jafarzadeh, Shalavi, Sahebalam, Kinoshita, 2017).

El láser granate de itrio-aluminio dopado con neodimio (Nd: YAG) es útil para eliminar la capa de frotis y los residuos y para la desinfección. La eficacia bactericida del láser Nd: YAG varía de 77% a 86% a 10Hz durante 15 segundos y de 97% a 99% a 200 mJ durante 20s y es > 99% a 1.5W por 5 segundos (Mohammadi, Jafarzadeh, Shalavi, Sahebalam, Kinoshita, 2017).

La longitud de onda del láser granate (Er: YAG) dopada con erbio (Er: YAG) (2940 nm) tiene la mayor absorción en agua y una alta afinidad por la hidroxiapatita, lo que la hace adecuada para el tratamiento del conducto radicular (Mohammadi, Jafarzadeh, Shalavi, Sahebalam, Kinoshita, 2017).

4.10.2 Aplicaciones de Laser en Endodoncia.

Olivi (2016), aseguró que los láseres han sido usados en Endodoncia con diferentes técnicas para mejorar el porcentaje de éxito en el sellado pulpar, o procedimientos de cirugía apical en dientes permanentes e inclusive pulpotomías en dientes primarios. Sin embargo, el objetivo principal del láser en endodoncia es mejorar la descontaminación y limpieza del sistema de conducto radiculares en dientes permanentes. El láser puede ejercer dos tipos de efectos diferentes en endodoncia.

El efecto terapéutico del láser se produce debido a la interacción de diferentes longitudes de onda en diferentes objetivos ya sean bacterias, dentina o irrigantes, mediante absorción o difusión de la luz; generando efectos biológicos que son encargados de diferentes acciones terapéuticas: efectos fototérmicos, efectos fotoquímicos, efectos fototérmicos que inducen fotomecánica y efectos foto acústicos (Briceño, Gaviria y Carranza, 2016).

Se emplea el láser por su efecto bactericida para poder disminuir el número de bacterias y lograr una mejor desinfección en el interior de los conductos radiculares, puede producir efectos en la pared dentinaria del conducto radicular, además de interactuar con las sustancias irrigantes. (Briceño el al., 2016; Arnabat., 2015).

4.10.3 Efectos de la luz láser sobre la bacteria.

Independientemente de la longitud de onda se pueden destruir las bacterias con diferentes niveles de potencia, debido al efecto fototérmico, que destruye la pared celular; los primeros daños se producen en la pared celular por cambios en el gradiente osmótico que llevan a la hinchazón y muerte celular, por otro lado, las bacterias Gram negativas son más fáciles de destruir que las bacterias Gram positivas ya que se requiere menos energía y radiación (Olivi, 2016).

4.10.4 Efectos de la luz láser sobre la dentina.

Olivi (2016) previno que aparte de las ventajas que encontramos con la utilización de láser, el efecto fototérmico puede dar lugar a daños en las paredes de la dentina como secuelas colaterales de limpieza y reducción bacteriana. Los láseres de infrarrojo cercano Nd:YAG y diodo pueden producir una fusión de los túbulos dentinarios produciendo el cierre de las paredes dentinarias; por su parte los láseres infrarrojos medios de Er:YAG y Er,Cr:YSGG producen la evaporación del barrillo dentinario dejando unas paredes libres de restos y los túbulos dentinarios abiertos (Arnabat., 2015).

4.10.5 Efectos de la luz láser sobre los irrigantes.

Olivi (2016) mencionó que investigaciones sobre irrigación activada por láser, indico que los Láseres de erbio pulsado pueden originar un movimiento a alta velocidad de los fluidos a través de un efecto de cavitación.

Arnabat (2015) argumentó que al irradiar con el láser los conductos radiculares rellenos con alguna solución se produce un efecto fotoacústico al que se ha denominado como técnica PIPS “Photon Induced Photoacoustic Streaming”.

4.10.6 Efectos de la luz láser sobre los fotosensibilizadores.

Las longitudes de onda de láser en el espectro rojo e infrarrojo cercano del espectro electromagnético actúan como foto activadores de un compuesto específico lo que desencadena una reacción química que libera elementos tóxicos sobre el objetivo. Las sustancias fotosensibilizadoras, como el azul de metileno, azul de toluidina, cloruro de tónio e indocianina verde aumentan la sensibilidad de las bacterias cuando se activan con luces de láser de diodo (Olivi, 2016).

4.10.7 Profundidad de penetración del NaOCl, las bacterias y la luz.

La técnica convencional de irrigación de canales radiculares demuestra que su profundidad de penetración es limitada. Berutti (1997) informó acerca de la eficacia limitada del NaOCl ya que solo puede penetrar 130 micras en la pared dentinal, mientras que las bacterias pueden llegar hasta 1.15 micras dentro de los túbulos dentinales. Por lo tanto, para el procedimiento PAD es importante la coincidencia entre el fotosensibilizador y la fuente de luz, la fuente de luz tiene que emitir en el área del espectro electromagnético que coincide con la absorción máxima del fotosensibilizador para elevar el sensibilizador a su estado triplete. Además, para llegar al fotosensibilizador in situ, la profundidad de penetración de la luz es también importante. Por lo tanto, las longitudes de onda deben estar dentro de la llamada "ventana terapéutica" del espectro electromagnético entre 635 y

1000 nm, el área con la máxima penetración de luz en los tejidos. La profundidad de penetración en tejido biológico para las longitudes de onda de 635 nm a 675 nm son aproximadamente 3–3.5 mm. Longitudes de onda en el infrarrojo de 800 nm a 1000 nm puede penetrar tejido biológico más profundo, hasta 4–5 mm (Olivi, 2016).

5. Metodología

5.1 Tipo de estudio

Revisión narrativa

5.2 Fuentes

Se realizó una revisión narrativa de los artículos publicados en las bases de datos SciELO, Springer Link, Science Direct, PubMed (ELSEVIER), desde el año 2005 hasta la fecha de septiembre del 2020.

5.3 Palabras claves

Para la búsqueda bibliográfica se establecieron las siguientes palabras clave, con sus respectivos términos en inglés: *E. faecalis*, photo activation, photodynamic therapy.

5.4 Criterios de inclusión y exclusión

5.4.1 Criterios de inclusión.

Artículos indexados de texto completo.

Artículos indexados que correspondan al tema efecto antibacteriano de la desinfección foto activada contra el *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares.

Artículos indexados que hayan sido publicados en el periodo de tiempo del 2005 al 2020.

Artículos indexados en el idioma inglés y español.

5.4.2 Criterios de exclusión.

Artículos indexados de acceso restringido con pago.

Artículos indexados que no contengan el contenido completo.

Artículos no indexados.

Artículos indexados que hayan sido publicados antes del 2005.

Artículos indexados que estén escritos en diferentes idiomas a inglés y español.

5.5 Materiales y Métodos

Inicialmente se realizó una revisión de literatura con las palabras claves relacionadas con la desinfección foto activada contra el *Enterococcus faecalis* en la irrigación de conductos radiculares. Se seleccionaron los 40 artículos y se dividieron según los parámetros de estudio 14 para el efecto antibacteriano, 13 para la profundidad de penetración y 13 para los tipos de foto activación. Se realizó la búsqueda de los artículos teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión en los siguientes buscadores: SciELO, Springer Link, Science Direct, PubMed (ELSEVIER). Luego se estructuró la revisión bibliográfica y se organizó de forma lógica el

contenido. Luego se presentaron los resultados de la revisión bibliográfica de forma narrativa. Posteriormente se realizó una discusión de los diferentes resultados de dichas investigaciones en el cual se analizaron las divergencias y convergencias de los diferentes postulados. Mas adelante se presentaron las conclusiones de toda la revisión bibliográfica y también se presentaron las recomendaciones realizadas por los autores de este trabajo, y por último se elaboró el informe final y se preparó una exposición para la sustentación.

6. Resultados

El objetivo fundamental del tratamiento endodóntico, es la eliminación de los microorganismos a través de la preparación químico mecánica que busca eliminar el material orgánico, inorgánico y los microorganismos presentes en el conducto. Diversas investigaciones demuestran que el *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) es uno de los responsables de los fracasos endodónticos además de ser resistente a la acción de numerosas sustancias irrigantes. El hipoclorito de sodio de 0,5-6% (NaOCl), se considera la solución irrigadora más utilizada en la práctica clínica endodóntica (Pupo M, 2014).

6.1 Efecto antibacteriano de la foto activación y el hipoclorito de sodio contra *Enterococcus faecalis*

Mohammad et al. (2016) en su estudio acerca de la eficacia de diferentes concentraciones de NaOCl contra la biopelícula de *E. faecalis* en diferentes etapas de desarrollo mediante una muestra tomada de 96 dientes unirradiculares donde los clasifíco en 4 grupos teniendo como primero unas muestras de control , posteriormente los demás grupos realizando una irrigación de NaOCl al 5%, 2.5% y 1% y siendo preparados endodónticamente de la misma manera, este estudio encontró que el NaOCl en concentración de 2.5% y 5% elimina en un 100% la biopelícula de *E. faecalis*.

Maryam et al. (2017) realizaron un estudio para evaluar la eficacia antibacteriana de la terapia foto dinámica frente al NaOCl al 2.5% contra el *E. faecalis* teniendo como muestra 60 dientes

unirradiculares los cuales dividieron en 3 grupos experimentales uno de control, otro para la foto activación con láser de diodo y cloruro de tolonio y el ultimo para irrigación con NaOCl al 2.5% obteniendo como resultado que el NaOCl al 2.5% es más eficaz para la eliminación del *E. faecalis* en un 9.8% en comparación a la foto activación. De la misma manera Mohammad et al. (2016) nos muestra en su estudio acerca de la eficacia antibacteriana de la desinfección foto activada con láser de diodo, clorhexidina al 2% y el NaOCl 2.5% con una muestra de 60 dientes unirradiculares dieron como resultado de su investigación que la irrigación con NaOCl es más eficaz con una diferencia de <0.06 % a las demás técnicas que se utilizaron.

Pupo et al. (2014) mediante un estudio donde se tiene como objetivo comparar la efectividad de diferentes soluciones irrigadoras en la eliminación del *E. faecalis* en pacientes con patología periapical crónica donde evaluaron 21 dientes unirradiculares en 19 pacientes y fueron distribuidos en 3 grupos usando NaOCl 5%, clorhexidina al 2% y NaOCl 5% más MTAD dieron como resultado que las unidades formadoras de colonias (UFC) de *E. faecalis* inicialmente para el grupo de NaOCl es de 82.5 (UFC) y finalizo con 78 (UFC) obteniendo la diferencia más alta a los demás grupos de estudio con 96.5 (UFC) para la clorhexidina y en MTAD de 66 (UFC) y finalizando con 56.5 (UFC).

Kazem et al. (2013) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la eficacia antibacteriana de los desinfectantes de canales radiculares como el hipoclorito de sodio al 5.25%, clorhexidina al 2%, MTDA y el láser de diodo de 80nm donde evaluaron 140 dientes y fueron distribuidos en 5 grupos incluyendo un grupo de control, dieron como resultado que el hipoclorito de sodio al 5.25%

logro una reducción bacteriana de 99.97%, la clorhexidina de 99.65% y el láser de diodo con 97.56%.

Khosrow et al. (2005) mediante un estudio con el objetivo de evaluar la capacidad de desinfección laser de diodo de 980 nm en comparación con el hipoclorito de sodio frente al *E. faecalis* evaluaron 18 dientes premolares donde dividieron en 2 grupos el primero realizando una irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% y el segundo con irradiación de laser de diodo con longitud de onda de 980 nm dando como resultado que es mayor la capacidad de desinfección para el hipoclorito de sodio con un 99.87% versus el 96.56% para el láser de diodo.

Larissa et al. (2018) realizaron un estudio donde evaluaron la actividad antimicrobiana del hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el extracto de semilla de uva frente al *E. faecalis* por medio de 10 placas de Petri de 90mm obteniendo como resultado que los mayores halos de inhibición están para el hipoclorito de sodio al 6%.

Estrella et al. (2008) mediante una revisión bibliográfica que compara la eficacia antibacteriana del hipoclorito de sodio y la clorhexidina contra el *E. faecalis* mediante la revisión de 229 artículos nos muestran que el hipoclorito de sodio y la clorhexidina tienen una baja capacidad para eliminar el *E. faecalis* cuando son evaluados mediante cultivo o técnica PCR.

Souza et al. (2016) en su estudio acerca de la efectividad de la terapia fotodinámica y el hipoclorito de sodio en los canales radiculares infectados con *E. faecalis* usaron 45 muestras dentales unirradiculares, inicialmente todas las muestra se prepararon con el mismo protocolo para

eliminar tejido pulpar y ampliar el canal, posteriormente se inoculo la bacteria en los canales radiculares y se dividieron en 5 grupos de estudio distribuidos en grupo control, irrigación con agua destilada, azul de metileno y foto activación con láser de diodo , hipoclorito de sodio al 2.5%, hipoclorito de sodio al 2.5% más foto activación con láser de diodo, dieron como resultado que en todos los tercios radiculares el grupo de hipoclorito de sodio e hipoclorito de sodio más foto activación obtuvieron los resultados más altos en la eliminación del *E. faecalis*.

Payman et al. (2011) realizan un estudio acerca del efecto aditivo de un láser de diodo sobre la actividad antibacteriana del hipoclorito de sodio al 2.5%, la clorhexidina al 2% y el MTAD contra el *E. faecalis* donde examinaron 106 premolares unirradiculares y fueron distribuidos en 5 dientes para el grupo de control, 12 dientes para irrigación solución salina, 12 dientes para irrigación con hipoclorito de sodio al 2.5%, 12 dientes para irrigación con clorhexidina al 2%, y 12 dientes para irrigación con MTAD, luego para la segunda parte de la investigación realizaron el mismo protocolo de irrigación con la misma cantidad de dientes para cada grupo y se le agrego la irradiación con láser de diodo por 5 min para el grupo de solución salina, hipoclorito de sodio al 2.5% y MTAD, al grupo de clorhexidina la irradiación fue de 1 min, dando como resultado que para la primera parte donde no realizaron irradiación con el láser los grupos más eficaces en la reducción de las unidades formadoras de colonias fue para el MTDA con 99.91% y el hipoclorito de sodio al 2.25% con 99.91%, luego cuando realizaron la irradiación con el láser de diodo la mayor eficacia la mostro el MTDA con un 100% de eficacia seguido del hipoclorito de sodio al 5.25% con un 99.91%.

Mohammad et al. (2020) muestran en un estudio acerca de la comparación de los efectos antibacterianos de la terapia fotodinámica y un sistema de activación de irrigación en conductos infectados con *E. faecalis*, recolectaron 58 dientes unirradiculares que fueron divididos en 4 grupos el primero para activación de sistema de irrigación, segundo sistema de activación de irrigación más hipoclorito de sodio al 2.25%, tercero terapia fotodinámica y cuarto terapia fotodinámica más hipoclorito de sodio al 2.25%, cada uno de los grupos se componen de 14 muestras , en cada grupo 13 dientes fueron infectados con *E. faecalis* y 3 fueron seleccionados como control y 1 dientes fue elegido como control negativo para que no recibiera ningún tratamiento, obteniendo como resultado que el protocolo de activación de irrigación más el hipoclorito de sodio al 2.25% es 100% eficaz en la eliminación de las unidades formadoras de colonias seguido por el protocolo de terapia fotodinámica más hipoclorito de sodio al 2.25% con un 99.7%.

Mohan et al. (2016) realizo una comparación entre la desinfección foto activada y el tratamiento convencional de conductos para la eliminación de las unidades formadoras de colonias de *E. faecalis*, tomaron una muestra de 53 dientes unirradiculares que dividieron en 3 grupos experimentales, el primero para tratamiento convencional de conductos, segundo para desinfección foto activada y tercero una combinación entre tratamiento convencional de conductos y desinfección foto activada, muestran como resultado que para el tercer grupo le eficacia en la eliminación de las unidades formadoras de colonias es de 99.55% y es mayor que la del grupo dos con 98.89%.

Mohammad et al. (2016) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la eficacia antibacteriana del láser de diodo de 810nm y la terapia fotodinámica en la reducción de la microflora bacteriana en el tratamiento endodontico, fueron tomados como muestra 20 pacientes

con patología de lesión perirradicular, para el protocolo terapia fotodinámica el canal fue llenado con azul de metileno al 0.01% durante 5 min y se irradia con láser de diodo durante 40 Seg, luego en el protocolo de laser de diodo se secan los canales y se y fueron irradiados durante 30 Seg, mostrando como resultado que el protocolo más eficaz en la eliminación de las unidades formadoras de colonias es el de la terapia fotodinámica.

Hoedke et al. (2017) mediante un estudio realizado acerca del efecto de la terapia fotodinámica en combinación con varios protocolos de irrigación en una biopelícula multiespecie de endodoncia, con una muestra de 160 dientes unirradiculares se dividieron en 4 grupos que compararon cada grupo una solución irrigadora por si sola y luego acompañada de la terapia fotodinámica, y obtuvieron como resultado que el *E. faecalis* en todas las muestras fue la especie bacteriana más encontrada y difícil de eliminar el protocolo más eficaz para la disminución de las especies bacterianas está dada para el hipoclorito de sodio al 1% más la foto activación.

Mahima et al. (2018) en su estudio acerca de la evaluación de la eficacia antibacteriana del láser de diodo EZLASE en el sistema de canales radiculares, usaron como muestra 40 pacientes con patología periapical los cuales fueron distribuidos en 4 grupos cada uno con 10 muestras, el primero las muestras se irradiaron con láser a 1.05 W más hipoclorito de sodio al 3%, segundo las muestras se irradiaron con láser a 1.5 W más hipoclorito de sodio al 3%, tercero las muestras se irradiaron con láser a 1.95 W más hipoclorito de sodio al 3% y el grupo cuatro de control sin irradiación solo usaron hipoclorito de sodio al 3%; indican en sus resultados que la máxima reducción en el recuento de *E. faecalis* se dio en el grupo de laser a 1.95 W más hipoclorito de sodio al 3% con una eficacia de 77.78% .

6.2 Profundidad de penetración de la desinfección foto activada

Uno de los principales objetivos del tratamiento endodóntico es la eliminación de microorganismos y sus productos metabólicos como sustancias orgánicas e inorgánicas. El tejido pulpar, restos de dentina, bacterias, irritantes relacionados y la capa de frotis deben eliminarse de los conductos radiculares durante el procedimiento del tratamiento. La capa de frotis es una estructura amorfa de 1-2 μm de espesor creada durante la instrumentación biomecánica, la presencia de esta capa actúa como barrera que puede hacer más difícil la penetración al conducto radicular de sustancias como irrigantes, medicamentos o selladores. Existe cierto desacuerdo sobre si se debe eliminar o no la capa de frotis, la recomendación general es que se debe eliminar antes de realizar la obturación (Ayca Yilmaz, Turgut Y. Yalcin, and Dilek Helvacioğlu-Yig. 2020).

Ling Zou et al. (2010) en su estudio acerca de la penetración del hipoclorito de sodio en la dentina donde observaron el efecto de la concentración del hipoclorito de sodio, el tiempo de exposición, temperatura y la penetración del hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinarios. Encontraron que hay una menor penetración con la concentración de hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos a una temperatura ambiente y se dio una mayor penetración en los túbulos dentinarios con hipoclorito de sodio a una concentración del 6% durante 20 minutos a una temperatura de 45°C.

Por su parte Ayca Yilmaz, Turgut Y. Yalcin, and Dilek Helvacioğlu-Yig (2020) en su estudio acerca de la efectividad de varias técnicas de riego final en la penetración del sellador en

raíces curvas, este estudio se dividió en 4 grupos en los cuales utilizaron para el grupo 1: activación dinámica manual (MDA), grupo 2: riego sónico (SI), grupo 3: irrigación ultrasónica pasiva (PUI), y grupo 4: irrigación con aguja convencional (CI), dieron como resultado que las diferentes técnicas de riego y los métodos utilizados no brindan una mejora significativa en la penetración del sellador al compararlo con la irrigación con aguja convencional.

Abdollah Ghorbanzadeh. Et al. (2016) en su estudio sobre la profundidad de penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios después de la irrigación convencional, agitación ultrasónica pasiva y laser Nd: YAG en un riego activo, realizaron una división de 4 grupos, para los cuales utilizaron: grupo 1: irrigación convencional, grupo 2: irrigación convencional más la eliminación de la capa de frotis, grupo 3: activación ultrasónica, grupo 4: laser Nd: YAG, para todas las técnicas utilizaron 2 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% con una jeringa y con aguja de calibre 30 durante 20 segundos y realizaron un riego final con solución salina durante 60 segundos, dando como resultado que la técnica de irrigación convencional más la eliminación de la capa de frotis es la técnica estándar de oro para lograr una penetración más profunda del hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinarios ya que las otras técnicas presentaron una menor eliminación de la capa de frotis donde lograron como consecuencia una menor penetración del riego.

Flavio Palazzi et. al. (2016) en su estudio sobre la penetración del hipoclorito de sodio en la dentina del conducto radicular modificado con surfactantes, se analizaron 65 dientes permanentes anteriores con único canal radicular, donde observaron el efecto de la concentración del hipoclorito de sodio, tiempo de exposición y temperatura, se agregaron las 3 soluciones surfactantes (Hypoclean, H6, Chlor-Xtra) los cuales se expusieron a 2, 5 y 20 minutos a temperaturas de 20°C, 37°C y 45°C. mostrando como resultado una menor penetración a menor

tiempo de exposición, concentración y temperatura del hipoclorito de sodio y la mayor penetración se obtuvo con Chlor-Xtra durante 20 minutos y a 45°C. Por lo tanto, la temperatura, tiempo de exposición concentración y adición de los surfactantes va a influir en la profundidad de penetración de los irrigantes en los túbulos dentinarios.

Morales; Guevara A. (2017) en su estudio sobre penetración dentinaria in vitro del hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones con las técnicas de irrigación convencional y ultrasónica pasiva, donde dividieron en 4 grupos: el primer grupo: se irrigó con hipoclorito de sodio al 2,5 % con irrigación convencional, el segundo grupo: con hipoclorito de sodio al 2,5 % con irrigación convencional más irrigación ultrasónica pasiva por 30 segundos, el tercer grupo: con hipoclorito de sodio al 5 % con irrigación convencional, y el cuarto grupo: con hipoclorito de sodio al 5 % con irrigación convencional más irrigación ultrasónica pasiva por 30 segundos. Dieron como resultado que se presenta una mayor penetración del hipoclorito de sodio en una concentración del 5% y utilizando la técnica de irrigación ultrasónica pasiva.

Luigi Generali et. al. (2018) en su estudio sobre la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios después de agitación dinámica manual y activación ultrasónica, utilizaron 34 dientes uniradiculares, donde se dividieron en dos grupos homogéneos y un grupo de control, luego de realizar la instrumentación se tiñeron los conductos con sulfato de cobre al 10% y alcohol de ácido rubeánico al 1% al vacío, por ultimo realizaron un riego final con 5 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% durante 1 minuto y realizaron la activación con agitación dinámica manual o ultrasónica pasiva, dieron como resultado que no existen diferencias significativas en cuanto a la

penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios mediante la agitación dinámica manual y la activación ultrasónica pasiva.

Mohammad A.; Nassimeh S. (2013) mediante un estudio sobre la desinfección de canales contaminados con láser a diferentes longitudes de onda, mientras se realiza la terapia de conducto radicular, observaron que al utilizar laser, la cantidad de dolor y la sensibilidad a la percusión fue significativamente menor. Moshomov comparo los efectos del láser Nd: YAG e hipoclorito de sodio para la desinfección de canales, mostrando como resultado que aunque el láser Nd: YAG reduce con precisión el recuento bacteriano del canal, el hipoclorito de sodio fue más eficaz.

Adham A. et al. (2016) en su estudio realizado sobre la eficacia de 4 protocolos de riego para matar bacterias colonizadas en los túbulos dentinarios examinados por un nuevo escaneo laser confocal en un análisis microscópico, utilizaron para el grupo 1: irrigación con aguja estándar, grupo 2: agitación sónica con endoactivador, grupo 3: acabadora XP endo, grupo 4: laser de granate, observaron la eficacia de cada grupo escaneando la dentina mediante un microscopio de escaneo laser confocal y observaron la porción total de bacterias muertas dentro de los túbulos dentinarios a varias profundidades, dando como resultado que en el grupo que uso acabadora XP endo tenía el nivel más alto de muerte de bacterias en los tercios coronal, medio y apical alcanzando una profundidad de 50 μm logrando ser más eficaz que las otras 3 técnicas de desinfección.

Snehal S. et al. (2018) mediante un estudio sobre la comparación de la eficacia antibacteriana de desinfección foto activada, laser de diodo e hipoclorito de sodio al 5%, se seleccionaron 32 pacientes los cuales se dividieron en 4 grupos: grupo 1: desinfección foto activada, grupo 2: laser de diodo, grupo 3: hipoclorito de sodio al 5% y grupo 4: solución salina normal, dan como resultado que todos los grupos a excepción del grupo con solución salina normal presentaron acción antibacteriana contra bacterias aerobias y anaerobias.

Niranjan A., Vivek H. y Sucheta S. (2020) en su estudio sobre la vitalidad de *Enterococcus faecalis* dentro de los túbulos dentinarios después de cinco métodos de desinfección del conducto radicular, realizaron una división de 6 grupos, los cuales fueron: grupo 1: sirvió como grupo de control, grupo 2: 0,9% de riego de solución salina normal, grupo 3: riego con hipoclorito de sodio al 5,25%, grupo 4: solución de digluconato de clorhexidina al 2%, grupo 5: laser de granate de itrio aluminio dopado con neodimio (Nd: YAG), grupo 6: laser de diodo, se sometieron a análisis mediante la prueba de ANOVA de una vía mediante correcciones de Bonferroni con valor de $P < 0,05$ considerado estadísticamente significativo, donde obtuvieron como resultado que los láseres son un valioso complemento en la eliminación de bacterias y pueden ayudar a reducir la incidencia de fracasos del tratamiento post endodóntico.

Namour A. et al. (2016) en su estudio sobre los parámetros de irradiación de seguridad del rayo láser Nd: YAP para tratamientos de endodoncia un estudio in vitro, para un láser Nd: YAP, la emisión del haz es la pulsada modo (5, 10, 30 Hz) definido por las indicaciones del fabricante, las superficies están cubiertas por pasta termoconductora para garantizar un contacto óptimo y la

máxima temperatura, cualquiera que sea la potencia de salida utilizada luego de cualquier condición de irradiación necesita más de 150 segundos para volver a su nivel de referencia. El uso del láser Nd: YAP para tratamientos de endodoncia bajo las condiciones específicas del fabricante y parámetros de irradiación puede ser considerado inofensivo para los tejidos periodontales.

Saravanakumar M. et al. (2019) en su estudio sobre la evaluación de la eficacia antimicrobiana y la profundidad de penetración de varios irrigantes en los túbulos dentinarios con o sin láseres, realizaron el estudio en 42 dientes unirradiculares, utilizaron diferentes sistemas de riego individualmente y combinados como: solución salina normal, hipoclorito de sodio, gluconato de clorhexidina, laser de diodo y erbio, cromo: itrio, escandio, galio y laser de granate, realizaron el análisis mediante una prueba de ANOVA, dando como resultado que para el grupo de solución salina normal hay menor profundidad de penetración y mayor número de unidades formadoras de colonias de bacterias y por el contrario el láser cuando lo utilizaron junto a hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina hay mayor reducción de bacterias y alcanza una mayor profundidad de penetración.

Zahed M. et al. (2017) mediante una revisión bibliográfica sobre la desinfección de la raíz con láser en el sistema de canales: una actualización, los fotones laser pueden interactuar con los tejidos de cuatro formas: Se transmiten a través de los tejidos, reflejados desde esos tejidos, dispersos dentro de los tejidos y absorbidos por tales tejidos. La absorción tisular del láser se debe básicamente a la presencia de proteínas, agua libre y también pigmentos. La absorción de moléculas de agua juega un papel importante en las diferentes interacciones térmicas, el coeficiente de absorción para agua es 860 para laser de CO₂, 0,61 para laser Nd: YAG, 0,02 para laser de diodo, 0,0002 para argón y 12.000 para laser Er: YAG.

6.3 Tipos de foto activación

El láser en endodoncia se utilizó por primera vez en 1971 por weichman y Johnson en un estudio in vitro y desde entonces se han realizado varias investigaciones sobre la aplicación del láser, pero su uso clínico comenzó a finales de 1990, donde se desarrollaron nuevas fibras ópticas más delgadas y flexibles para emitir el rayo láser al conductor radicular. Es por eso que el láser lo utilizan para varios procedimientos en endodoncia. Los láseres que se emplean para desinfectar los conductos radiculares son: erbio: itrio-aluminio-granate (Er: YAG) 2940nm; erbio, cromo: itrio-escandio-galio-granate (Er: YSGG) 2780NM; neodimio: itrio-aluminio-granate (Nd: YAG) 1064nm; diodo 635 a 980 nm; y titanil fosfato de potasio (KTP) 532 (Ivona Bago juric, Ivica Anic 2014).

Silva et al. (2011) Su estudio fue evaluar el efecto antibacteriano in vitro de la PDT en *E.faecalis* recolectaron cepas clínicas, entre ellas cepas de *E.faecalis* las bacterias se llevaron en una solución salina estéril, los tubos se distribuyeron en tres grupos experimentales que recibieron la exposición del láser de arseniuro de galio y aluminio(Ga,Al,As)por periodos de un minuto con diferentes dosis de energía y un grupo de control tratado con láser VM(verde malaquita), obteniendo una reducción del 99.2% de *E. Faecalis* utilizando un agente fotosintético asociado a un láser de 685nm.

Tennert et al. (2014) realizaron un estudio con 160 dientes permanentes extraídos intactos se le tomaron radiografías para asegurarse que tuvieran cámaras pulpares, ápices completamente

formados y conductos radiculares permeables, se realizaron cavidades de acceso estándar y se determinaron longitud exacta de los dientes se les realizaron tratamiento convencional de conductos e irrigación con hipoclorito de sodio al 3% y aplicación de la terapia fotodinámica(TFD) los conductos radiculares se infectaron de *E. Faecalis* ,se dividieron en tres grupos el primero se irriego con NaOCl ,el segundo con TFD y el tercero combinación de NaOCl con TFD, nos muestran como resultado el primer grupo con hipoclorito de sodio al 3% logro una reducción de 99,9%, el segundo grupo TFD reducción de 92.7% y el tercer grupo redujo un 99,9%,la TFD tiene un efecto antimicrobiano y es un complemento eficaz en la desinfección del conducto radicular.

Franzen et al. (2011) para esta investigación in vitro se realizó con 40 incisivos extraídos del ganado ya que la composición del esmalte y la dentina de los bovinos es muy parecida a los dientes humanos, se realizaron 90 cortes longitudinales de diferentes espesor, los grupos se irradiaron tres veces durante 4s utilizando un láser Nd: YAG longitud de onda de 1064nm,*E.faecalis* fue seleccionado para la realización de este estudio porque persiste en el conducto radicular después de realizado un tratamiento endodóntico adecuadamente, los resultados indicaron un efecto bactericida de la irradiación con el láser Nd: YAG del 50% .

Lagori et al. (2017) en este estudio ejecutaron la fabricación de discos de hidroxiapatita para probar la eficacia de la reacción de fotofenton, los discos fueron utilizados como modelos de superficies dentales con una superficie suficientemente áspera para albergar el crecimiento bacteriano para simular la contaminación con el *E. Faecalis* y poder demostrar la reacción de foto-

frentón se prepararon 100 discos y lo dividieron en 8 grupos donde se colocaron quince discos en cada placa Petri, se utilizaron diferentes tratamiento para descontaminar los discos como hipoclorito al 5%, peróxido de hidrogeno 3%, reactivo frentón, fotofenton. Para el tratamiento con fotofenton se realizó con la adición de exposición de luz por una lámpara LED con una emisión de 400 nm, en este estudio lograron la producción de radicales hidroxilos en la catálisis de fotofenton, el resultado se podría utilizar como protocolo alternativo para la desinfección del conducto radicular solo o en combinación con el hipoclorito de sodio, optimizando la eficacia y el tiempo de tratamiento.

Asnaashari et al. (2016) este estudio se realizó con 56 dientes extraídos, intactos, humanos, unirradiculares, se colocaron en hipoclorito de sodio al 5,25% y luego en solución salina estéril, se le realizaron recorte de las coronas quedando en un tamaño estándar de 12 mm se selló con ionómero de vidrio el foramen apical. Se dividieron en dos grupos experimentales fueron sometidos a un fotosensibilizador de azul de toluidina le aplicaron 0,1 mg/ml durante 5 min y el láser de diodo de 810nm 4 veces durante 8 s con intervalos de 10 s colocaron una fibra óptica y realizaron movimientos aspírales para distribuir la luz por todo el conducto, otros 23 dientes incubados se inyectó 1 mg/ml de azul de toluidina se irradiaron con lámpara LED 630nm durante 30 s, obteniendo un resultado que la terapia fotodinámica que el láser de diodo sirve para disminuir la cantidad de *E. Faecalis* pero la lámpara LED tiene una mejor función contra el *E. Faecalis*.

Yildirim et al. (2013) Realizaron con 60 dientes humanos extraídos con una sola raíz, ejecutaron cortes de la corona y los dejaron a una longitud estándar de 15 mm, a los conductos le

realizaron irrigación con hipoclorito de sodio al 1% después de la instrumentación de cada lima y se llevaron al autoclave por 15 min, se dividieron en cinco grupos un grupo de control, grupo tratado convencional con hipoclorito de sodio y tres grupos tratados con terapia fotodinámica (TFD) usaron tres tiempos de aplicación diferentes y se le aplicó azul de metileno de un solo uso lo dejaron por 1 min y luego enjuagaron las muestras la irradiación la realizaron con dispositivo laser de diodo en tiempos de 1,2 y 4 min y se incubaron por 24 horas, donde obtuvieron un resultado el menor porcentaje lo observaron en el grupo de 1 min 99.8%, de la comparaciones intergrupales no hubo diferencia significativas entre los grupos, lo que demostraron que la TFD es tan eficiente como la irrigación convencional y que alterar la duración de la exposición a la luz no influyó significativamente la reducción bacteriana.

Cieplik et al. (2016) establecieron un modelo dentario en resina acrílica con dientes humanos donde pudieron evaluar la inactivación fotodinámica bacteriana (PIB) respecto a la inactivación del patógeno *E. Faecalis* utilizando un fotosensibilizador (PS) activado por luz roja (azul de metileno) y luz azul (TMPyP) accionándolo frente a unos tubos de vidrio con *E. Faecalis* introducidos en los dientes del modelo donde se taparon con silicona, el resultado fue que el PS probado se activa con cualquiera de la dos luces utilizadas y lograron una inactivación de 5 log 10 pasos de reducción de CFU.

Diogo et al. (2017) Realizaron un estudio in vitro llevaron a cabo una cepa de *E. Faecalis* lo almacenaron en 80 °C en glicerol al 25% y *C.albicans*, las dos especies microbianas las cultivaron durante toda la noche, probaron irrigantes clásicos como hipoclorito de sodio al 3%,

EDTA 17%, clorhexidina al 2% donde las biopelículas las expusieron a los irrigantes durante 60 y 90 s, en la inactivación fotodinámica todos los fotosensibilizadores(PS) los utilizaron en la misma concentración(0,1 mg/ml), la irradiación de las PS se realizaron con fuente de diodo emisor de luz(LED), durante el periodo de preincubacion los PS con ausencia de luz durante 15 min, después la activación de luz la realizaron durante 60 o 90 s, mostraron como resultado que el PS de metilo de éster fe más eficaz para la eliminación de *E. Faecalis* en ambos periodos de irradiación.

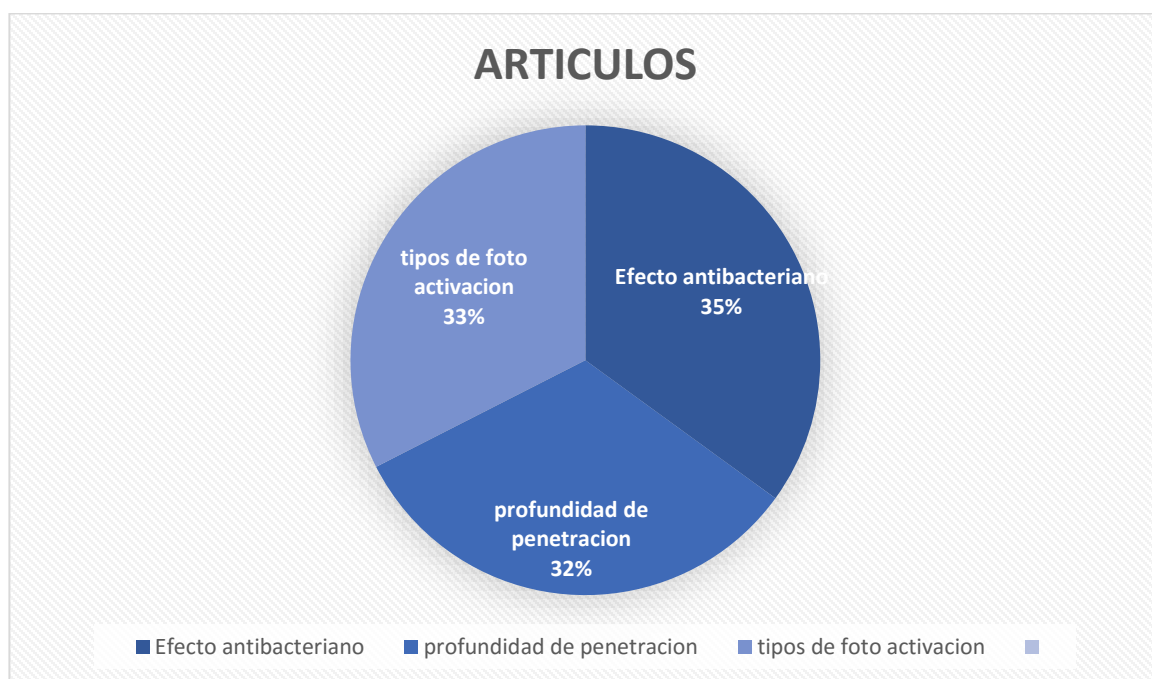
Bahador et al. (2018) Para esta investigación in vitro fue comparar los efectos de la terapia fotodinámica antimicrobiana (PDT) con dos fotosensibilizadores (PS) el verde de indocianina (ICG) y la curcumina (CUR) y soluciones irrigadoras como hipoclorito de sodio 5,25% y clorhexidina o, 2% 2,0%, en este estudio utilizaron laser de diodo a una longitud de onda 810nm y una intensidad de 250mW para CUR e ICG, en el presente estudio las dos concentraciones de hipoclorito y clorhexidina causaron una reducción significativa bacteriana sobre el *E. Faecalis* más que la terapia fotodinámica antimicrobiana, pero cabe destacar que hubo una diferencia significativa en la formación de biopelículas del *E. Faecalis* en combinación con las soluciones irrigadoras y la PDT.

Liu et al. (2018) Recolectaron 50 dientes recién extraídos, adultos, humanos y canales únicos sin tratamiento endodóntico previo, las coronas de los dientes se cortaron a una longitud de la raíz de 12mm los conductos los prepararon mediante la técnica de instrumentación de corona hacia abajo el foramen apical se lo sellaron con ionómero de vidrio se introdujo cada diente a un

tubo de laboratorio que contenía caldo BHI, el *E. Faecalis* lo cultivaron en los conductos radiculares utilizando un protocolo de crecimiento de biofilm, las raíces se incubaron a 37°C durante 2 semanas, se dividieron en 4 grupos experimentales donde se trataron grupo 1: irrigación con jeringa utilizaron hipoclorito de sodio (NaOCL) al 5,25%, grupo 2: NaOCL 5,25% activado por el láser Nd:YAP a 180mJ, grupo 3: NaOCL 5,25% activado por el láser Nd:YAP 280 mJ, grupo 4: NaOCL 5,25% activado por el láser Nd:YAP 360Mj, donde la aplicación del hipoclorito de sodio al 5,25% redujo *E. Faecalis* en los conductos radiculares sin embargo estaban adheridas al conducto y el láser Nd:YAP es sus diferentes radiaciones mostro un efecto bactericida eficaz para eliminar el *E. Faecalis*.

Vaid et al. (2017) Utilizaron 190 dientes anteriores de una sola raíz humana, los depositaron en hipoclorito de sodio durante 2 horas para eliminar desechos orgánicos, después de la desinfección los limpiaron con un raspador ultrasónico, realizaron la preparación del acceso y la instrumentación mediante la técnica corona hacia abajo y se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2,5% entre cada instrumentación, sellaron los ápices con ionómero de vidrio, los dividieron en dos grupos principales con tres subgrupos cada uno y un grupo de control negativo y los sometieron a protocolos de riego donde el grupo A incluyeron solución salina, hipoclorito de sodio al 2,5%, 5 ml de QMix 2 en 1 y el grupo B solución salina ,hipoclorito de sodio, QMix 2 en 1 todos en este grupo utilizaron irradiación con desinfección foto activada (PAD), la fuente de irradiación utilizada fue un láser de diodo con longitud de onda de 980nm utilizaron fibra óptica, realizaron la irradiación tres veces durante cada 5 s cada una con un intervalo de 10 s entre las irradiaciones, el resultado es que la desinfección foto activada con el hipoclorito de sodio al 5,25% resulta ser el más eficaz para desinfectar conductos radiculares que contengan *E. Faecalis*.

Silva et al. (2014) La fuente de irradiación de este estudio fue el láser de diodo 660 nm a 1 mm durante 30,60 o 120 s, utilizaron hipoclorito de sodio al 5,25% y solución salina, la incubación con la solución salina no tuvo ningún efecto antimicrobiano, mientras que el hipoclorito de sodio elimino por completo el *E.faecalis* cuando lo utilizaron con el láser de diodo con los dos fotosensibilizadores durante 60 y 120s consiguieron una disminución significativa del *E. faecalis*, se ha sugerido que la terapia fotodinámica sería una buena opción para desinfección y utilizarla como suplemento antibacteriano usando fotosensibilizadores.



Grafica 1. Autoria propia. Articulos incluidos en la revision narrativa.

7. Discusión

Los fracasos endodónticos por infección bacteriana, como argumento central, es una de las problemáticas más frecuentes en la consulta endodóntica en el día a día durante la realización de una intervención clínica; por tal motivo, es importante abordar esta temática desde todas sus dimensiones, identificando las razones del porqué ocurre, conocer la mejor forma de evaluarlo, y establecer cuáles son las técnicas adecuadas para lograr una terapia endodóntica exitosa.

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más utilizado en la terapia endodóntica, debido a su amplio espectro antimicrobiano y su capacidad para promover la disolución del tejido orgánico e inorgánico, eliminando rápidamente bacterias, esporas, hongos y virus. Por tal motivo múltiples autores lo apoyan. Mohammad et al. (2016) concluyen en su estudio que el NaOCl en concentración de 2.5% y 5% elimina en un 100% la biopelícula de *E. faecalis*. Del mismo modo Maryam et al. (2017) dan como resultado de su estudio que el NaOCl al 2.5% es más eficaz para la eliminación del *E. faecalis* en un 9.8% en comparación a otros métodos de desinfección. De la misma manera Mohammad et al. (2016) nos muestra que la irrigación con NaOCl al 2.25% es más eficaz contra el *E. faecalis* con una diferencia de <0.06 % a los demás irrigantes como la clorhexidina. Así mismo Pupo et al. (2014) concluyen en su estudio que la irrigación con hipoclorito de sodio al 5% puede llegar a disminuir significativamente las unidades formadoras de colonias (UFC) de *E. faecalis* en comparación con la clorhexidina y el MTAD.

En otras investigaciones se compara la irrigación de hipoclorito de sodio con técnicas más actualizadas, en este sentido Kazem et al. (2013) dan como conclusión de su estudio que el

hipoclorito de sodio al 5.25% logro una reducción bacteriana de 99.97% en comparación con la clorhexidina de 99.65% y el láser de diodo con 97.56%. Al igual que la anterior referencia Khosrow et al. (2005) concluyen en su investigación que es mayor la capacidad de desinfección para el hipoclorito de sodio con un 99.87% versus el 96.56% para el láser de diodo. Así mismo Larissa et al. (2018) realizaron un estudio donde evalúan la actividad antimicrobiana del hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el extracto de semilla de uva frente al *E. faecalis* por medio de 10 placas de Petri de 90mm obteniendo como resultado que los mayores halos de inhibición están para el hipoclorito de sodio al 6% y por lo tanto concluyen que es el más irrigante efectivo para la eliminación del *E. faecalis*.

Ahora bien, recientemente se han investigado nuevos sistemas y sustancias para mejorar la desinfección del canal radicular, ya sea reemplazando los procedimientos químico-mecánicos convencionales o complementando sus efectos. Garcez y col. (2015) sugirieron la terapia foto dinámica (PDT) como un complemento prometedor y efectivo a la limpieza y desinfección intracanal estándar para el tratamiento clínico de las lesiones periapicales, en particular para los dientes que se someten a tratamiento endodóntico en una sola sesión o retratamiento, debido a que los efectos fotodinámicos en los canales radiculares infectados experimentalmente de dientes extraídos llevaron a una reducción del 99% en recuentos de unidades formadoras de colonias cuando se optimizaron los parámetros PDT. De la misma manera Souza et al. (2016) nos muestran en su estudio como resultado que en todos los tercios radiculares el grupo de hipoclorito de sodio e hipoclorito de sodio más foto activación obtuvieron los resultados más altos en la eliminación del *E. faecalis* y concluyen que la terapia fotodinámica podría ser una ayuda en la terapia de conducto radicular contribuyendo a la reducción del contenido microbiano durante la terapia

endodóntica. Igualmente, Payman et al. (2011) concluyen en su estudio sobre el efecto aditivo del láser de diodo sobre el *E. faecalis* que la terapia combinada con irrigación con hipoclorito de sodio e irradiación con láser puede recomendarse como opción de tratamiento eficaz para la eliminación completa del *E. faecalis* del sistema de conductos radiculares. Mohammad et al. (2020) en su estudio de comparación de la terapia fotodinámica y un sistema de activación de riego concluyen que la combinación de NaOCl con la terapia fotodinámica mejora la desinfección del conducto radicular y puede aportar varias ventajas al resultado endodóntico. Mohan et al. (2016) en su estudio comparativo entre la terapia fotodinámica y el tratamiento convencional de conductos concluyen que el uso de la foto activación puede recomendarse como complemento después de los procedimientos de limpieza y conformación radicular para garantizar una desinfección y esterilización completa de los canales radiculares. Así mismo Mohammad et al. (2016) mediante un estudio comparativo entre la terapia fotodinámica y el láser de diodo muestran como conclusión que luego de una preparación químico-mecánica convencional la desinfección del canal a través de la terapia fotodinámica es más segura ya que no presenta efectos secundarios.

Se puede evidenciar que tanto el hipoclorito de sodio como la terapia foto activada son eficaces para la eliminación del *Enterococcus faecalis* por lo tanto podrían ser un complemento efectivo para eliminar al 100% la carga bacteriana de las infecciones endodónticas recurrentes.

Durante la instrumentación biomecánica se crea una capa llamada capa de frotis la cual es una estructura de 1-2 μm de espesor, esta capa actúa como barrera para la penetración al conducto radicular de las diferentes sustancias irrigantes, medicamentos o selladores. Lo ideal es eliminar esta capa antes de realizar la obturación final.

Existen diferentes técnicas utilizadas junto al hipoclorito de sodio que pueden lograr una mayor penetración dentro de los conductos radiculares y así lograr una eficaz desinfección del conducto y eliminación de las diferentes bacterias, hongos, esporas y virus. Por esta razón existen autores que apoyan diferentes técnicas. Ling Zou et al. (2010) concluyen en su estudio que el hipoclorito de sodio en una concentración del 6% durante 20 minutos a una temperatura de 45°C va a alcanzar una mayor penetración dentro de los túbulos dentinarios. De la misma manera Abdollah Ghorbanzadeh. Et al. (2016) dan como resultado de su estudio que la técnica de irrigación convencional más la eliminación de la capa de frotis con hipoclorito de sodio al 5,25% es la técnica estándar de oro para lograr una penetración más profunda del hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinarios. Del mismo modo Ayca Yilmaz, Turgut Y. Yalcin, and Dilek Helvacioglu-Yig (2020) nos dicen que la técnica de riego que brinda una mayor penetración del sellador en raíces curvas es la técnica de irrigación con aguja convencional. Flavio Palazzi et. al. (2016) dan como conclusión que el uso del hipoclorito de sodio con surfactantes como chlor-Xtra durante 20 minutos a 45°C va a lograr una mayor penetración en la dentina del conducto radicular. Morales; Guevara A. (2017) dan como resultado que existe una mayor penetración del hipoclorito de sodio en una concentración del 5% utilizado junto a la técnica de irrigación ultrasónica pasiva.

Por su parte, Luigi Generali et. al. (2018) concluyeron que no existen diferencias significativas en cuanto a la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios mediante la agitación dinámica manual y la activación ultrasónica pasiva. Adham A. et al. (2016) concluyeron que con el uso de acabadora XP endo se alcanzó una profundidad de penetración de 50 μm , logrando así un nivel más alto de muerte de bacterias en los tercios coronal, medio y apical. Niranjana Ashok Vatkar, Vivek Hegde y Sucheta Sathe (2020) dan como conclusión que el uso de laser es un valioso

complemento en la eliminación de bacterias y pueden ayudar a reducir la incidencia de fracasos del tratamiento postendodóntico. Namour A. et al. (2016) concluyen que el uso del láser Nd:YAP para tratamientos endodónticos bajo las condiciones específicas del fabricante y los parámetros de irradiación puede ser considerada inofensiva su penetración para los tejidos periodontales. Saravanakumar M. et al. (2019) dan como resultado de su estudio que el láser cuando lo utilizaron junto al hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina hay mayor reducción de bacterias y alcanza una mayor profundidad de penetración.

Se puede evidenciar que tanto el uso del hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones de manera convencional, o la combinación con surfactantes, el uso de activación ultrasónica o laser son eficaces para aumentar la penetración en los túbulos dentinarios por lo que podrían ser un complemento efectivo para lograr una mayor profundidad de penetración.

La terapia fotodinámica (TFD) puede ser un método de esterilización o desinfección fotoquímica inducida por láser de tejidos duros y blandos basados en la activación de un agente fotosensible, donde el agente fotosensible se une a la superficie de las bacterias y penetra sus células (Ivona Bago juric, Ivica Anic 2014).

Cabe destacar que en la presente investigación los diferentes tipos de foto activación, una de las técnicas utilizadas es acompañada de diferentes tipos fotosensibilizadores donde es aplicada por varios autores. Silva et al. 2011 manifestaron que el láser diodo GaAIAs por periodos de tiempo y diferentes dosis más la selección del fotosensibilizador verde malaquita obtuvieron el

99.2% de reducción de *E. Faecalis*, y sugirieron la implementación de un protocolo clínico donde la terapia fotodinámica pueda usarse como una alternativa eficaz. Del mismo modo Cieplik et al. 2016 concluyen en su estudio que el fotosensibilizador (PS) probado se activa con la luz azul (TMPyP) o roja (azul de metileno) resulto en tasas de inactivación de más de 5 log 10 pasos de reducción de CFU, por lo tanto, puede ser posible activar la absorción del PS en rangos de longitud de onda por encima de este lumbral desde fuera del diente. Así mismo Diogo et al. 2017 dan como resultado que la activación de la luz la realizaron durante 60 o 90 s, que el fotosensibilizador de metilo de éster fue más eficaz para la eliminación de *E.faecalis* en ambos periodos de irradiación. Silva et al. 2014 concluyeron que la terapia fotodinámica utilizando fotosensibilizadores obtuvo efectos antibacterianos contra *E.faecalis* y sería una buena opción para desinfección y como suplemento antibacteriano. Bahador et al. Donde utilizaron laser de diodo a una longitud de onda de 810nm y dos fotosensibilizadores el verde de indocianina, la curcumina y las soluciones irrigadoras hipoclorito de sodio, clorhexidina, han demostrado que las bacterias Gram-positivas son sensibles a la fotosensibilización por muchos tintes diferentes, mientras que las bacterias Gram-negativas son más resistentes, las dos concentraciones de solución irrigadoras causaron una reducción significativa, la foto activación tiene un alto potencial de eliminación de microorganismo formación *E.faecalis* y es casi equivalente a las soluciones de irrigación endodóntica. Yildirim et al. 2013 concluyeron que en cuanto a la eficacia antimicrobiana contra el *E.faecalis*, la terapia fotodinámica es tan eficaz como la irrigación convencional con hipoclorito de sodio al 5% y que la irradiación durante 1 min es suficiente para lograr el efecto antimicrobiano. De la misma manera Tennert et al. 2014 nos muestra en su estudio que el hipoclorito de sodio al 3% es más eficaz para eliminar *E.faecalis* para eliminar infecciones primarias infectadas. Pero concluyeron que la terapia fotodinámica no es una alternativa sino un complemento eficaz en la

desinfección del conducto radicular, especialmente en los casos de retratamiento. Vaid et al. 2017 se puede concluir que, la aplicación de la terapia fotodinámica podría ser un complemento útil de la irrigación endodóntica convencional para erradicar las biopelícula de *E.faecalis*. Sin embargo, la terapia fotodinámica debe usarse solo como un suplemento y no como una alternativa a los protocolos de riego convencionales. Lagori et al. 2017 concluyeron que el sistema LED d 400nm conjunto a la reducción bactericida de los reactivos de peróxido de hidrogeno, hipoclorito de sodio podrían adoptarse como un protocolo alternativo para la desinfección del conducto radicular solo o en combinación mejorando la eficacia. Liu et al. 2018 demostraron que el nuevo laser Nd: YAP de 280 mJ y 360 mj mostro un efecto bactericida eficaz para eliminar *E.faecalis* biopelículas de las paredes del conducto radicular y los túbulos dentinarios. Franzen et al.2011 concluyeron que los resultados indican efecto bactericida del láser Nd: YAG en *E.faecalis* con duraciones de pulso de 15 y 25 ms utilizados en este estudio.

Se puede evidenciar que la terapia fotodinámica es eficaz para la eliminación del *E.faecalis* como complemento o protocolo después de la desinfección del conducto radicular y se podría usar en combinación con otros irrigantes durante la desinfección para aumentar la acción bactericida.

8. Conclusiones

De la presente revisión bibliográfica se concluye que la foto activación, así como el hipoclorito de sodio son eficaces para la eliminación del *E. faecalis* y pueden usarse como complemento para lograr una desinfección total del canal radicular.

En cuanto a la profundidad de penetración en los túbulos dentinarios concluye que el uso del hipoclorito de sodio tiene un papel muy importante dentro del conducto radicular, ya que este combinado con diferentes técnicas y en diferentes concentraciones brinda mayor eficacia eliminando la capa de frotis, lo cual va a permitir alcanzar un nivel más alto en la profundidad de penetración en los túbulos dentinarios logrando mejores resultados del tratamiento endodóntico y así ayudar a reducir la incidencia de fracasos del tratamiento post endodóntico.

Se concluye que en cuanto a la técnica más eficaz para la eliminación del *E. faecalis* que el láser de diodo y el láser Nd: YAG son hasta el día de hoy los tipos de laser más utilizados en endodoncia para la eliminación del *E. faecalis* como complemento o protocolo después de la desinfección del conducto radicular y se puede utilizar en combinación con otros irrigantes durante la desinfección para reforzar la acción bactericida.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar otros estudios donde se emplee la terapia foto activada con otros microorganismos patógenos causantes del fracaso endodóntico para determinar si es eficaz.

Se recomienda realizar estudio de desinfección foto activada con luz led ya que es poca la documentación encontrada.

Se recomienda realizar un estudio donde se pueda determinar un protocolo efectivo con foto activación para la desinfección total del canal radicular.

Referencias

- Ahmed H, Dummer P (2018). A new system for classifying tooth, root and canal anomalies, *international endodontic journal*,51, 389-404.
- Ardila MC, Gómez B, Vallejo MA (2016) Soluciones irrigadoras en endodoncia del conducto radicular: Una revisión sistemática de la literatura (tesis de pregrado). Universidad santo tomas, Bucaramanga, Colombia.
- Arnabat J. (2015). Aplicaciones del láser en endodoncia, *Dialnet*,20, 37-43.
- Arslan H, Ertas H, Ertas E, Kalabalık F, Saygılı G, Capar I (2015). Evaluating root canal configuration of mandibular incisors with cone-beam computed tomography in a Turkish population, *journal of dental sciences*,10, 359-364.
- Asnaashari M , Mojahedi S , Asadi Z , Azari-Marhabi S , Maleki A , (2016).A comparison of the antibacterial activity of the two methods of photodynamic therapy (using diode laser 810 nm and LED lamp630 nm) against *Enterococcus faecalis* in extracted human anterior teeth, *Elsevier*, 13, 233-237.
- Aurealuz Morales-Guevara (2017) Penetración Dentinaria in vitro del Hipoclorito de Sodio a Diferentes Concentraciones con las Técnicas de Irrigación Convencional y Ultrasónica Pasiva, *Int. J. Odontostomat*, 3, 3045-309.

Azim A, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu J, Huang G (2016) Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis, *J Endod*, 6, 1-13.

Bago I, Anic I (2014) The Use of lasers in disinfection and cleaning of root Canals: a review, *acta stomatol croat*, 1, 1-6.

Bansal R, Hegde S, Astekar M (2018). Clasification of root Canal configurations: A Review and a New Proposal of Nomenclature System for Root Canal Configuration, *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 12, 1-5.

Basrani B, (2015), *Update of Endodontic Irrigation solutions*, Toronto Canadá, Springer International Publishing Switzerland.

Briceño Castellanos JF, Gaviria Beitia DA, Carranza Rodríguez YA (2016). Láser en odontología: fundamentos físicos y Biológicos. *Universitas Odontológica*, 35, 1-10.

Canalda C, Brau E. Endodoncia. Técnicas científicas y bases científicas. Tercera edición. Barcelona: *Elsevir Masson*, 2014.

Castillo M, Diez M, (2016). Terapia Fotodinámica en el tratamiento endodóntico. Revisión sistemática, *unicieo*,54-65.

Cieplik1 F, Pummer A, Leibl1 C, Regensburger J, Schmalz G, Buchalla1W, Hiller A, Maisch T, (2016). Photodynamic Inactivation of Root Canal Bacteria by Light Activation through Human Dental Hard and Simulated Surrounding Tissue, *frontiers in microbiology*, 7,1-8.

Chávez de Paz L (2018). Aetiology of Persistent Endodontic Infections in Root-Filled Teeth. In Apical Periodontitis in Root-Filled Teeth, Toronto Canada. Springer.

Diogo P, Fernandes C, Caramelo F, Mota M, Miranda I, Faustino M, Neves M, Uliana M, Oliveira K, Santos J and Goncalves T (2017) Antimicrobial photodynamic therapy against endodontic *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Mono and mixed biofilms in the presence of photosensitizers: a comparative study with classical endodontic irrigants, *frontiers in microbiology*, 8,1-15.

Estrella C, Silva J, Alencar A, Leles C, Decurcio D (2006) Efficacy of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *enterococcus faecalis* a systematic review, *journal of applied oral science*, 16, 364-368.

Franzen R, Gutknecht N, Falken S, Heussen N, Meister J (2011) Bactericidal effect of a Nd: YAG laser on *Enterococcus faecalis* at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1.000 μm , *laser med sci*, 26,95-101.

Generali L, Campolongo E, Consolo U, Bertoldi C, Giardino L, Cavani F (2018) Sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after manual dynamic agitation and ultrasonic activation: a histochemical evaluation, *The Society of The Nippon Dental University*, 106, 454–459.

Ghorbanzadeh A, Aminsobhani M, Sohrabi K, Chiniforush N, Ghafari S, Shamshiri A, Noroozi N (2016). Penetration Depth of Sodium Hypochlorite in Dentinal Tubules after Conventional Irrigation, Passive Ultrasonic Agitation and Nd:YAG Laser Activated Irrigation, *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 7, 105-111

Hargreaves K, Cohen S. Cohen (2014) *Vías de la Pulpa; Décima Edición* Barcelona, *Elsevier Masson*.

Harpreet Singh (2016). Microbiology of Endodontic Infections, *journal of dental and oral health*, 2, 1-4.

Hoedke D., Enseleit C., Gruner D., Dommisch H., Schlafer S., Dige I. & Bitter K. (2018). Effect of photodynamic therapy in combination with various irrigation protocols on an endodontic multispecies biofilm ex vivo, *international endodontic journal*, 51, 23-34.

Kazem A, Khosrow S, Kaveh I, Nasim Ch, (2013) In vitro comparison of the antibacterial effect of three intracanal irrigants and diode laser on root canals infected with *Enterococcus faecalis*, *iranian journal of microbiology*, 6, 26-30.

Khosrow S, Aidin S, Kaveh Z, Mohammad J, Farzaneh A, (2015) Antibacterial Activity of Diode Laser and Sodium Hypochlorite in *Enterococcus Faecalis*-Contaminated Root Canals, *iranian journal of microbiology* ,11, 8-12.

Lagori G, Fornaini C, Rocca J, Merigo E, (2017) Use of photo-Fenton's reaction by 400-nm LED light for endodontic disinfection: A preliminary in vitro study on *Enterococcus faecalis*, *Elseiver*, 171, 85-89.

Liu T, Huang Z, Ju Y, Tang X (2018) Bactericidal efficacy of three parameters of Nd: YAP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation, *Lasers in medical science*, 3, 1-5.

Maryam J, Farnaz J, Mohammad S, Farzaneh L, Allar N, Negin G, Tannaz S (2017) Evaluation of Antibacterial Efficacy of Photodynamic Therapy vs. 2.5% NaOCl against *E. faecalis*-infected Root Canals Using Real-time PCR Technique, *journal of clinical and experimental dentistry*, 4, E539-544.

Metzger Z, Abramovitz I, Bergenholtz G, (2010), *Textbook of endodontology second edition*, USA, Wiley- Blackwell.

Mohammad A , Mostafa G , Saranaz A , Fahimeh S ,Maryam B (2016). Comparison of the Antibacterial Effect of 810 nm Diode Laser and Photodynamic Therapy in Reducing the Microbial Flora of Root Canal in Endodontic Retreatment in Patients With Periradicular Lesions, *journal of clinical and experimental dentistry*,7, 99- 104.

Mohammad Asnaashari, Nassimeh Safavi (2013) Disinfection of Contaminated Canals by Different Laser Wavelengths, while Performing Root Canal Therapy, *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 4, 8-16.

Mohammad A, Niloufar K, Mohammad M, Saranaz A, Hedieh A (2020) Comparison of Antibacterial Effects of Photodynamic Therapy and an Irrigation Activation System on Root Canals Infected With *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study, *journal of laseres in medical sciences*, 3,243-248.

Mohammad F, Negin G, Mohammashosien S, Mahsa A, Yousefreza G (2016) Antimicrobial efficacy of different concentration of sodium hypochlorite on the biofilm of *Enterococcus faecalis* at different stages of development, *journal of clinical and experimental dentistry*, 8, E1-E4.

Mohammadi Z, Abbott P, Shalavi S, Yazdizadeh M. (2017) Postoperative Pain following Treatment of Teeth with Irreversible Pulpitis, *N Y State Dent J.*, 83,44-53.

- Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, Sahebalam R, Kinoshita J. (2017). Laser-based Disinfection of the Root Canal System: An Update, *The Journal of Contemporary Dental Practice* 18, 74-77.
- Mohan D, Sunith M, Rajamani I, Darshan D, Abdulaziz A, Ravikumar R, Durgesh B, Santhosh B, Jacob J (2015) Photoactivated disinfection (PAD) of dental root canal system – An ex-vivo study, *saudí journal of biological sciences*, 23, 122-127.
- Namour A, Geerts S, Zeinoun T, Moor R, Nammour S (2016) Safety Irradiation Parameters of Nd:YAP Laser Beam for Endodontic Treatments: An In Vitro Study, *BioMed Research International*, 2016, 1-5.
- Niranjan Ashok Vatkar, Vivek Hegde & Sucheta Sathe (2016) Vitalidad de *Enterococcus faecalis* dentro de los túbulos dentinarios después de cinco métodos de desinfección del conducto radicular, *revista odontológica conservadora* 5, 445-449.
- Olivi G, Olivi M. (2016). Different Lasers Used in Endodontics. In Olivi G. Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications. Switzerland: Springer International Publishing.
- Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Fabbro M, Estrela C (2016) Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin, *Brazilian Dental Journal*, 2, 208-216.

- Payman M, Mohammad A, Armen A, Reza F, Kasra K, Gita E, Bahareh D (2011) Additive effect of a diode laser on the antibacterial activity of 2.5% NaOCl, 2% CHX and MTAD against *Enterococcus faecalis* contaminating root canals: an *in vitro* study, *journal of oral science*, 53, 355-360.
- Patida R, Kumar M, Vinod S (2013). Phenotypic Detection of Virulence Traits and Antibiotic Susceptibility of Endodontic *Enterococcus faecalis* Isolates, *American journal of microbiological research*, 1, 4-9.
- Paradella T, Koga-ito C, Cardoso A (2007). *Enterococcus faecalis*: considerações clínicas e microbiológicas. *Revista de Odontologia da UNESP*, 2, 163-68.
- Pourhajibagher M, Chiniforush N, Shahabi S, Palizvani M, Bahador A (2018) Antibacterial and Antibiofilm Efficacy of Antimicrobial Photodynamic Therapy Against Intracanal *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Comparative Study with Traditional Endodontic Irrigation Solutions, *journal of dentistry*, 5, 11-15.
- Plotino G , Grande N, Mercade M,(2018). Photodynamic therapy in endodontics, *scielo*, 11, 1-15.
- Pupo M, Diaz Caballero A, Castellanos P, Simancas V, (2014). Eliminación del *Enterococcus faecalis* por medio del uso de hipoclorito de sodio, clorhexidina y MTAD en conductos radiculares, *avances en estomatología*, 30, 263-270.

Ramírez T (2016). Endodontic Biofilm: Quo Vadis, *Odovtos international journal of dental sciences*, 3, 11-16.

Rechenberg D, Galicia J, Peters O (2016). Biological Markers for Pulpal Inflammation: A Systematic Review, *journal pone*, 1, 1-24.

Rodriguez C, Oporto G (2015). Clinical implications of *Enterococcus faecalis* microbialcontamination in root canals of devitalized teeth: Literature review, *revista odontologica Mexicana*, 19, 177-182.

Salah R, Dar-Odeh N, Abu O, Shehabi AA (2008). Prevalence of putative virulence factors and antimicrobial susceptibility of *Enterococcus faecalis* isolates from patients with dental Diseases, *BMC Oral Health*, 1, 8-17.

Shen Y, (2015), *Research on Irrigation: Methods and Models*, Toronto Canada, Springer.

Silva EJNL, Coutinho-Filho WP, Andrade AO, Herrera DR, Hirata-Junior R, Coutinho-Filho TS, Krebs RL (2011) Efecto antimicrobiano de la terapia fotodinámica sobre *Enterococcus faecalis*, estudio in vitro, *revista estomatológica herediana*, 4, 185-189.

Silva E, Coutinho-filho W, Andrade A, Herrera D, Coutinho-filho T, Krebs R (2014) Evaluation of photodynamic therapy using a diode laser and different photosensitizers against *Enterococcus faecalis*, *acta odontol. Latinoamerica*, 27, 63-65

- Snehal S. S, Shishir S, Rajesh P, Gaurav K, Ruchet P (2018). An in vivo comparison of the antibacterial efficacy of photoactivated disinfection, diode laser, and 5% sodium hypochlorite in root canal disinfection, *journal of conservative dentistry*, 21, 205-209.
- Soligo L, Gabrielli E, Palhano H, Farina A, Souza M, Cecchin D, (2017). Assessment of antimicrobial activity of sodium hypochlorite, calcium hypochlorite and grape seed extract against *Enterococcus faecalis*, *puers*, 3, 136-139.
- Sonarkar S, Singh S, Podar R, Kulkarni G, Purba R (2018) An in vivo comparison of the antibacterial efficacy of photoactivated disinfection, diode laser, and 5% sodium hypochlorite in root canal disinfection, *Journal of Conservative Dentistry*, 21, 205-209.
- Souza m, Steier L, Fedele G, Junior V, Oliveira S, Poli de Figueiredo J, (2016). Effectiveness of photodynamic therapy and sodium hypochlorite on root canal system infected with *Enterococcus faecalis* – an *in vitro* study, *revista odonto ciencia*, 3, 114-119.
- Subramani S, Anjana G, Raghavan I, Manoharan V, Joy A (2019) Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Penetration Depth of Various Irrigants into the Dentinal Tubules with and without Lasers: A Stereomicroscopic Study, *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 12, 273-279.

Sun J, Song X, Kristiansen BE, Kjaereng A, Willems RJ, Eriksen HM, Sundsfjord A, Sollid JE (2009). Occurrence, population structure, and antimicrobial resistance of enterococci in marginal and apical periodontitis. *J Clin Microbiol*, 7, 18-25.

Syngkuk K, (2018), *Microsurgery In Endodontic*, USA, John Wiley & Sons, Inc.

Tennert C., Feldmann K., Haamann E., Al-Ahmad A., Follo M., Wrbas K., Hellwig E. and Altenburger M. (2014). Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections, *BMC Oral Health*, 14, 1-8.

Ting L, Zhiqiang H, Yanyun J, Xuna T (2018). Bactericidal efficacy of three parameters of Nd:YAP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation, *springer link*, 1, 1-8.

Tobon, D, (s.f), *Fundamentos de odontología manual básico de endodoncia*, Medellín Colombia, corporación para investigaciones biológicas.

van der Sluis LWM, Verhaagen B, Macedo R, Versluis M, (2016), *The Role of Irrigation in Endodontics*. In Olivi G. *Lasers in Endodontic: Scientific Background and Clinical Applications*. Switzerland, Toronto Canada, Springer.

Vaid, D., Shah, N. And Bilgi, P. (2017). Additive efecto of photoactivated disinfection on the antibacterial activity of QMis 2 in1 against 6-week *Enterococcus faecalis* biofilms: An *in vitro* study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 20, 41-45.

Yildirim C, Karaarslan E, Ozsevik S, Zer Y, Sari T, Usumenz A (2013). Antimicrobial efficiency of photodynamic therapy with different irradiation durations, *European journal of dentistry*, 7, 469-73.

Yilmaz A, Yalcin T, Helvacioğlu-Yigit D (2020) Effectiveness of Various Final Irrigation Techniques on Sealer Penetration in Curved Roots: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study, *BioMed Research International*, 20, 1-7.

Zambrano S, Salcedo D, Petkova M, Ventocilla M (2016). Biofilm en Endodoncia: una revisión, *revista científica odontología sanmarquina*, 2, 45-49.

Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M (2010) Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin, *American Association of Endodontists JOE*, 36, 793-796.