



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EL USO DEL RAYO LÁSER COMO COADYUVANTE
PARA LA DESINFECCIÓN EN EL TRATAMIENTO DE
CONDUCTOS. (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA).**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

DIANA LAURA ENSASTEGUI MONDRAGÓN

TUTOR: Esp. GUSTAVO FRANCISCO ARGÜELLO REGALADO

MÉXICO, Cd. Mx.

2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS

Agradecida principalmente e infinitamente con Dios porque hasta el día de hoy no me ha dejado pelear sola en la batalla, me ha dado la salud, las fuerzas y la sabiduría para iniciar y concluir cada meta que sabe que en mi corazón es deseada, principalmente por permitirme realizar mi proyecto de titulación que pone fin a mi licenciatura, una etapa importante para mi familia, para todas las personas que me han acompañado en toda mi trayectoria y para mí. Con esto concluyo que se abrirán más puertas para mi éxito personal y profesional encomendándome a él.

*Mi amor y agradecimiento infinito a mis Padres **J. Martín Ensasteguí M.** y **M. Rocío Mondragón L.** Ya no están físicamente conmigo, pero en mi memoria y mi corazón viven 24/7, estoy y estaré eternamente agradecida toda mi vida porque fueron de principio a fin mis pilares en este plano terrenal, hasta su último latido y suspiro. Hicimos un trato y se cumplió, ¡hasta el final! Gracias infinitas por haberme dado en vida todo lo vital y las armas necesarias para irme convirtiendo en una mujer resiliente. Sé que partieron con el orgullo y la seguridad de que concluiría este proyecto que iniciamos los 3 pese a todo, ¡Y heme aquí!, honrando su nombre y memoria, agradeciéndole a Dios por haberme puesto a excelentes padres como motor, inspiración y motivación. Infinitas gracias por estar siempre, siempre y hasta el último segundo para mis hermanas y para mí. Cada logro y cada éxito es y será para y por ustedes ¡Los amo con amor eterno y los extraño muchísimo hasta donde quiera que estén! Los veo en la próxima vida, mis guapos.*

A mis hermanas: mi “Lolo” y “Yaya”, Lorena y Janet, gracias infinitas por estar aquí trabajando en equipo, llevando a cabo los consejos, enseñanzas y valores de mamá y papá. No ha sido fácil para ninguna, pero el que no me falten ¡me da vida!, son un gran ejemplo de inspiración para mí, gracias a cada una por lo que me han brindado desde el fondo de su corazón, enseñado, aconsejado, regañado, orientado y motivado. Gracias por compartir esta vida

con risas, lágrimas, triunfos y éxitos. ¡Las amo con mi vida!, este logro y más también es por y para ustedes.

Enamorada y agradecida eternamente con mi primer y último amor: **Mauricio Muñoz**, gracias infinitas por estar aquí desde hace 23 años, le has dado todavía más luz a mi vida, gracias por decidir amarme, quedarte y acompañarme con **l@s peludos** y formar una mini familia, me dan vida tenerlos conmigo. Alex, Gracias por cada acción, siempre estás tú y quiero que sigas estando tú. Gracias por dejarme estar para ti y tu hermosa familia. Eres mi persona y mi mejor equipo, agradecida contigo y tu fam por compartir este logro y muchos más que se vienen contigo, vamos por más triunfos tomados de las manos ¡Te amo con locura!

A mi familia en general, a **l@s Ensasteguí** y a **l@s Mondragón** que estuvieron presentes en todo este proceso, gracias a cada uno por confiar en mí antes, durante y después, dentro y fuera de la facultad; y ser testigos de mi crecimiento y evolución como mujer y profesionalista ¡Los quiero mucho! Si me lo siguen permitiendo, seguiré estando para ustedes, familia.

A mis amigos, que más que amigos, tenemos un lazo increíble de hermanos putativos: **Alexis López (familia López Muñoz)**, **Alejandra Cázares**, **Alma Corte**, agradecida eternamente con ustedes por tener una amistad increíble y a sus familias, gracias de corazón por ser parte de mi familia adoptiva, por ser esa fortaleza y motivación para continuar con mis proyectos, por no dejarme tirar la toalla y estar siempre en las buenas, malas y peores ¡Los quiero con mi vida, no me falten nunca!

A mis mimas **Geraldine Flores** y **Pamela Carrillo**, orgullosa de ustedes y agradecida infinitamente porque sin ustedes la Facultad no hubiera tenido sentido, agradezco tanto por encontrarlas en mi camino y poder crecer juntas, apoyándonos, no dejarnos caer y compartiendo muchas locuras dentro y fuera de la universidad, las quiero demasiado y las quiero para siempre en mi vida, Colegas.

A las doctoras: **Anali** y **Yazmín Campos**, por sus enseñanzas desde el primer día, por confiar en mí y sobre todo por apoyarme en este proceso. Gracias infinitas por abrirme las puertas y poder contar

con ustedes, sin lugar a duda espero tener la oportunidad de seguir aprendiendo de ustedes, mi más profundo respeto y admiración por ustedes.

*A mis maestros, **Esp. Gustavo Francisco Argüello Regalado**, que ha sido mi guía y mentor en mi formación académica, gracias por saber transmitirme la pasión por el área de la Endodoncia desde 3er año de licenciatura. Sobre todo, por contar con usted para realizar este trabajo, gracias infinitas por su tiempo, confianza y tolerancia al guiarme, enseñarme, y por permitirme formar parte de su equipo de trabajo CEO. Y a **CD. Gabriela Iliana Quiñones Garibay**, quien me salvó en segundo año y me motivó a no abandonar la carrera, de corazón gracias por preocuparse por mi salud mental, académica y física, gracias por estar ahí cuanto sentía que todo estaba perdido en la universidad, sobre todo por darme la oportunidad y abrirme las puertas en la clínica CEO. Mi más profundo respeto y admiración para ambos.*

A todos con los que tuve la gran oportunidad de tener como paciente para atenderlos en la facultad, gracias por confiar su salud y sonrisa en mis manos; y hacer de este sueño realidad.

*Mi alma mater **UNAM**, profundamente agradecida, bendecida y orgullosa de pertenecer a esta máxima casa de estudios desde el bachillerato en el 2013 en la **ENP 1 Gabino Barreda**, agradecida por todo lo que nos ofrece desde el primer día y por todo lo vivido y experimentado en estos 10 años de trayectoria académica en cada uno de sus espacios abiertos para sus alumnos, no ha sido fácil, pero ¡Qué bien se siente ser puma de sangre azul y piel dorada!*

¡Te espero nuevamente con ansias para la especialidad y maestría!

¡POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU!

ÍNDICE	
I. INTRODUCCIÓN	1
1. FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES	3
1.1 Objetivos básicos.....	3
1.2 Objetivos biológicos.....	4
1.3 Objetivos técnicos.....	4
1.4 Objetivos mecánicos.....	4
2. ETIOLOGÍA DE ENFERMEDAD PULPAR Y PERIAPICAL	5
2.1 Agentes físicos.....	5
2.2 Agentes químicos.....	6
2.3 Agentes bacterianos.....	6
2.4 Microbiota en el sistema radicular.....	6
2.5 Vías de invasión bacteriana.....	7
3. CLASIFICACIÓN CLÍNICA DE LAS ENFERMEDADES PULPARES Y PERIAPICALES	10
3.1 Enfermedad pulpar.....	10
3.1.1 Pulpa sana.....	10
3.1.2 Pulpitis.....	10
3.1.3 Necrosis pulpar.....	12
3.1.4 Tratamiento realizado- iniciado previamente.....	13
3.2 Enfermedad apical (periapical).....	14
3.2.1 Tejidos apicales normales.....	14
3.2.2 Periodontitis.....	14
3.2.3 Absceso apical agudo.....	15
3.2.4 Absceso apical crónico.....	17
4. IRRIGANTES PARA DEISNFECTAR EL ESPACIO PULPAR	18
4.1 Propiedades del irrigante ideal en el tratamiento de conductos..	19
4.2 Agentes desinfectantes usados en endodoncia.....	20
4.3 Soluciones quelantes.....	21
4.4 Peróxido de hidrógeno.....	22
4.5 Clorhexidina.....	22
4.6 Hipoclorito de sodio.....	24
5. RAYO LÁSER	27
5.1 Historia del láser.....	27
5.2 Propiedades de la luz láser.....	28

5.3	Características generales	29
5.4	Conformación del láser y mecanismo de acción.....	32
5.5	Aplicaciones generales y médicas.....	35
5.6	Aplicaciones en Odontología y Endodoncia.....	35
6.	PRINCIPALES TIPOS DE RAYO LÁSER EN ENDODONCIA	37
6.1	Clasificación de los rayos láser.....	37
6.2	Er: YAG	38
6.3	Er, Cr: YSGG	39
6.4	Nd: YAG	40
6.5	Diodo	41
7.	PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU UTILIDAD EN ENDODONCIA	42
7.1	Seguridad relacionada con el uso de láseres en endodoncia.....	42
7.2	Efecto de la temperatura de los láseres en los tejidos periodontales	42
7.3	Analgesia inducida por láser.....	42
7.4	Dosimetría	42
7.5	Ventajas, desventajas y contraindicaciones	42
8.	EL RAYO LÁSER Y SU EFECTO BACTERICIDA EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	42
8.1	Preparación del acceso y conducto radicular asistida por láser .	43
8.2	Limpieza y desinfección de los conductos radiculares en combinación con irrigadores y láseres	44
8.2.1	Cavitación inducida por láser	45
8.2.2	Técnica LAI (Irrigación Activada por Láser).....	46
8.2.3	Desinfección fotodinámica (PAD).....	47
8.2.4	Desinfección fototérmica	50
8.3	Protocolo de desinfección y efecto bactericida del rayo láser.....	51
II.	CONCLUSIONES	52
III.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

I. INTRODUCCIÓN

El establecimiento y la propagación de un proceso infeccioso dental sigue siendo muy habitual, al igual que, los pacientes requieran atención dental por dolor local o generalizado, la mayoría de la población se trata por una afectación total o parcial de la pulpa dental, principalmente por la invasión de bacterias al interior de los conductos radiculares y/o en la periferia del diente, incluso ya tratado endodóncicamente.

En el área de la Endodoncia, el objetivo primordial y esencial es el eliminar los microorganismos patógenos que habitan dentro y que en la mayoría de las ocasiones también pueden localizarse en la periferia de los tejidos adyacentes del órgano dentario; y lograr la permanencia del diente en la cavidad bucal para que siga cumpliendo su función el mayor tiempo posible. Esto se logra exitosamente mediante la limpieza, desinfección y conformación del sistema de conductos radiculares, para que finalmente se consiga llevar a cabo una obturación hermética y tridimensional.

La presente tesina es un trabajo de investigación enfocada a una revisión bibliográfica acerca del uso del rayo láser como antimicrobiano, y a su vez, también como coadyuvante contra la microbiota que habita principalmente en el sistema radicular.

Se han identificado diferentes tipos de microorganismos aparte de las bacterias en relación con infecciones endodóncicas como: hongos, arqueas y virus. Para ello hay que tener en cuenta las altas prevalencias, dominancia, organización y patogenicidad de los microorganismos que pueden estar presentes al momento de desarrollarse una infección pulpar y periapical; y que igual se consideran como microorganismos principales.

Generalmente las especies predominantes pertenecen a los géneros: *Bacteroides*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Fusobacterium*, *Teponema*, *Peptostreptococcus*, *Eubacterium* y *Capilobacter*.²³

La localización y propagación de los microorganismos dentro y fuera de los conductos radiculares se consideran como agentes etiológicos y patógenos, principalmente de los estados de las lesiones periapicales y necrosis pulpar, la capacidad de cada microorganismo de invadir y colonizar túbulos dentinarios y llegar al cemento apical aunado a la diversa compleja morfología y anatomía dental, cavidad pulpar; y especialmente por la disposición del sistema de conductos radiculares en su interior, son una serie de barreras a derrotar y dominar durante el transcurso de la limpieza, desinfección y conformación en el tratamiento de conductos.

El uso del rayo láser como auxiliar en el tratamiento de conductos es y ha sido de gran ayuda en los últimos años en el área de la odontología, y por supuesto en el área de nuestro interés, Endodoncia.

El protocolo de limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares sigue siendo un desafío en el tratamiento endodóncico. Hay que tener en cuenta que nos afrentaremos a una insuficiente penetración de la solución que seleccionaremos como desinfectante hacia los túbulos dentinarios, sin olvidar que estamos trabajando en el interior con una posible anatomía intrincada, lo cual nos expone a indagar nuevos protocolos o materiales que complementen y auxilien el tratamiento de conductos como lo es con la asistencia del rayo láser para lograr una óptima limpieza, desinfección y conformación de los mismos.

Estudios han demostrado que, para conseguir un mayor índice de éxito en el tratamiento endodóncico, el láser se presenta como una opción que puede auxiliar a los métodos ya existentes gracias a su cantidad de radiación y niveles de energía. Al suministrar acceso a zonas irregulares y complicadas de alcanzar, ha suprimido exitosamente la cantidad de microorganismos presentes en las paredes de los conductos radiculares como a *Enterococcus fecalis*.

1. FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES

El tratamiento de conductos radiculares necesita de varios pasos para su correcta ejecución, los cuales han sido definidos como pasos de la triada endodóncica que involucra: la desinfección, ya sea con la presencia o no de una patología periapical de origen pulpar, la conformación y la obturación hermética y tridimensional de los conductos radiculares, con el propósito y objetivo de atender las patologías pulpares y periapicales, fomentar la reparación y eludir la reinfeción del diente y tejidos adyacentes, de modo que los pacientes puedan conservar sus dientes naturales manteniéndolos el mayor tiempo posible en la cavidad oral ejerciendo su función y manteniendo una estética aceptable.^{6, 12}

Como ciencia, la endodoncia se enfoca en el estudio de la estructura, morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares. El tratamiento de conductos radiculares tiene como objetivos principales el curar o el prevenir la periodontitis apical, con un registro de resultados en los últimos años habitualmente buenos, tanto en los casos parcialmente claros y más difíciles, logrando un porcentaje de éxito del 95% en dientes con pulpitis irreversible y del 85% con necrosis pulpar.^{4, 6}

1.1 Objetivos básicos

- ✓ Eliminación de todo tejido duro y blando infectado.
- ✓ Conceder la entrada de soluciones de irrigación con el propósito de desinfectar hasta la región del ápice.
- ✓ Desarrollar espacios para situar medicamentos y por consiguiente la obturación.
- ✓ Preservar la estructura radicular.⁶

1.2 Objetivos biológicos

- ✓ La relación que existe entre la manera en la que se lleva a cabo la preparación de los conductos y la eficacia antimicrobiana radica en la eliminación del tejido pulpar y dentina infectados para alcanzar una desinfección óptima.
- ✓ Creación de espacio para el uso de irrigantes en el sistema radicular.
- ✓ Es posible que al crear o encontrarnos con conductos radiculares amplios y el uso de las agujas más delgadas faciliten una introducción más profunda de la aguja y por ende del irrigante desinfectante, lo cual contribuye a mejorar el desbridamiento de la capa residual y la desinfección de los conductos radiculares. ⁶

1.3 Objetivos técnicos

- ✓ Conseguir una conicidad continua que se adapte a la forma y la curvatura original de un conducto radicular dado.
- ✓ Se han presentado propuestas para mejorar la desinfección con tamaños más grandes, es decir, n.º 50 o más. ⁶

1.4 Objetivos mecánicos

- ✓ Todas las áreas de la superficie radicular deben incluirse en la preparación mecánica.
- ✓ Prevenir los errores en la preparación de los conductos radiculares, como las deformaciones o perforaciones.
- ✓ Mantener la más extensa cantidad de dentina radicular con la finalidad de preservar la resistencia de la estructura radicular y con el objetivo de que se prevengan fracturas. ⁶

2. ETIOLOGÍA DE ENFERMEDAD PULPAR Y PERIAPICAL

El objetivo y principio fundamental de cada profesionalista del área de la salud, es conocer la causa y el desarrollo de la enfermedad para realizar un diagnóstico preciso e implementar un tratamiento efectivo.⁶ (Imagen 1)

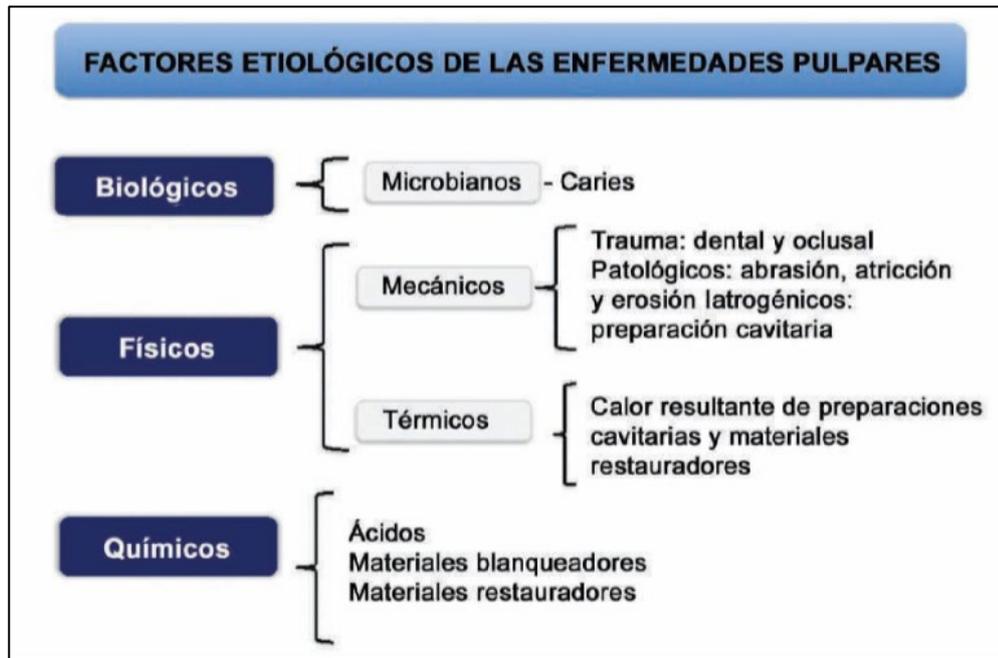


Imagen 1: Factores etiológicos de las enfermedades pulpares.⁸

2.1 Agentes físicos

Algunos ejemplos para mencionar estos agentes son como las lesiones traumáticas que pueden o no acompañarse de fracturas coronarias, este agente es muy común en niños y en pacientes jóvenes. Pueden ser golpes de accidente, pelea, o por algún deporte. Hábitos como el bruxismo o la onicofagia, movimientos demasiado rápidos en tratamiento de ortodoncia o con puntos prematuros de contacto.¹⁹

2.2 Agentes químicos

Actualmente se han estudiado materiales dentales y a su vez el efecto que generan sobre la pulpa dental, esto a su vez desempeña una función crucial en la permeabilidad de la dentina, la cual depende del grosor del piso pulpar en una preparación cavitaria y que puede generar efectos al estar muy cercana a la pulpa. ¹⁹

2.3 Agentes bacterianos

A través por una comunicación hacia la dentina, por medio de una caries o exposición accidental de la pulpa, por microfiltración de restauraciones desajustadas o por torrente sanguíneo, las bacterias y sus productos pueden invadir a colonizar la pulpa dental. La afectación e inflamación pulpar y periapical se puede generar por agentes bacterianos, físicos o químicos, pero con la presencia de bacterias es esencial para que el proceso inflamatorio progrese. ^{4, 19}

2.4 Microbiota en el sistema radicular

Sólo de 50 a 150 especies se identifican en cada individuo de 600 especies totales que están relacionadas con la cavidad bucal. La microbiota, que también puede ser sinónimo de microflora, es el término con el que nos referimos para designar a microorganismos que habitan en cierto nicho. En la cavidad bucal habita una de las concentraciones más elevadas de microorganismos que existen en nuestro organismo. Entre virus, arqueas, hongos y protozoos, las bacterias son los habitantes más predominantes en la cavidad oral. ^{4, 6}

La causa principal de las enfermedades pulpares y periapicales son los microorganismos y sus subproductos metabólicos. Generalmente las especies predominantes pertenecen a los géneros: *Bacteroides*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Fusobacterium*, *Teponema*, *Peptostreptococcus*, *Eubacterium* y *Capilobacter*. Hay 2 grupos de importancia: ^{4, 16, 23}

Baterías Grampositivas: Las bacterias grampositivas anaerobias más frecuentes en las infecciones primarias, aunque también pueden estar presentes en la flora mixta endodóncica.²³

- *Streptococcus: S. anginosus*
- *Pseudiramibacter: P. alactolyticus*
- *Peptostreptococcus: P. anaerobius*
- *Propionibacterium: P. propionicum, P. acnés*
- *Actinomices: A.israelii*
- *Filifactor: F. alocis*
- *Micromonas: M. micros*
- *Olsenella: O. uli.*²³

Bacterias Gramnegativas: Microorganismos más frecuentes en las infecciones primarias asociadas a las diferentes clasificaciones de periodontitis apical, incluyendo los abscesos.²³

- *Prevotella: P. intermedia, P.nigrescens, P. tanneriae*
- *Porphyfomonas: P. gibgivalis, P. endodontalis*
- *Fusobacterium: F. nucleatum*
- *Treponema: T. denticola, T. socranskii*
- *Dialister: D. invisus, D. pneumosintes*
- *Tanerella: T. forsythia.*²³

2.5 Vías de invasión bacteriana

En condiciones normales, el complejo pulpodentinario se encuentra estéril y aislado de la microbiota gracias a la presencia de la dentina, esmalte y cemento suprayacentes. Si la integridad de estas capas naturales se rompe o se pierde parcial o totalmente, la vía más evidente de infección es la exposición total pulpar, ya que también, las bacterias pueden invadir por otras vías de entrada hacia la cavidad pulpar haciendo que la patología se instaure rápidamente o prolongadamente.^{4,6}

Cuando la pulpa está vital y existe una exposición de la dentina, no se reconoce como una ruta significativa para que inicie una infección pulpar, a menos que el grosor disminuya o aumente su permeabilidad de la dentina.^{6, 23} **(Foto 1)**



Foto 1: Los microorganismos presentes en los conductos radiculares son los principales agentes causantes de las enfermedades de periodontitis apical.²³

Por eso, las principales vías de invasión bacteriana son:

- Exposición directa del tejido pulpar dental.
- Los Túbulos dentinarios.
- Enfermedad periodontal.
- Anacoresis o hematógica.^{3, 6, 23}

Exposición directa del tejido pulpar dental: Definitivamente esta es la principal vía de invasión bacteriana. La caries, fracturas, traumatismos, atricción, abrasión, erosión e incluso la realización de tratamientos iatrogénicos, son los principales factores para que exista una exposición directa de la pulpa y los microorganismos accedan rápidamente a ella. Una vez expuesta la pulpa, esta entra en contacto con los microorganismos que se encuentran principalmente en las caries y saliva, mismos microorganismos que residen en la cavidad bucal y la biopelícula presente en la superficie del diente expuesta.^{6, 19, 23}

Los túbulos dentinarios: Constituyen una ruta libre sin obstáculos, donde los microorganismos que miden aproximadamente entre 0,2- 0,7 micrómetros, logren colonizar a la pulpa, dichos túbulos tienen una medida aproximadamente de 0,9 micrómetros en la periferia y de 2,5 micrómetros cerca de la pulpa. Esto se logra cuando la dentina queda descubierta ya sea por lesiones de caries, saliva o placa dentobacteriana, fracturas, filtración de restauraciones, preparación de cavidades, raspado y alisado radicular, resorción radicular, desgaste o abrasión. Dicha vía es más ágil en dientes necróticos en comparación con dientes vitales, por la presencia del contenido tubular y liquido dentinario que pueden interferir en atrasar la afectación de la pulpa. ^{6, 23}

Enfermedad periodontal: En las biopelículas subgingivales asociadas a la enfermedad periodontal, existen microorganismos que pueden alcanzar la pulpa dental utilizando las mismas rutas que los microorganismos presentes en los conductos radiculares para llegar al periodonto. Se produce solamente necrosis pulpar si la bolsa periodontal abarca hasta el foramen apical, una vez necrosada, los microorganismos viajan por los conductos laterales, ramificaciones, agujeros apicales y túbulos dentinarios expuestos para colonizar a los conductos radiculares e iniciar un proceso infeccioso. ^{4, 23}

Anacoresis o hematógica: En esta vía, la sangre o la linfa son el medio de conducción de los microorganismos para acceder a la zona de afectación tisular para crear una infección. Aún no se sabe si este proceso puede representar una vía de invasión bacteriana a la pulpa, pero la anacoresis puede ser el mecanismo que puede tener el fin de explicar el por qué dientes necrosados sin sintomatología pasan a ser dientes infectados y con sintomatología; o la afectación de los conductos radiculares de dientes traumatizados aparentemente intactos de la corona. ^{6, 23}

3. CLASIFICACIÓN CLÍNICA DE LAS ENFERMEDADES PULPARES Y PERIAPICALES

Se han clasificado afectaciones pulpares y periapicales para tener más certeza en el diagnóstico clínico; y así poder formular una serie de opciones terapéuticas, ya que, no hay correlación histológicamente con los hallazgos de manifestaciones y síntomas de cada afectación pulpar y periapical. Es por eso que, dada esta clasificación clínica podemos analizar los signos y síntomas de cada enfermedad pulpar y periapical.^{6, 23}

Las siguientes clasificaciones están basadas en las sugeridas por la American Association of Endodontists 2016.⁶

3.1 Enfermedad pulpar

3.1.1 Pulpa sana

El término ideal, como lo indica García Aranda¹³, es “pulpa clínicamente normal”, o sana, no presenta ni manifiesta signos de patología como caries, reabsorción o exposición pulpar mecánica y síntomas clínicos, responde con normalidad a pruebas pulpares de vitalidad, dichas respuestas a estas pruebas generan síntomas súbitos, leves y transitorios, los cuales duran algunos segundos.^{6, 23}

3.1.2 Pulpitis

En esta categoría denota la inflamación pulpar que puede estar infectada o estéril, se entiende que pulpitis es tanto clínica como histológica, logra manifestarse en forma aguda o crónica, parcial o total, y que, a su vez, se clasifica clínicamente como: Pulpitis reversible o irreversible, y su clasificación histológica se entiende como: Pulpitis aguda, crónica o hiperplásica.^{6, 19}

Pulpitis Reversible:

Produce signos objetivos y subjetivos indicativos de una inflamación pulpar de leve a moderada que puede resolverse eliminando la causa nociva para lograr una recuperación óptima y normal de la pulpa. ^{6, 19, 23}

Esta enfermedad puede deberse a factores como: caries, dentina expuesta, traumatismos, restauraciones nuevas o defectuosas, raspado periodontal profundo, erosión cervical o atricción oclusal. ^{6, 23}

- Síntomas: La pulpitis reversible suele ser asintomática, sin embargo, cuando es sintomática se caracteriza por manifestar principalmente dolor agudo que dura segundos, provocado principalmente por ingerir líquidos fríos o calientes y aire frío; una vez retirados estos estímulos, el dolor cesa. ^{19, 23}
- Tratamiento: Principalmente es eliminar o retirar los factores que ocasionan los síntomas, así mismo, una vez que los síntomas hayan desaparecido, se prosigue por sellar y aislar a la dentina o pulpa expuesta con un desensibilizante o protector pulpar indirecto; si aun con esos principales tratamientos el dolor no desaparece y aumenta, debe ser considerada como una pulpitis irreversible y/o necrosis pulpar. ^{19, 23}

Pulpitis irreversible:

Esta clasificación se debe cuando el estado de inflamación pulpar evoluciona a una inflamación grave y persistente que no fue tratada, este proceso inflamatorio manifiesta síntomas objetivos y subjetivos, no desaparece, aunque se eliminen las causas nocivas, en esta fase suele ser necesario realizar un tratamiento de conductos para eliminar todo tejido inflamado y/o enfermo, ya que, el tejido pulpar no puede recuperarse por sí solo y se va necrosando lenta o rápidamente. ^{6, 19, 23}

Clínicamente puede ser sintomática donde hay dolor espontáneo e intermitente, o asintomática donde el paciente simplemente no manifiesta signos y síntomas clínicos. ^{6, 19, 23}

- Síntomas: Suele ser asintomática, aunque hay pacientes que pueden manifestar episodios de dolor intenso, sordo, localizado o difuso sin causa aparente, que puede durar desde algunos minutos hasta varias horas intermitentes pese a que los factores se hayan eliminado. El dolor en una fase más avanzada suele ser más severo, persistente, palpitante. ^{19, 23}
- Tratamiento: Se realiza tratamiento de conductos (Biopulpectomía) eliminando completamente el tejido pulpar o la extracción del diente que presente los signos y síntomas de la pulpitis irreversible. ^{19, 23}

3.1.3 Necrosis pulpar

En esta categoría se le llama necrosis pulpar a la muerte o ausencia de vitalidad del tejido pulpar que puede ser parcial o total, consecuencia de la pulpitis irreversible no tratada, por algún traumatismo directo o irritación química. No suele haber signos y síntomas, pero las bacterias pueden invadir el conducto radicular y extenderse hacia la zona perirradicular del diente y éste no podrá responder ninguna prueba de vitalidad pulpar. ^{6, 19}

(Imagen 2)

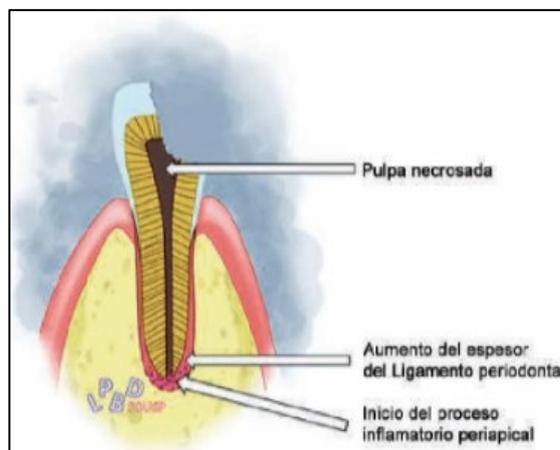


Imagen 2: Necrosis pulpar donde la pulpa está necrosada con contenido que inicia las alteraciones en la parte apical del diente. ⁸

La necrosis se puede subclasificar en: coagulación y licuefacción. ¹⁹

- Síntomas: No suele haber síntomas, aunque pueden existir episodios de dolor y molestias cuando hay una necrosis parcial en dientes multirradiculares y que todavía pueden estar presentes fibras nerviosas vitales. La pigmentación del diente es la primera indicación que nos hace confirmar la necrosis del tejido pulpar. Comúnmente no existe respuesta ante la metodología del diagnóstico (aplicación de estímulos fríos, calor o eléctricos). ^{13, 19, 23}
- Tratamiento: Se deberá de realizar el tratamiento de conductos como lo indica García Aranda ¹³ "Necropulpectomía", o la extracción de los dientes que tengan como diagnóstico cualquier tipo de necrosis pulpar. ²³

3.1.4 Tratamiento realizado- iniciado previamente

En esta clasificación, el tratamiento realizado nos manifiesta que el diente ha sido tratado con una endodoncia, el cual puede estar obturado con materiales distintos, los dientes que puedan estar clasificados en esta parte pueden presentar o no signos y síntomas debido a que, en la mayoría de las instancias, ya no existe tejido pulpar, ya sea vital o necrótico, que responda a la metodología de diagnóstico. Como tratamiento se selecciona el retratamiento de conductos o tratamiento quirúrgico para seguirlo conservando o finalmente la extracción. ⁶

En el tratamiento iniciado nos indica que el diente fue tratado parcialmente con el tratamiento de conductos por una urgencia de trauma, pulpitis irreversible, apexificación o apexogénesis. Puede haber síntomas o no, sin embargo, aplicar la metodología del diagnóstico pulpar no es exacto, dado que la pulpa ha sido retirada de manera parcial o totalmente. Como tratamiento se puede optar por completar el tratamiento endodóncico, cirugía endodóncica o extracción del mismo. ^{6, 23}

3.2 Enfermedad apical (periapical)

3.2.1 Tejidos apicales normales

En esta clasificación el paciente no presenta síntomas, pues el diente responde normal a las pruebas de percusión y palpación, ya que, los tejidos perirradiculares pueden sufrir cambios patológicos. Desde el punto de vista radiográfico, la zona del ligamento periodontal y la lámina dura se observan intactos. ^{6, 19, 23}

3.2.2 Periodontitis

Se refiere a la inflamación del periodonto, pero cuando se localiza en los tejidos periapicales se le llama periodontitis apical porque se localiza en el ligamento periodontal, la cual se puede subdividir en periodontitis apical sintomática y asintomática; o dependiendo de la duración también se puede clasificar como aguda o crónica. ^{6, 19}

Periodontitis apical sintomática (PAS): También definida como aguda, es una inflamación general del periodonto, localizada en la parte apical del ligamento periodontal de origen pulpar, caracterizada por manifestar un proceso doloroso y multifactorial principalmente al morder o a la percusión, comúnmente se presenta en dientes que han sido o están siendo tratados endodóncicamente. ^{6, 13} **(Imagen 3)**

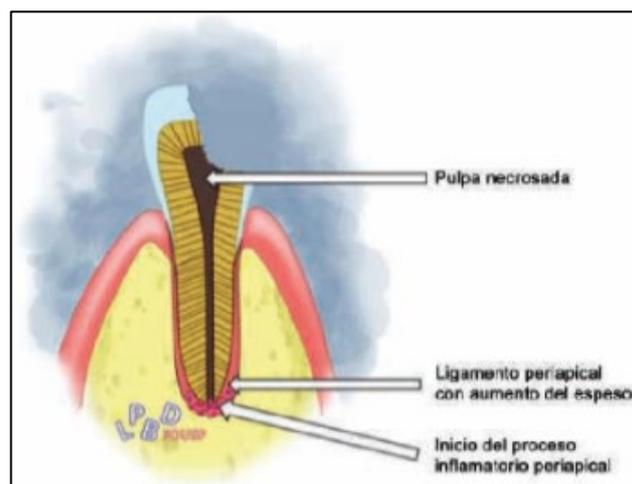


Imagen 3: Periodontitis apical aguda la cual es producto de necrosis pulpar que genera inflamación y aumento de volumen del ligamento periodontal. ⁸

- Síntomas: Dolor moderado o intenso, sensibilidad a la masticación, percusión, palpación periapical y sensación de pulsación al ocluir con el diente antagonista. Dichos síntomas podrían o no estar asociados radiográficamente a una zona radiotransparente apical y a un espacio ensanchado del ligamento periodontal de alguna o todas las raíces. Se observa respuesta positiva a la metodología de diagnóstico pulpar si los síntomas provienen de una pulpitis, si es por una necrosis no hay respuesta. ^{13, 23}
- Tratamiento: Eliminar todos los factores que generan el dolor, si es consecuencia de necrosis se realiza Necropulpectomía, si es por un tratamiento de conductos en proceso se efectúa nuevamente la limpieza y desinfección con técnica corono-apical. ¹³

Periodontitis apical asintomática (PAA): También clasificada como crónica, se describe como una inflamación y deterioro del tejido que rodea al diente originado por la necrosis de la pulpa que no genera ningún síntoma. ^{6, 13, 23}

- Síntomas: Un diente con PAA no muestra respuesta a los exámenes de vitalidad de la pulpa y de la zona periapical, aunque hay pacientes que manifiestan percibirlo “diferente” en la percusión vertical y horizontal, generando un dolor mínimo o nulo, radiográficamente muestra en la zona apical un área radiotransparente o la destrucción muy extensa de los tejidos interradiculares y periapicales. ^{6, 23}
- Tratamiento: Esta enfermedad desaparece tras la eliminación de la pulpa necrótica a través de la realización de la necropulpectomía y el sellado hermético de los conductos radiculares. ²³

3.2.3 Absceso apical agudo

Esta clasificación, el AAA se distingue por ser una lesión por licuefacción localizada, es una respuesta inflamatoria ante la infección causada por

una necrosis pulpar que presenta un inicio veloz que destruye los tejidos perirradiculares. ^{6, 23} **(Imagen 4)**

- Síntomas: Comienza muy rápido generando sensibilidad y dolor espontáneo y/o intenso al morder, a la palpación y percusión, formación de pus y tumefacción de los tejidos asociados. Las pruebas de vitalidad pulpar eléctrica y térmica no generan ninguna respuesta, ya que, la pulpa está necrótica; pero si diferentes grados de movilidad. Radiográficamente se percibirá un ensanchamiento del ligamento periodontal y a la vez una zona radiotransparente perirradicular. El paciente puede presentar intraoralmente una tumefacción, fiebre y ganglios linfáticos sensibles. ^{6, 23}
- Tratamiento: Comúnmente eliminando la causa, liberando presión drenando si es necesario y realizar el tratamiento de conductos. ²³

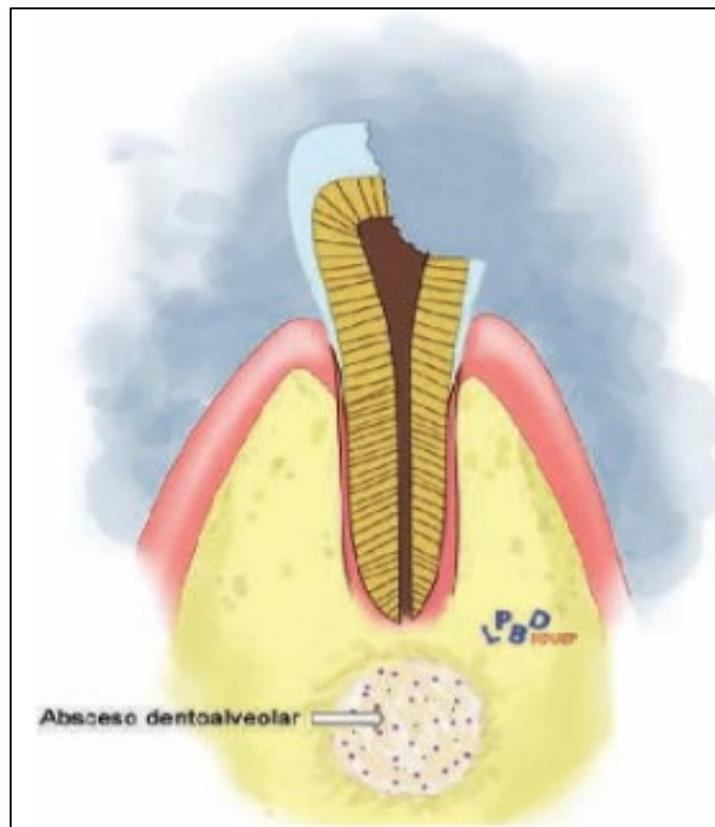


Imagen 4: Absceso dentoalveolar agudo con contenido leucocitos degenerados, neutrófilos, linfocitos y células fagocíticas. ⁸

3.2.4 Absceso apical crónico

Se caracteriza el AAC por ser una reacción inflamatoria asintomática de origen pulpar que produce pus intermitente y que drena hacia un conducto sinusal o cutánea. ^{6, 23} **(Foto 2)**

- Síntomas: Normalmente no existen síntomas clínicos ni respuestas a las pruebas de vitalidad pulpar eléctrica y térmica, si existe el cierre parcial o total de la vía de drenaje, podrá generar dolor a la percusión vertical y horizontal. El paciente lo nota "diferente". Radiográficamente se observará una zona radiotransparente en apical. ^{6, 23}
- Tratamiento: Al ser presentada como una infección primaria por los conductos necrosados se realizará una Necropulpectomía, tomando en cuenta la necesidad de colocar medicación intraconductos con Ca(OH)_2 , si se manifiesta después del tratamiento endodóncico, lo ideal es realizar retratamiento de conductos. En ambos casos es necesario tener un control y monitoreo del paciente a distancia porque si no cede la lesión se opta por la cirugía periapical. ¹³



Foto 2: Absceso dentoalveolar crónico donde la fístula es característica en la zona apical. ⁸

4. IRRIGANTES PARA DEISNFECTAR EL ESPACIO PULPAR

La preparación quimiomecánica sea cual sea la técnica empleada, debe de complementarse con soluciones de irrigación desinfectantes activas, el trabajo biomecánico para limpiar y desinfectar diversos conductos incluidos los laterales, accesorios y especialmente los recurrentes en la región periapical, es una tarea asignada a la irrigación. “Irrigación” se define y se entiende como la limpieza de una zona del cuerpo abierta mediante el uso de agua o una solución medicada, a su vez, “aspiración” es definida como la succión de gases o líquidos para su eliminación de algún cuerpo. ^{4, 6}

El éxito de la terapia endodóncica radica en la eliminación de microorganismos y en el tipo de sustancia química que ejerzan su papel de desinfectantes en el sistema de conductos radiculares. ⁸

La irrigación tiene como objetivos básicos, químicos y mecánicos:

1. Arrastrar residuos.
2. Disolver tejido orgánico e inorgánico.
3. Lubricar los conductos.
4. Evitar la formación de barro dentinario (*smear layer*).
5. Romper y despegar las biopelículas. ⁶

Y como objetivos biológicos se comprenden los siguientes:

1. Efecto antimicrobiano frente a microorganismos anaerobios y facultativos.
2. Inactivar las endotoxinas.
3. No ser tóxicos en tejidos vitales.
4. Evitar reacciones anafilácticas. ⁶

La dinámica de la irrigación o también llamada como la “Hermodinámica” nos hace entender la dinámica de los fluidos y el cómo las sustancias

químicas desinfectantes por medio de la irrigación fluyen, penetran y reaccionan ante las paredes de los conductos radiculares con el fin de que se pueda conseguir una desinfección exitosa. ⁶

El éxito de la irrigación depende de algunos factores que el operador puede controlar, Cohen menciona las siguientes:

- ✓ *“Profundidad de penetración de la aguja.*
- ✓ *Diámetro del conducto radicular.*
- ✓ *Diámetro interno y externo de la aguja.*
- ✓ *Presión de irrigación.*
- ✓ *Viscosidad del irrigante.*
- ✓ *Velocidad en la punta de la aguja del irrigante.*
- ✓ *Tipo y orientación de la punta de la aguja”.* (6, p. 271)

4.1 Propiedades del irrigante ideal en el tratamiento de conductos

El éxito de la terapia endodóncica reside en el proceso de eliminar microorganismos patógenos en los conductos radiculares que eviten la reincidencia de proliferación bacteriana mediante un irrigante ideal. El irrigante óptimo tendrá características ideales y beneficiosas que se consideran en endodoncia como se mencionarán a continuación: ^{6, 8}

- Desinfectante eficaz.
- Evitar irritación en los tejidos periapicales.
- Tensión superficial baja.
- Cómodo de aplicar.
- Relativamente económico.
- Estable cuando está en forma de solución.
- Evitar generar manchas en los dientes.
- Acción antimicrobiana de larga duración.
- Poder inactivarse en un medio de cultivo.

- Mantener su actividad en presencia de sangre, suero y productos derivados de proteínas.
- No obstaculizar el proceso de reparación de los tejidos periapicales.
- Capacidad de eliminar por completo la capa residual y desinfectar la dentina radicular y sus túbulos.
- Sin propiedades antigénicas, tóxicas ni ser cancerígeno para las células tisulares circundantes al diente.
- Evitar efectos negativos ante la capacidad de sellado de los materiales para obturar.
- Prevenir consecuencias negativas en las características físicas de la dentina expuesta. ⁶

Aún no existe una sustancia irrigadora ideal, por lo que para lograr los objetivos ya mencionados se deben de combinar 2 o más sustancias. ^{4, 6}

Nageswar mencionó que la combinación correcta de irrigantes es el medio de justificación ante cualquier situación en el área de endodoncia hasta que se descubra el irrigante ideal. ¹⁹

4.2 Agentes desinfectantes usados en endodoncia

La capa residual, también llamada como *smear layer* o capa de barrio dentinario, fue descrita por McComb y Smith en 1975, primeros pioneros en descubrir e identificar la capa residual en las paredes de los conductos radiculares instrumentados, además, sustentaron que la *smear layer* no estaba formada únicamente de dentina; además, incluía residuos de procesos odontoblásticos, tejido pulpar y en situaciones de dientes necróticos, con presencia de bacterias. ^{4, 11}

Con la presencia de la *smear layer* es de que se necesita un protocolo de irrigación óptimo, y a su vez, la correcta selección y el conocimiento de requisitos básicos de la sustancia química que se utilizará como

desinfectante para eliminar totalmente los residuos de los conductos radiculares, es fundamental, como lo son: ⁸

- Actividad antimicrobiana.
- Biocompatibilidad.
- Acción sobre la permeabilidad dentinaria.
- Acción sobre material orgánico e inorgánico. ⁸

Se sustentó en 1986 por Kaufman y Greenbergen que la estrategia más eficiente consiste en emplear un irrigante que desinfecte y limpie los conductos, así como, otra solución irrigante que elimine la capa residual formada durante las sesiones del tratamiento de conductos. Es importante destacar que hasta la fecha no se tiene una solución ideal que realice todas las propiedades y características, por lo tanto, se sugiere utilizar más de una solución que se mencionan a continuación. ^{11, 12}

- ❖ Compuestos halógenos: Hipoclorito de sodio al 5.25% concentración oficial, “Solución de Dakin” NaOCl al 0.5% con ácido bórico, “Solución de Milton” NaOCl al 1%, “Solución de Labarraque” NaOCl al 2.5% y Gluconato de clorhexidina al 2%.
- ❖ Soluciones quelantes: EDTA “Ácido Etilendiaminotetraacético” al 10-17%, solución de ácido cítrico.
- ❖ Soluciones diversas: Agua destilada, lechada con hidróxido de calcio (CaOH₂), peróxido de hidrógeno, solución salina. ^{11, 12}

4.3 Soluciones quelantes

Las soluciones quelantes o también llamadas actualmente como descalcificadores, son otro sistema de solución de irrigación donde actualmente han perdido popularidad por su capacidad de descalcificar incontrolablemente y su alto grado de toxicidad. ¹⁹

Prácticamente actúan removiendo sales minerales de la dentina con el fin de lograr una amplia limpieza de los conductos radiculares. ¹⁹

Algunos ejemplos de sustancias quelantes comúnmente utilizadas para eliminar la capa residual incluyen el Ácido Etilendiaminotetraacético o EDTA al 10- 17% y la solución de Ácido cítrico de 5%-50%. La aplicación de estas soluciones con las técnicas del ultrasonido, activación dinámica manual y el láser, en conjunto o por separado, han sido sugeridas para la eliminación de la smear layer con resultados diversos. ^{11, 12}

4.4 Peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es una sustancia empleada como desinfectante en una concentración al 3%. Comúnmente se utiliza en conjunto con el hipoclorito de sodio, basándose en las siguientes premisas: ¹⁹

- ⌘ Producen una efervescencia enérgica y transitoria que puede forzar mecánicamente el barillo dentinario fuera del conducto.
- ⌘ La producción y liberación de oxígeno es tóxica para lo anaerobios.
- ⌘ Consecuencia favorable es el blanqueamiento.
- ⌘ Weine recomienda su uso por su baja toxicidad.
- ⌘ Estudios comentan que la combinación de ambos genera la disminución de la eficacia del NaOCl. ¹⁹

4.5 Clorhexidina

La clorhexidina (CHX) fue desarrollada hace más de medio siglo en las Imperial Chemical Industries de Inglaterra y se lanzó inicialmente en 1953 como una pomada antiséptica en Reino Unido. Desde 1957 hasta la fecha, ha sido empleada como tratamiento desinfectante general para piel, ojos y garganta en seres humanos y animales. Además, como antiséptico oral en forma de enjuague bucal, pasta dental y chicles ^{5, 6, 19}

La clorhexidina es una molécula catiónica y una solución antimicrobiana de amplio espectro contra bacterias gram-positivas como gram-negativas,

así como levaduras, por otra parte, cumple con ciertas características y propiedades para su uso potencial como irrigante en endodoncia.^{6, 8, 19}

- ⌘ Efecto antimicrobiano de larga duración.¹⁹
- ⌘ Ausencia relativa de toxicidad tisular.¹⁹
- ⌘ Molécula y base fuerte con una actividad antimicrobiana eficiente ante un pH entre 5.5 a 7.⁶
- ⌘ Concentración del 2% para irrigador en endodoncia.⁶
- ⌘ Por ser una molécula catiónica, es atraída a la superficie bacteriana aniónica.
- ⌘ No posee propiedades disolventes del tejido.¹⁹
- ⌘ Investigaciones han afirmado que la CHX tiene mejores efectos antibacterianos que el hidróxido de calcio en cultivos.¹⁹
- ⌘ Puede mantenerse en la dentina e hidroxiapatita por su naturaleza catiónica.^{6, 19}

Mecanismo de acción:

Gracias a sus cargas catiónicas, la Clorhexidina tiene la capacidad de adherirse a las superficies de las bacterias cargadas negativamente. Según su concentración, la CHX puede actuar como bacteriostático o bactericida.^{6, 19}

1. En concentraciones altas: Actúa como detergente que ocasiona el daño de la membrana celular al adherirse en la pared celular del microorganismo, provocando una precipitación y/o del citoplasma, teniendo así un efecto bactericida.^{6, 19}
2. En concentraciones bajas: Causa la salida y el vertido de componentes y sustancias intracelulares de bajo peso molecular, por medio de la adhesión en la pared celular del microorganismo, como son el potasio y el fósforo, dando así un efecto bacteriostático y sin dañar la célula de forma irreversible.^{6, 19}

4.6 Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) surgió por primera vez en 1789 en Javelle, Francia, conocido como “agua de Javel”, la cual fue empleada como solución antiséptica en hospitales. Años más tarde se comercializó con el nombre de “Eusol” y “Solución de Dakin”, el médico inglés Henry Dakin recomendaba el NaOCl al 0.5% como una solución irrigante en la Primera Guerra Mundial para las heridas. Años más tarde Coolidge introdujo el uso del NaOCl en el área de la endodoncia como una solución irrigante para el sistema de conductos radiculares. ^{5, 6, 19}

El NaOCl (Hipoclorito de sodio) se trata de un compuesto halogenado, que, desde su introducción al área endodóncica hasta la actualidad, es el irrigante más utilizado mundialmente como desinfectante y blanqueador; ya que, es una excelente solución antimicrobiana, con la capacidad de disolver tejido pulpar necrótico como vital; así como biopelículas y componentes orgánicos de la dentina. Se reconoce que esta habilidad antimicrobiana y de disolver tejido pulpar vital o necrótico aumenta con el incremento de la temperatura del NaOCl y que aún así, su eficiencia para eliminar el barrillo dentinario es limitada. ^{4, 5, 6, 8, 11}

El hipoclorito de sodio tiene como propiedades y características generales dentro y fuera de los conductos las siguientes: ⁸

- ⌘ Genera efecto de lubricación en los conductos. ¹⁹
- ⌘ Fácil de adquirir y económico. ¹⁹
- ⌘ Altamente alcalino con un pH de 11 a 11.5. ¹⁹
- ⌘ Las condiciones de almacenamiento determinan la vida útil del mismo.
- ⌘ Las soluciones de hipoclorito son fabricadas en diluciones.
- ⌘ Poseen un mayor efecto bactericida cuando su pH es cercano al neutro.

- ⌘ La temperatura, el pH, la concentración y la presencia de materia orgánica, son factores que influyen en la estabilidad del cloro en el NaOCL.
- ⌘ El uso de concentraciones altas promueve a un mayor efecto antimicrobiano, y a su vez, justifica la causa de accidentes por la propagación del mismo hacia zonas adyacentes y que causa respuesta inflamatoria, dolor y necrosis. ^{4, 8}
- ⌘ Por si solo no elimina todas las bacterias, se debe de complementar con otras soluciones que eliminen la capa residual. ⁴

Mecanismo de acción:

La solución irrigadora de NaOCl se ha utilizado en concentraciones desde 0.5% a 5.25-6 %, en la mayoría de los estudios comentan que el usar una concentración de 1.5 a 3% logra un buen equilibrio entre la disolución del tejido y efecto antibacteriano. Cuando entra en contacto el Hipoclorito con las proteínas de los tejidos, se generan: nitrógeno, formaldehído y acetaldehído. Los enlaces peptídicos se rompen y las proteínas se desintegran, lo que facilita la sustitución del hidrógeno en los grupos amino por cloro, para que se formen cloraminas, así desarrollan un papel importante por su eficacia antimicrobiana, esta a su vez, lleva a cabo acciones de importancia durante el tratamiento de conductos radiculares: ^{4, 6, 8, 19}

- I. Saponificación: Funciona como solvente orgánico y de las grasas en el interior de los conductos. Descompone los ácidos grasos, convirtiéndolos jabón y alcohol. También logra una disminución de la tensión superficial de la solución, facilitando su difusión y promoviendo reacciones. ^{6, 8}
- II. Neutralización: Los aminoácidos se neutralizan y generan agua y sal; cuando los iones hidroxilo se libren, se disminuye el pH.
- III. Producción de Ácido Hipocloroso (HOCl): Ácido débil, responsable de liberar el cloro y de la actividad antimicrobiana, actuando también como antioxidante. Se forma cuando el hipoclorito se

disuelve en agua y entra en contacto con materia orgánica. El HOCl en conjunto con los iones de hipoclorito, descomponen e hidrolizan los aminoácidos. ^{6, 8}

- IV. Disolvente: Las cloraminas bloquean el metabolismo celular, mientras que el cloro, por medio de la oxidación inhibe irreversiblemente las enzimas bacterianas esenciales. ⁶
- V. Elevado pH: La efectividad antimicrobiana del hipoclorito se atribuye a su elevado $\text{pH} > 11$. Su efectividad se logra porque obstaculiza en la totalidad la membrana citoplasmática mediante la inhibición enzimática irreversible, provocando alteraciones biosintéticas del metabolismo celular y ocasionando degradación de fosfolípidos, la cual es observada en la peroxidación lipídica. ⁶

Desventajas:

- Altamente tóxico si se traspasa el ápice (depende de la concentración y volumen empleado).
- Causa daño celular de leve a severo.
- Alta tensión superficial que genera disminución en la capacidad de humectación dentinaria.
- Olor y gusto desagradable.
- Sus vapores pueden irritar los ojos.
- Capacidad de corroer y blanquear instrumental y ropa respectivamente.
- Provoca inflamación, edema y quemaduras si es mal empleado. ¹⁹

5. RAYO LÁSER

La definición de “LÁSER” es un acrónimo en inglés que significa: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, significando: Luz Amplificada por Emisión Estimulada de Radiación, y como su traducción lo dice, se necesita amplificar un haz de luz. ^{14, 16, 17, 18, 20}

5.1 Historia del láser

La historia e invención del rayo láser está encabezada y respaldada por físicos brillantes, principalmente por Albert Einstein, propuso la teoría del proceso de emisión estimulada de radiación en 1916. ^{14, 17, 20, 21}

Aportes de ingenieros como Theodor Maiman, quien el 16 de mayo de 1960, en los laboratorios de investigación de Hughes en Malibu, California, construyó y supervisó exitosamente el funcionamiento del primer láser conocido como “Láser de rubí”, con una longitud de onda de 694 nanómetros. ^{14, 17, 21}

En el año de 1961 fue desarrollado y producido por Johnson el segundo tipo de láser, llamado Nd: YAG, esto fue motivo para que se iniciara la investigación de la aplicación del láser en cualquier área, asimismo en 1963 se iniciaron en el campo dental por medio de Stern y Sognaes. ¹⁷

El doctor Leon Goldman sin ser odontólogo, aplicó por primera vez el láser de rubí sin provocar dolor más que una pequeña remoción de esmalte en los dientes de un paciente, era su hermano odontólogo: Bernard Goldman en 1965. ¹⁷

Finalmente, en el año de 1989 es aprobado y autorizado el láser Nd: YAG pulsado para su aplicación en cirugía bucal de tejidos blandos por la FDA. En 1997 también se autoriza el láser Er: YAG para la odontología conservadora. ^{17, 21}

5.2 Propiedades de la luz láser

- ✓ Alta concentración de energía.
- ✓ Velocidad de 300 000 km/s como la luz.
- ✓ Monocromática: El rayo o luz del láser está formada por fotones que tienen una misma longitud de onda (que se miden en nanómetros o micrones), a su vez, se tiene que entender que las longitudes de onda de cada rayo láser están dadas por el medio activo que los genera, cuando el medio activo se sitúa en el área visible del espectro electromagnético, los láseres tendrán el mismo color, sin embargo, si se localizan en el área infrarroja no visible, el rayo será invisible ante el ojo humano. Por ende, su absorción será diferente en diferentes tejidos del cuerpo. **(Imagen 5)**
- ✓ Coherente: Significa que los protones que forman la longitud de onda se encuentran en la misma fase y hacen que viajen a la misma dirección sin desaparecerse.
- ✓ Colimática y Direccional: La luz del rayo láser es paralela y unidimensional, pues, presenta muy poca dispersión a la distancia y muy poca divergencia.
- ✓ Brillo: Gracias por su gran paralelismo y colimación, es de que el brillo de la luz del rayo láser se concentra a grandes distancias. ^{17, 18, 20}

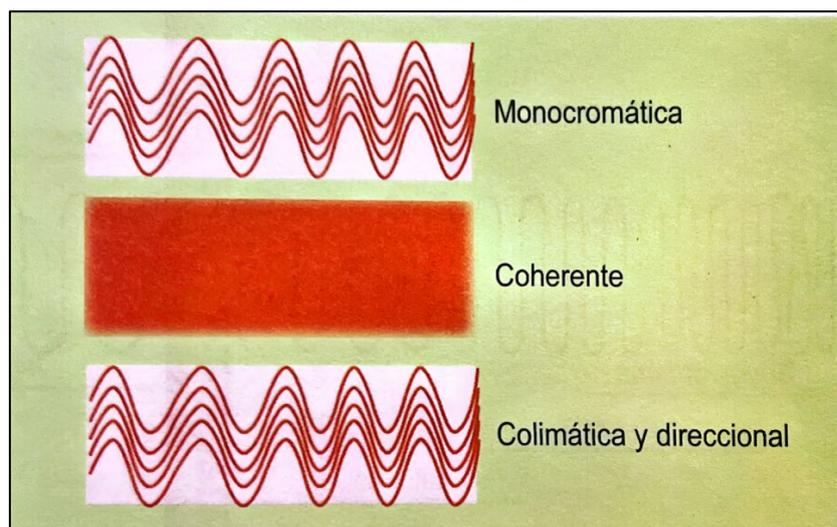


Imagen 5: Propiedades de la luz láser. ¹⁷

5.3 Características generales

A continuación, se explicarán los procesos físicos que se ven involucrados en el mecanismo de acción de los láseres para hacerlos posibles.

Emisión estimulada: Se trata de la interacción que hay entre un átomo con sus electrones en estado excitado con un fotón de luz, digamos que la luz del fotón pasa por los electrones causando que el electrón llegue a su estado estable inicial (más bajo de energía), una vez que llegue a su fase inicial, producen dos fotones con las mismas características. ^{14, 17}

Dos fotones que se caracterizan por tener una misma longitud de onda, con la misma energía, fase, polarización y que se mueven en una onda coherente en una misma dirección. ^{14, 17} **(Imagen 6)**

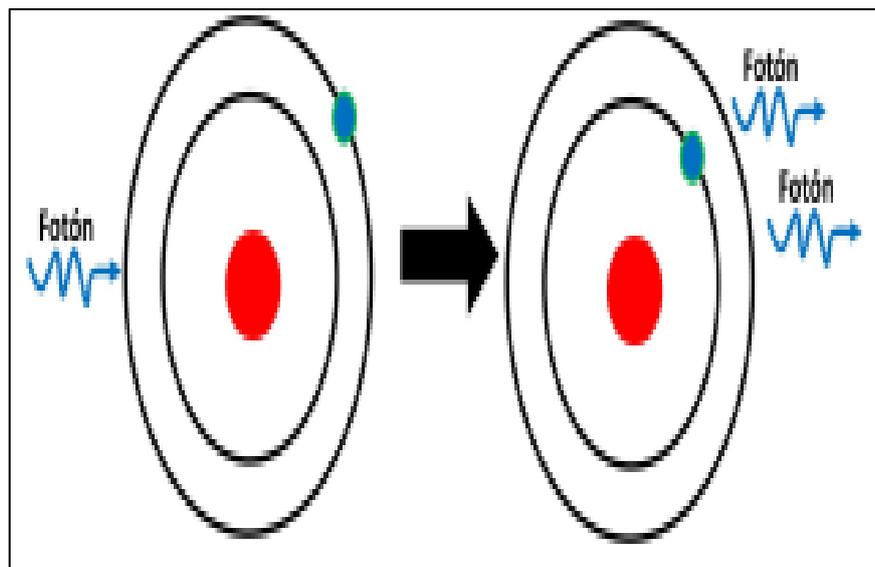


Imagen 6: Representación del proceso de emisión estimulada. ¹⁴

¿Y de dónde se produce el fotón?, para terminar de entender la emisión estimulada hay que tener en cuenta que este proceso físico se enfocó en la teoría cuántica del físico Niels Bohr, donde explica y postula la emisión espontánea. ¹⁷ **(Foto 3)**

El movimiento constante que generan los electrones por haber absorbido luz de una fuente externa alrededor del núcleo de un átomo, hace que el

núcleo se cargue de energía y pasen los electrones de una fase estable a una fase de excitación, volviéndose el átomo inestable y provocando que los electrones liberen energía llamándola fotón, para que finalmente de una manera espontánea regrese el electrón a su estado estable inicial. ¹⁷

(Imagen 7)

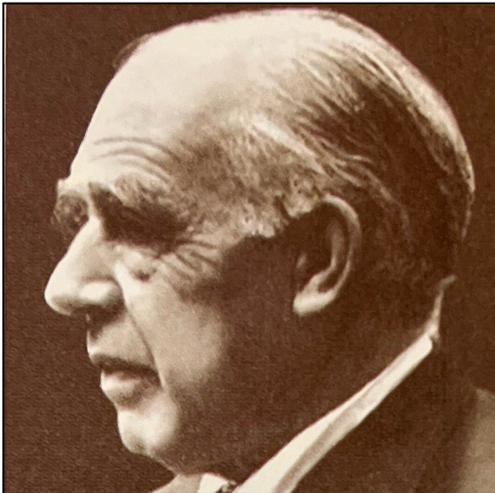


Foto 3: Niels Bohr, quien postuló la teoría cuántica. ¹⁷

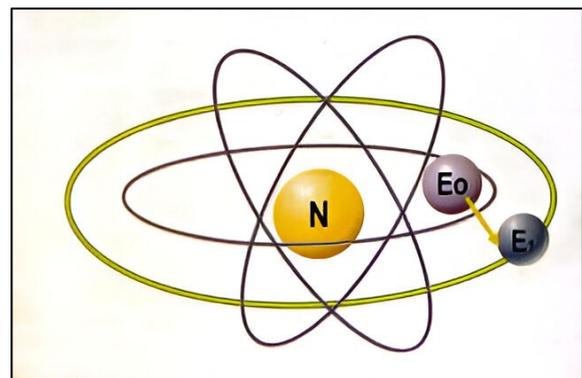


Imagen 7: Modelo atómico de Bohr que explica la teoría cuántica. ¹⁷

Efecto de inversión de población: Para que este proceso existiera, era necesario tener un medio activo y que fuera estimulado por una fuente externa (fuente de bombeo). ¹⁴

El proceso de efecto de inversión sucede cuando un sistema de 3 o 4 niveles de energía se sale de su estado de equilibrio termodinámico por el bombeo óptico que incide al sistema activando el láser por emisión estimulada, induciendo que la cantidad de átomos del medio activo que se ubican en los niveles superiores de energía sea mayor que los átomos localizados en los niveles más bajos de energía. ¹⁴ **(Imagen 8)**

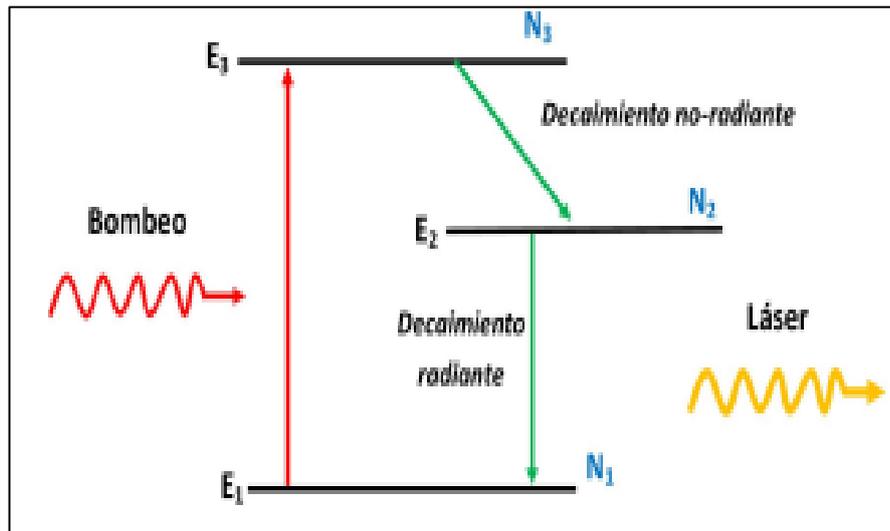


Imagen 8: Sistema de 3 niveles de energía. Es un modelo adecuado para el medio de amplificación de un láser. ¹⁴

En este caso, la inversión de población ocurre en sistema de tres niveles de energía de esta forma:

- El bombeo óptico que entra al sistema produce un cambio de los átomos que se localizan en el estado base (N_1) al estado de mayor energía (N_3).
- Posteriormente los átomos sufren rápidamente una depresión no radiante hacia el nivel de energía intermedio (Nivel 2), donde una parte de la energía se esfuma en forma de fonones (vibraciones).
- Los átomos del nivel intermedio (N_2) sufren un cambio al estado base (N_1) a partir de una depresión radiante, esto quiere decir que en este cambio transitorio se generan y emiten fotones a partir de emisión espontánea y emisión estimulada que ya fueron explicados, por lo que se entiende que el proceso físico de inversión de población sucede entre el nivel intermedio y el estado base. ¹⁴

Cuando ya se conocían estos dos procesos físicos se diseñó el dispositivo del rayo láser que lograría emitir energía en forma de un haz láser. ¹⁴

5.4 Conformación del láser y mecanismo de acción

Para la comprensión del cómo funciona un láser para producir energía láser en forma de haz de luz, hay que tener en cuenta que:

1. Se necesita una cavidad lineal de láser en donde en el interior encontraremos un amplificador con el medio activo que comúnmente es el que le da el nombre al tipo del rayo láser que vamos a ocupar y donde se formarán átomos. **(Imagen 9)**

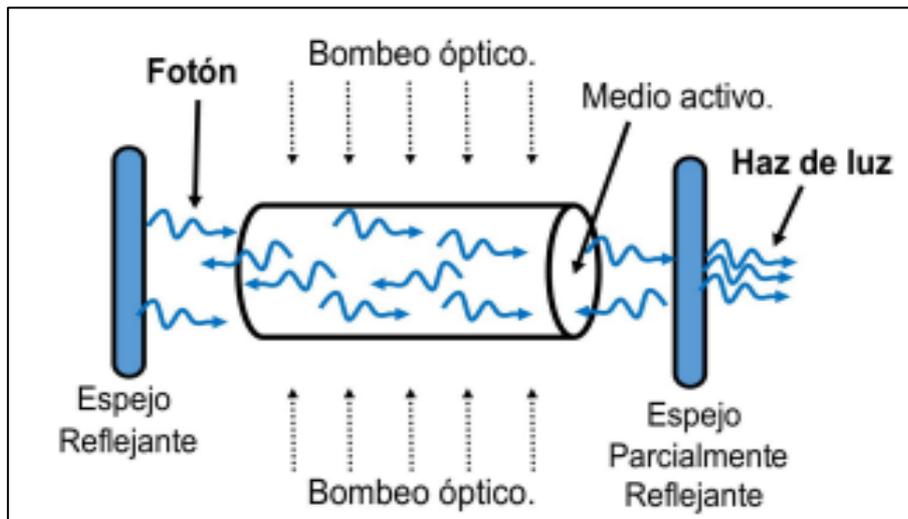


Imagen 9: Esquema de una cavidad lineal de un láser. ¹⁴

2. El bombeo óptico que se produce llega al medio activo directamente por medio de una lámpara flash, los átomos se van a excitar en el medio activo por medio de la emisión espontánea para generar fotones.
3. Los fotones se van a reflejar y se van a propagar por medio de la emisión estimulada entre dos espejos que se encuentran a los costados del amplificador, uno altamente sólido reflejante y el otro parcialmente reflejante con pequeñas perforaciones por donde saldrán dichos fotones.
4. Una vez que el amplificador se llena de energía en milésimas de segundos por varios round-trips y propagaciones de los electrones, se estabiliza la potencia a un nivel estable.

5. Finalmente, una porción de los fotones que se habían generado, saldrá del amplificador o cavidad de láser por medio del espejo parcialmente reflejante con perforaciones en forma de un haz de luz monocromática y coherente, energía láser o también llamada rayo láser. ^{14, 17, 18} **(Imagen 10)**

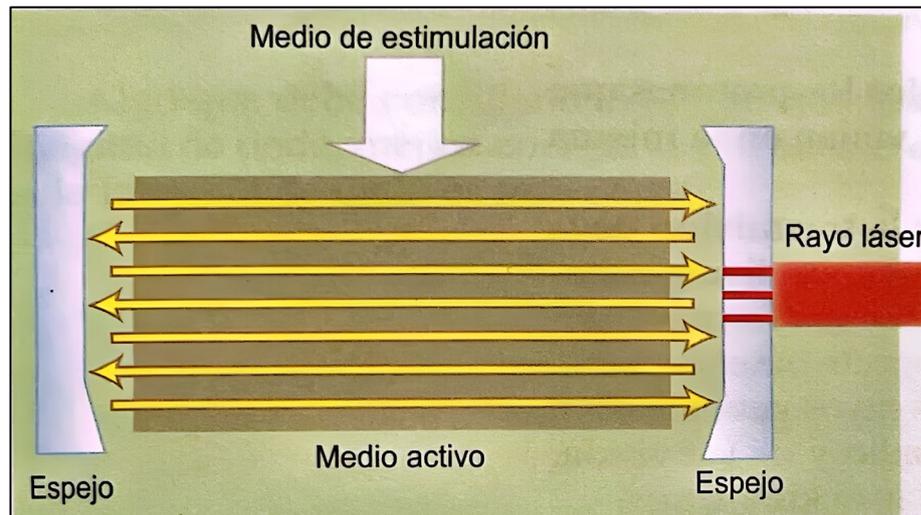


Imagen 10: Cavidad láser en donde se localiza el medio activo y el medio de estimulación junto a los espejos en los cuales se forma la energía láser. ¹⁷

Al emitirse la energía láser o el rayo láser en algún tejido, se generan fenómenos como:

- Reflexión: Energía reflejada en la superficie del tejido de modo directo o difuso. ¹⁷ **(Imagen 11)**

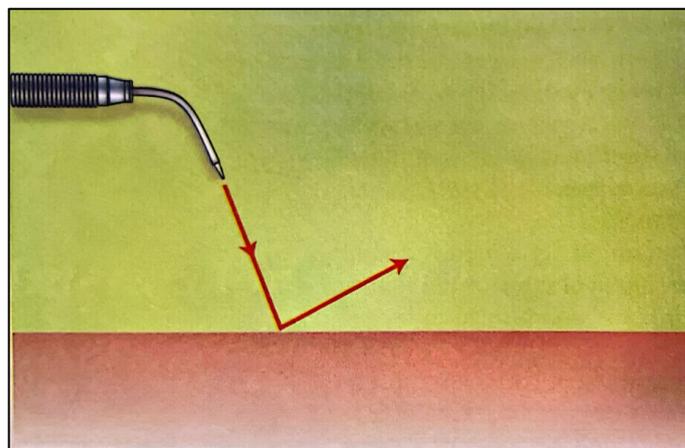


Imagen 11: Reflexión. ¹⁷

- Absorción: La capacidad de penetración en diferentes tejidos, está sujeta a la longitud de onda. **(Imagen 12)**

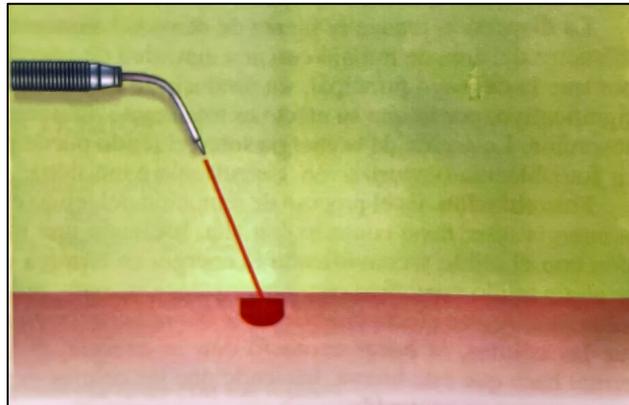


Imagen 12: Absorción. ¹⁷

- Transmisión: Energía láser transmitida con menos potencia causa una bioestimulación al interior del tejido para la reparación celular del área. **(Imagen 13)**



Imagen 13: Transmisión. ¹⁷

- Dispersión: Disminución del rayo láser por su reflexión de energía en otras direcciones. **(Imagen 14)**

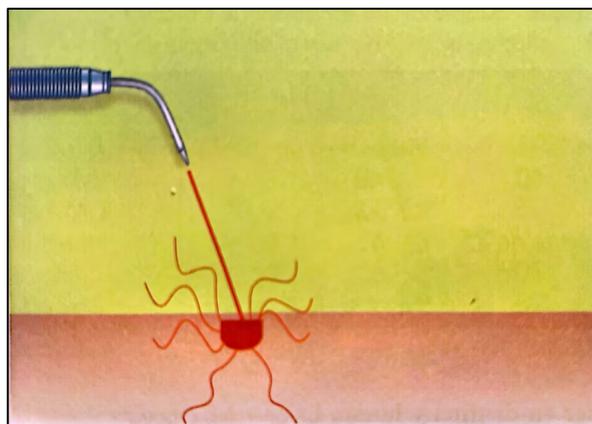


Imagen 14: Dispersión. ¹⁷

- Fotoablación: Remoción del tejido cuando hay interacción directa la energía láser con el tejido.
- Coagulación: Cuando la energía láser libera agua y sustancias de las células sellando el tejido adyacente, generando hemostasia y esterilización de la zona como resultado del efecto térmico.¹⁷

5.5 Aplicaciones generales y médicas

La primera vez que se utilizó el rayo láser fue para realizar mediciones muy precisas, aunque gracias a sus avances de tecnología y evoluciones del rayo láser son variados los usos en diferentes áreas en los que se puede emplear, como en: ingeniería, comunicaciones, informática, ciencias básicas, electrónica, sin embargo, también se utiliza en el área del entretenimiento como en los eventos de shows musicales, espectáculos de luces en conciertos, para soldar partes de automóviles y marcar el precio de productos del supermercado.^{20, 21}

En medicina se usa como una herramienta para el médico, siendo ésta una herramienta de diagnóstico y de tratamiento de manera auxiliante con otros métodos terapéuticos en varias especialidades médicas como en la de rehabilitación, dermatología, reumatología, acupuntura, entre otras.²⁰

Los avances en la tecnología y evolución del uso del rayo láser, sin que odontología sea la rama ajena a esta aplicación del mismo, permiten la aplicación del mismo en tratamientos para enfermedades que en algún momento se consideraron sin tratamiento existente.²⁰

5.6 Aplicaciones en Odontología y Endodoncia

Como ya se mencionó, el uso y la aplicación del rayo láser en la odontología se dio en el año de 1989 y 1997, haciendo que los tratamientos sean más ergonómicos, conservadores y preventivos evitando riesgos para el paciente.^{17, 18}

Las aplicaciones que se pueden aplicar en la odontología son en: patología y terapéutica dental, tratamiento de tumores o lesiones traumáticas con menos complicaciones, restauradora, odontología estética blanqueamiento dental, prótesis, periodoncia, implantología, cirugía oral, pediatría, preventiva, ortodoncia, especialmente en endodoncia.^{9, 10, 18, 20, 24}

En el área de la endodoncia que es la de nuestro interés, se puede aplicar el rayo láser como coadyuvante en diferentes tratamientos, abordaremos el principal que nos interesa que es la: limpieza y desinfección de los conductos radiculares, preparación del conducto, obturación del mismo, cirugía endodóntica como la apicectomía, manejo del dolor, e hipersensibilidad.²⁴

6. PRINCIPALES TIPOS DE RAYO LÁSER EN ENDODONCIA

En la odontología y estrictamente en el área de la Endodoncia se pueden aplicar distintos tipos de rayo láser, cada uno con sus parámetros para ser utilizados con un enfoque diferente, como para la disminución de la hipersensibilidad dental, formación y aumento por bioestimulación de dentina secundaria por los odontoblastos; y reducir el dolor postoperatorio del tratamiento de conductos.^{9, 20}

El profesional debe de tener en cuenta que cada variedad de rayo láser genera un impacto único, incluso según sus parámetros cambia su efecto sobre diferentes tejidos, no obstante, es importante conocer de las indicaciones, contraindicaciones y forma de uso de cada tipo de láser antes de ser aplicados en la práctica clínica.^{9, 10}

Resaltando la aplicación y su uso como coadyuvante en el tratamiento endodóncico, el rayo láser demuestra eficacia en el tratamiento de conductos, principalmente contra las bacterias presentes que son resistentes a diversos medicamentos.²⁰

6.1 Clasificación de los rayos láser

Para clasificar el rayo láser, es necesario considerar las siguientes características, tales como:

- ✓ Potencia medida en milivatios (mW).
- ✓ Longitud de onda medida en nanómetros (nm).
- ✓ Medio activo que se utiliza como barra de cristal sólida.
- ✓ La Emisión en la que será proyectado.^{10, 20}

De acuerdo con esto se dividen en láseres de:

- ALTA POTENCIA: Es considerado como una alternativa ante el instrumental quirúrgico, como el bisturí, con el cual llevamos a cabo

acciones de coagulación, corte como incisiones, biopsias, desinfecciones e instrumental rotatorio tradicional como las fresas o limas rotatorias, presentando una potencia que supera los 100 mW.
9, 10, 16, 18, 20, 22

Ejemplos: láseres de Er: YAG, Er,Cr:YSGG, Nd: YAG, argón, diodo, CO₂, Nd: YAP, Nd:YAG KTP. 9, 10, 18, 20

- POTENCIA MEDIA O BAJA: Es considerado como una alternativa para interactuar con los tejidos sin causar quemaduras o lesiones locales, con el fin de manifestar efectos anestésicos, antiinflamatorios y bioestimulantes, presentando una potencia mínima de 2-5 mW hasta 100 mW. 9, 10, 16, 20, 22

Ejemplos: láseres Arseniuro de Galio As:Ga, Arseniuro de Galio y Aluminio As, Ga:Al y Helio Neón He:Ne. 9, 10, 18, 20

6.2 Er: YAG

Erbio: Itrio, Aluminio, Garante presenta una longitud de onda de 2940 nm infrarroja con casi nulo efecto térmico, su material activo se integra por itrio, aluminio y garante (YAG) con una capa de erbio (Er), se emite con fibra óptica en modo pulsado, se absorbe eficazmente por el agua, siendo altamente eficiente en su aplicación en tejidos duros, en los tejidos blandos tiene poca penetración y gran absorción en la superficie del tejido por lo que es poco eficiente ante la coagulación. Si se utiliza con un aerosol de aire y agua, evitan el impacto térmico a tejidos expuestos a radiación y favorecen su mecanismo de acción. Pueden ser aplicados en endodoncia con fibra óptica a 2940 o a 2780 nm. 9, 10, 17, 20, 24

Es el más apropiado para utilizarse en endodoncia por la máxima absorción de hidroxiapatita y de agua, puede mejorar la eficacia del NaOCl cuando se combina con este irrigante provocando cavitación y puede tener una actividad antimicrobiana ante biopelículas de *Enterococcus fecalis*. 16, 20

6.3 Er, Cr: YSGG

Erbio, Cromo: Itrio, Escandio, Galio, Garnet presenta una longitud de onda de 2790 nm infrarroja con escaso efecto térmico, su medio activo está constituido por itrio, escandio, galio y garante (YSGG) cubierto con erbio y cromo (Er), se emite con fibra óptica en modo pulsado, es muy bien absorbido por el agua, es excelente para eliminar tejidos duros e incapaz de producir hemostasia en tejidos blandos. Si se utiliza con un aerosol de aire y agua, evitan el impacto térmico a tejidos expuestos a radiación y favorecen su mecanismo de acción.^{9, 10, 17, 20} **(Foto 4)**

En estudios in vitro, se examinó y se aprobó la eficacia del láser Er, Cr: YSGG dentro de los conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*.²⁰



Foto 4: Láser Er, Cr:YSGG.³

6.4 Nd: YAG

Neodimio: Itrio Aluminio Garante fue uno de los primeros en utilizarse en endodoncia, presenta una longitud de onda de 1064 nm infrarroja no visible con efecto térmico, su medio activo se compone por itrio, aluminio y garante (YAG) con una cubierta de neodimio (Nd), se emite por fibra óptica en modo pulsado ultra cortos y superpulsado, con una energía máxima de 50 mJ por pulso en tejidos blandos en endodoncia. Es poco absorbido en superficie del tejido para evitar efecto térmico acumulativo y necrosar o anquilosar en tejidos duros y blandos. ^{3, 10, 16, 17, 24} **(foto 5)**

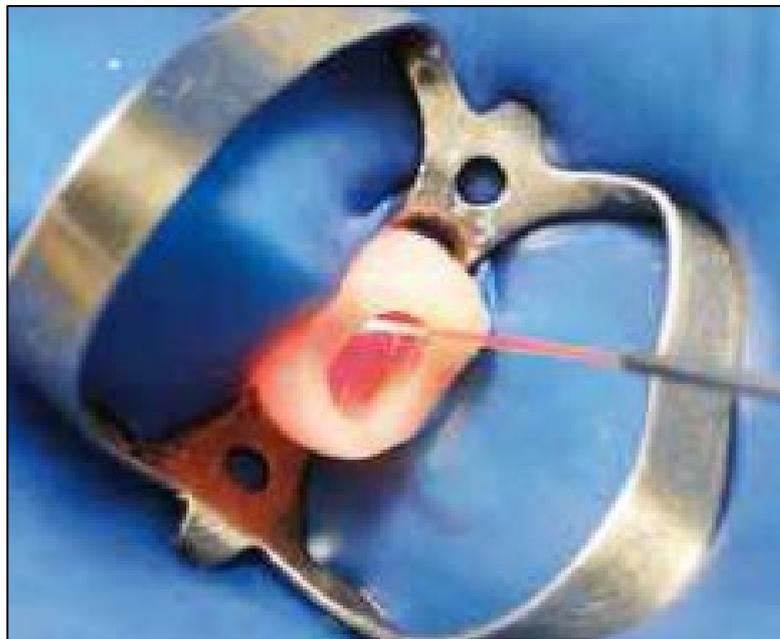


Foto 5: Irradiación intracanal con láser Nd: YAG. ³

Investigaciones previas han manifestado que el láser Nd: YAG posee propiedades antimicrobianas hasta una profundidad de 100 μm en la dentina, manifestando su efectividad contra diversas bacterias como *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, entre otros; e incluso frente a la bacteria principal que muestra resistencia al tratamiento endodóncico convencional, *Enterococcus faecalis*. ³

6.5 Diodo

Presenta una longitud de onda de 810- 980 nm, cercana a infrarroja no visible con efecto térmico. Su medio activo está compuesto por dos materiales metálicos semiconductores diferentes que se colocan uno frente al otro dejando un espacio entre ambos, uno de ellos tiene una capa que presenta carga positiva, mientras que la otra exhibe carga negativa, estas placas son a menudo de galio, aluminio y arsénico (Ga: Al: As), su forma de emitirse es por medio de una fibra óptica que se emplea en ráfagas de disparos o en modo continuo. Es bien absorbido por los tejidos duros y en altas potencias en tejidos blandos. Se ha utilizado el diodo a 810 nm en varias áreas de odontología con resultados de desinfección, sus propiedades bactericidas se basan al efecto fototérmico. ^{3, 16, 17, 24} **(Foto 6)**

Ante estudios e investigaciones, el láser diodo de 980 nm ha demostrado ser eficaz en el tratamiento antibacteriano, alcanzando una tasa de éxito que oscila entre el 77 y 97% en los conductos radiculares contaminados con *E. fecalis* principalmente. Sin embargo, esto se le atribuye a la afinidad que tienen las longitudes de onda hacia las células bacterianas, incluso cuando se emplean soluciones como el NaOCl. ^{3, 16}

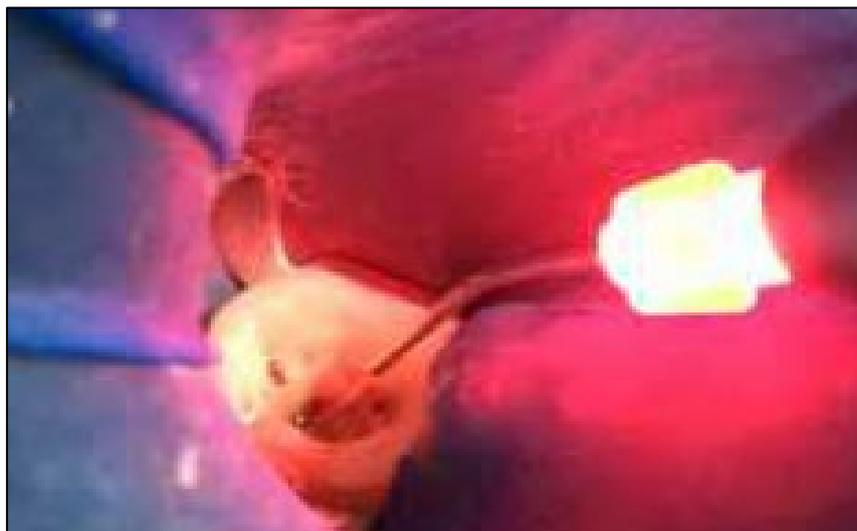


Foto 6: Conducto radicular irradiado con diodo de 980 nm. ³

7. PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU UTILIDAD EN ENDODONCIA

8. EL RAYO LÁSER Y SU EFECTO BACTERICIDA EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

Debido a la capacidad limitada para realizar todo el protocolo convencional de desinfección en los conductos radiculares, hace de la endodoncia un área exigente en la odontología, por esta razón en los últimos años, la tecnología láser ha sido contemplada con el primordial propósito de optimizar y perfeccionar desinfección de los conductos radiculares. ^{2,7}

Cabe resaltar que el tratamiento endodóncico convencional es demasiado lento, aún usando sistemas manuales o rotatorios está comprobado por estudios y literatura que el 35% o más de los conductos radiculares no presentan limpieza en el total de su superficie de todas las paredes, por ello, el uso de láseres auxilia a los protocolos ya existentes del tratamiento de conductos radiculares para alcanzar óptimos resultados clínicos, principalmente en la desinfección de los mismos eliminando la capa del barrillo dentinario que presentan colonización de bacterias que hacen que nuestros tratamientos fracasen. ^{2,7}

El implemento de la luz o rayo láser en el área de la endodoncia, resulta de una terapia adicional y coadyuvante para el protocolo convencional del tratamiento antibacteriano, logrando obtener una tasa de éxito entre el 85% al 97%. ^{3,25}

Los avances en la creación de sistemas y mejoras en la tecnología de los equipos láser, incrementa inmensamente la posibilidad de aumentar las aplicaciones en el ámbito de la endodoncia, sin olvidar las interacciones que coexisten entre los rayos láser con los tejidos blandos y duros. ^{3,25}

Aplicación clínica del rayo láser en dos enfoques:

1. Introduciendo la fibra del láser al interior del conducto radicular en seco realizando movimientos en espiral para transmitir y exponer la energía del mismo en el interior del mismo de forma directa.
2. Transmitiendo la energía del rayo láser de forma indirecta a una solución irrigante antimicrobiana para activarla. ²

8.1 Preparación del acceso y conducto radicular asistida por láser

Recordemos que el diseño del acceso hacia la cámara pulpar y los conductos radiculares es realizado por medio de la turbina de aire y para ensanchar los conductos se pueden ocupar fresas Gates Glidden o Peeso; estos pueden ser sustituidos por los láseres. ¹⁹

Cohen y colaboradores mencionan que, al utilizar el láser para cortar, se necesita de la refrigeración con agua como se utiliza para realizar preparaciones con turbina y fresas, aunque para realizar cavidades como tal, actualmente el láser no proporciona ventajas para ser utilizado en comparación con los métodos que ya conocemos. ⁶



El láser Er: YSGG en 5 W y 6 Hz bajo spray de agua ha sido puesto en práctica para cortar esmalte y dentina y Er:YAG en 2 W y 8 Hz es fabricado por KaVo Co. (Ulm Alemania) **(Foto 7)** que permite el corte del esmalte y dentina, la eliminación del tejido pulpar; y la preparación de los conductos radiculares, siempre y cuando cumplan con la

característica de ser ligeramente rectos, amplios y curvos. ¹⁹

Foto 7: Láser Er:YAG de
KaVo. ³

El tiempo dedicado en el diseño del acceso utilizando láseres de Er,Cr:YSGG o de Er:YAG, suele ser más extenso el tiempo en comparación con el que se emplea mediante una turbina tradicional. ⁹

El tratamiento de conductos con láser debe de realizarse después de aplicar el protocolo de preparación convencional, para que las fibras del láser puedan ser insertadas dentro del conducto radicular y realizar su mecanismo de acción antibacteriana. ¹⁹

8.2 Limpieza y desinfección de los conductos radiculares en combinación con irrigadores y láseres

El utilización de limas convencionales ya sean manuales o rotatorias producen ensanchamiento y modificaciones en las curvaturas y/o anatomía de los conductos radiculares, al igual que producen una capa de barrillo dentinario que implica trabajo adicional para que sea eliminada. ⁷

Los láseres son una herramienta que complementa el protocolo convencional para destruir los microorganismos gracias a su energía que se implementa, sus propiedades de su longitud de onda y la activación de fluidos por el mismo, poseen la capacidad de alcanzar y distribuirse por toda la extensión de los conductos radiculares, y así eliminar la capa de barrillo dentinario que se haya generado al utilizar los sistemas empleados, manuales o rotatorios y evitando a su vez la reproducción de este mismo barrillo al cortar dentina. ^{7, 19}

Como lo menciona Cohen y colaboradores, aparte de contar con la irrigación tradicional, se han implementado, probado y propuesto técnicas adicionales para la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, como el sistema láser y ozono gaseoso. Algunos láseres producen el efecto de cavitación similar a los irrigadores ultrasónicos en

los conductos radiculares, aunque éste es más débil en comparación que el ultrasónico; pues se espera que mejore en el futuro. ^{6, 19}

Los láseres de argón, diodo semiconductor, CO₂ son considerados para la desinfección en el tratamiento de conductos, a su vez, se recomienda el uso de láseres como el Nd:YAG pulsado, Er:YAG y ErCr:YSGG; su irradiación debe ser empleada con un irrigante como el Hipoclorito de sodio al 5,25% o ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 14%, como lo menciona Cohen ⁶ “aún no es posible usarlos solos”. ¹⁹ **(Foto 8)**



Foto 8: Láser de diodo de 940 nm. ³

Estudios han demostrado que el uso del láser Er:YAG con una longitud de onda de 2.940 o 2780 nm ha logrado ser más eficaz para suprimir la smear layer y detritus en el interior del conducto radicular, aparte de presentar una alta afinidad por la hidroxiapatita y una capacidad muy alta de ser absorbido en agua. ^{3, 6, 16, 19, 25}

8.2.1 Cavitación inducida por láser

Es la turbulencia producida por el rápido aumento de la temperatura, la cual genera la inflación y colapso de burbujas por mayor presión interna que en el canal radicular, fenómeno conocido como cavitación que pueden producir los láseres, por ende, se activan y se agitan los fluidos dentro de los conductos radiculares que produce movimiento del fluido y

tensiones de corte en las paredes del conducto radicular; así mismo se entiende la interrogante de cómo es que los irrigantes activados por el láser pueden limpiar las paredes de los conductos radiculares de la capa residual y la biopelícula.^{2,7}

Las burbujas que se inducen por el rayo láser dependen de las características que presente el mismo, como: configuración geométrica que presente la punta del láser, densidad de energía, longitud de onda y duración del pulso.²

Se recomienda el uso de láseres de infrarrojo medio en modo pulsado como el: Er:YAG y Er: YSGG, ya que, producen más rápido la cavitación en microsegundos, mientras que los láseres de diodo de 940 a 980 nm lo realizan en segundos.⁷

8.2.2 Técnica LAI (Irrigación Activada por Láser)

La técnica LAI- Laser Activated Irrigation (Irrigación Activada por Láser) o también conocida como Activación del fluido por láser, ha sido empleada como un método complementario eficiente recientemente debido a su eficacia en la desinfección de los conductos radiculares, al mismo tiempo que activa (por medio de la energía láser) las soluciones desinfectantes que son utilizadas, generando una microcavitación e implosión de los mismos para lograr eliminar el *smear layer* que es la capa que contiene detritos.^{1, 2, 6, 7, 16}

La activación de irrigantes acuosos puede aumentar la eficiencia de la remoción de la *smear layer* y la desinfección de los conductos cuando se emplea NaOCl y EDTA, utilizando una punta de zafiro larga y delgada de forma cónica que será ubicada al interior del conducto radicular realizando movimientos verticales.^{7, 16}

En el mecanismo de la técnica LAI, se menciona que se da una vaporización de alta presión por la alta temperatura que se induce al calentar las soluciones irrigadoras. Esta temperatura elevada da a lugar a

la creación de burbujas que se expanden para después implosionar, a esto se le llama “cavitación”, la energía liberada de las burbujas de vapor genera ondas de presión y choque que actúan como fuerzas de corte, al ser implosionadas son el medio de justificación por el cual se elimina la capa residual de los conductos radiculares, alterando la morfología de las membranas celulares y alterando las biopelículas.^{2, 16} **(Foto 9)**

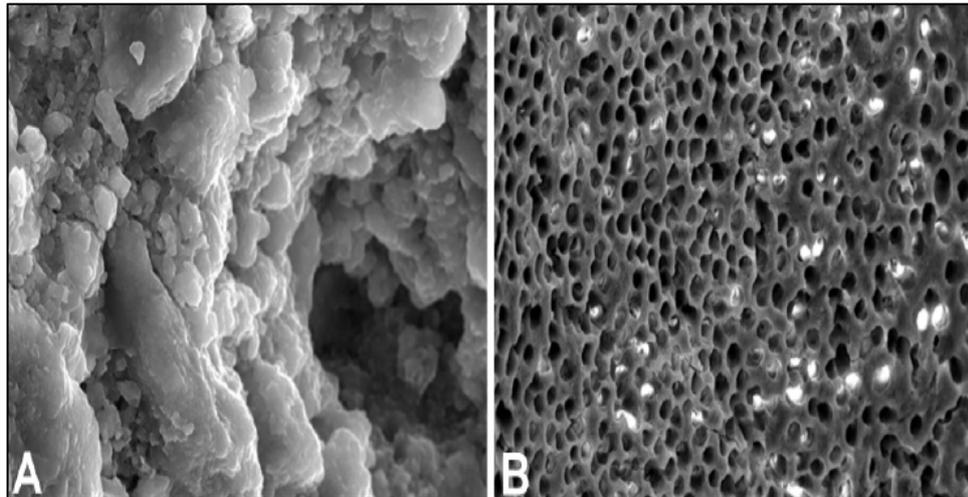


Foto 9: Comparación de una superficie con biopelícula de *E. faecalis* sin tratar (A), contra una superficie sin biopelícula luego de ser tratada con láser Er, Cr: YSGG e hipoclorito de sodio al 0,5% (B).²

Una ventaja que se destaca de este procedimiento es la capacidad de ubicar la fibra del láser en la abertura del conducto radicular, lo que nos ayuda a prevenir posibles reacciones adversas frente a los efectos térmicos, además de que se ve disminuida la probabilidad de extruir hacia la zona apical.²

Los últimos protocolos basados en la irrigación activada son: **PIPS** (Photon Induced Photo-acoustic Streaming) y **SWEEPS** (Shock Wave Enhanced Emission Photoacoustic Streaming) empleando un láser Er:YAG (2940nm).²

8.2.3 Desinfección fotodinámica (PAD)

La terapia fotodinámica (PDT por sus siglas en inglés, Photo Dynamic Therpay), la desinfección fotoactivada PAD (Photo Activated Disinfection),

también conocida como quimioterapia fotoactivada (PACT), o terapia activada por luz. ^{6, 7, 10}

Es la interacción que existe entre el rayo láser con fotosensibilizadores, estos pueden ser endógenos como las porfirinas que se localizan en las bacterias gram-negativas y exógenos en forma de colorantes o sustancias fotoactivas que son aplicadas en el conducto radicular como el azul de toluidina, metileno o cloruro de tónio para que se unan a la membrana celular microbiana externa, con el propósito de inducir la muerte de células específicas, ya sean levaduras, bacterias, hongos o virus. ^{3, 7, 10,}
25

La destrucción de las bacterias se lleva a cabo por este tratamiento fotodinámico antimicrobiano y reacción fotoquímica que se realiza en dos pasos: 1. Cuando las sustancias fotoactivas se inyectan y se unen a la membrana externa celular microbiana; 2. cuando son expuestos a luz del rayo láser para ser irradiados con una longitud de onda adecuada y específica, produciendo radicales libres que generan toxicidad y realizan lisis de la membrana celular destruyendo el ADN y proteínas microbianas; y así, inactivar a las bacterias. ^{3, 6, 7, 10} **(foto 10)**

La desinfección fotoactiva se puede llevar a cabo con LED y láseres porque ambos pueden activar los fotosensibilizadores, pues hay que tener en cuenta que existe gran variedad de soluciones fotoactivas o tintes que se pueden emplear para la desinfección fotodinámica como los ya mencionados anteriormente que son excelentes productores de especies reactivas de oxígeno (ROS), como lo menciona Coluzzi y colaboradores, al utilizar la luz del rayo láser roja visible, se pueden lograr efectos bactericidas utilizando una variedad de tintes azules, morados y verdes dentro de la familia del fenilmetano, los cuales son fuertes absorbentes de la luz roja. ⁷

En estudios e investigaciones in vitro, la desinfección fotoactivada (PAD), demuestra una acción efectiva contra bacterias tiene una acción eficaz en bacterias fotosensibles, tales como: *E. faecalis* principalmente, *P. Intermedia*, *Peptostreptococcus micros*, *Actinomyces comitans* y *Fusobacterium nucleatum* ^{3, 25}

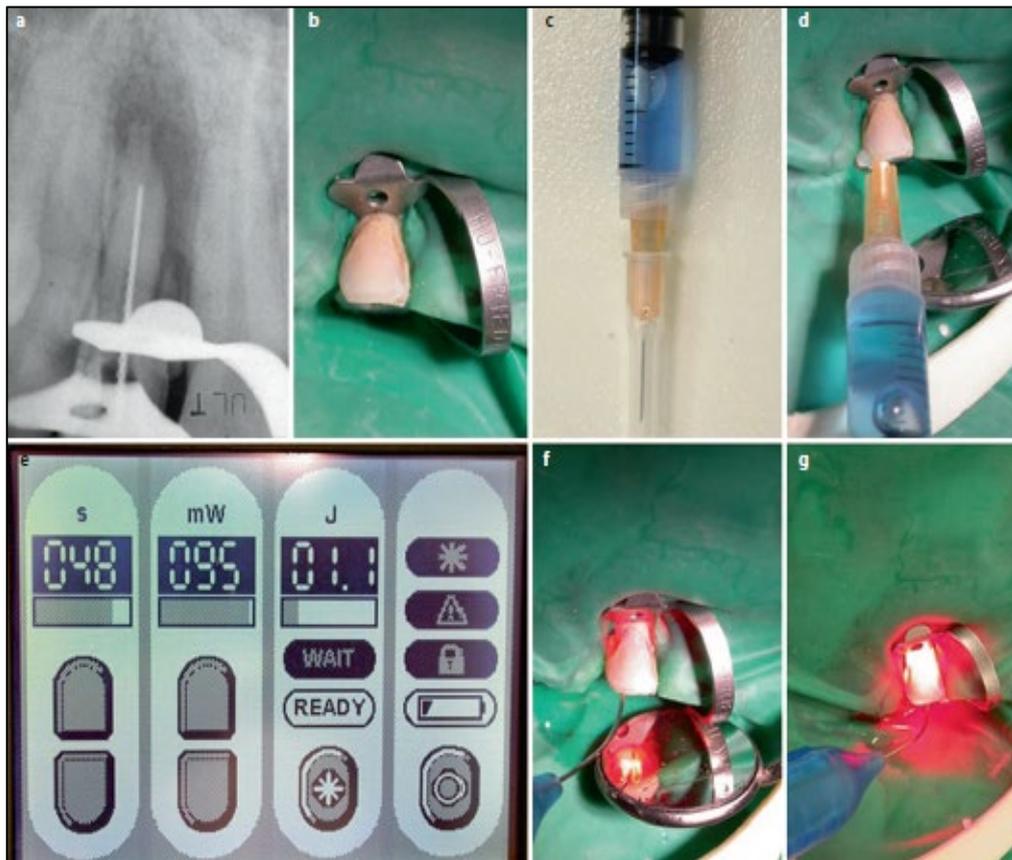


Foto 10: Desinfección fotodinámica del conducto radicular. Diente inyectado con tinte de cloruro de tlonio fotoactivado con luz láser roja visible de diodo a 95 mW con onda continúa aplicada irradiación de 60 a 90 segundos. ⁷

El procedimiento se lleva a cabo:

- Llenando los conductos radiculares con el fotosensibilizante.
- Dejándose actuar durante 1 minuto.
- Se procede a enjuagar el conducto radicular con agua destilada estéril, evitando el secado.
- Se emplea al interior del conducto la fibra del rayo láser durante el tiempo especificado por el fabricante.
- Movimientos de ápico-coronal y viceversa de la fibra

- En casos concretos (dientes necróticos con ápice abierto) la PAD puede sustituir el uso del NaOCl y ser completada la desinfección con el láser diodo o Nd: YAG por su mínimo riesgo hacia los tejidos perirradiculares.¹⁰

8.2.4 Desinfección fototérmica

El efecto de la fototermólisis ocurre cuando se aplica y se dirige la energía del rayo láser dentro de los conductos radiculares, logrando llegar la irradiación a zonas de difícil acceso en donde no suelen llegar completamente las soluciones desinfectantes como a los conductos laterales, deltas o aletas, logrando ser absorbida esa energía por el agua, porfirinas, melanina, y entre otros pigmentos para que se produzca la inactivación bacteriana.⁷

La desinfección fototérmica se ha propuesto como un complemento eficaz ante los protocolos ya existentes para la mejorar la desinfección de los conductos radiculares, pues las propiedades de la luz láser pueden permitir un efecto bactericida más allá de 1 mm de dentina, recordando que los microorganismos pueden extenderse hasta los túbulos dentinarios.⁷

Los láseres de diodo, Nd:YAG, KTP y de infrarrojo cercano, han sido los más utilizados en la actualidad para llevar a cabo esta técnica de desinfección radicular por su excelente penetración desinfectante más que el infrarrojo medio y por su eficacia antibacteriana.⁷

Cabe resaltar que la forma y el diseño de las fibras son de suma importancia para garantizar una irradiación uniforme, como las puntas de panal de disparo lateral que son las más preferidas, ya que, la fibra la mantendremos en constante movimiento desde el ápice en dirección coronal, inclinándola y girándola, en modos pulsados para evitar el estrés térmico de la raíz y de los tejidos perirradiculares.⁷

8.3 Protocolo de desinfección y efecto bactericida del rayo láser

Siendo aplicado el protocolo de conformación, limpieza y desinfección convencional en los conductos radiculares y previamente a la obturación hermética y tridimensional del mismo, el rayo láser se debe aplicar de la siguiente manera:

- Se Emplearán fibras con un diámetro que oscila entre 200 a 400µm, permitiendo su inserción en el interior del conducto radicular.
- Después de insertar la fibra en el conducto radicular, se posicionará a una distancia mínima de 1mm desde el ápice del diente, llevando a cabo un movimiento circular en dirección coronal
- Los movimientos que se harán de la región apical hacia la zona coronal serán a una velocidad de 1mm por segundo, pudiendo repetirse 3 o 4 ocasiones.
- Los parámetros a emplear varían según el tipo de rayo láser que se utilice.
- Debido a su capacidad bactericida, se aconseja la utilización de láseres, tales como el Er:YAG y Er,Cr:YSGG, Nd:YAG, diodo (810, 940, 980nm) Nd:YAP, , CO2,. ¹⁰

Acción bactericida y mecanismo de acción:

La mayor parte de los efectos se le atribuyen a la absorción de la energía emitida por la luz del rayo láser, ya sea en el interior de la mitocondria de las células o a nivel de los fotorreceptores celulares, tales como las porfirinas endógenas y las moléculas de la cadena respiratoria, como el citocromo C-oxidasa. Estas estructuras logran captar la luz del rayo láser, trasladando la energía a las mitocondrias par potenciar su producción de ATP y producir la lisis celular. ¹⁰

II. CONCLUSIONES

Ante la problemática del fracaso del tratamiento de conductos para cualquier clínico, es de suma importancia conocer las alternativas auxiliares que la evolución de la tecnología del uso del rayo láser nos ha brindado para realizar un tratamiento eficaz en el paciente y eliminar la enfermedad.

Cabe resaltar que las bacterias, principalmente por la colonización de *Enterococcus fecalis* son el principal factor etiológico que se ha hecho difícil de eliminar al 100% en el tratamiento de conductos convencional, ya sea aplicando el protocolo con instrumentación manual o rotatoria; y aplicando la mezcla de soluciones irrigadoras desinfectantes, pues se sabe que, aún no existe totalmente la solución desinfectante ideal que cumpla con todas las características, como ya se había mencionado, esto se debe a la restricción de infiltración de las soluciones desinfectantes hacia los túbulos dentinarios añadiendo la complejidad anatómica que pueden presentar los conductos radiculares, aún así, se considera el NaOCl el principal irrigante.

El efecto antimicrobiano y el uso como auxiliar del rayo láser se sigue manteniendo en investigaciones, sin embargo, con los estudios e investigaciones que se han realizado hasta ahora, se ha comprobado que el uso del rayo láser con Er: YAG, Er, Cr: YSGG, Nd: YAG y Diodo se ha tenido éxito como alternativa desinfectante en el tratamiento de conductos radiculares convencional, ya que, ha sido posible eliminar el barrillo dentinario con presencia de *Enterococcus fecalis* y ha ayudado a que nuestro protocolo de irrigación con soluciones desinfectantes se vea beneficiado ante potencializar su penetración más allá de lo que impregna la irrigación convencional, principalmente con el hipoclorito de sodio que es de 100 a 300 micras, con protocolo de desinfección fotodinámica, fototérmica, LAI.

Existe una gran variedad de tipos de láser para un uso en particular y que no realizan el mismo efecto ante los tejidos, es de suma importancia que el profesional y equipo de trabajo conozcan y estén capacitados para usar los tipos de láser para ejecutar el mejor tratamiento, dentro de los rayos láser más utilizados en endodoncia son los de alta potencia, como: Diodo, Nd: YAG, Er: YAG Er,Cr:YSGG, CO2, etc, lamentablemente aún no existe un solo láser que pueda hacer cualquier tipo de tratamiento odontológico, principalmente para suplir el protocolo de la terapia endodóntica convencional, pero si existe la gran oportunidad de usar dos tipos de rayo láser diferentes para combinar sus efectos y lograr resultados mejorados.

Finalmente, la ciencia y las investigaciones apoyan la optimización de su aplicación en endodoncia principalmente, ya que, la mayoría de las investigaciones y estudios existentes han sido con la aplicación de experimentos *in vitro* o *ex vivo*, sin embargo, este tema sigue en investigación para mejorar protocolos al utilizarlo como auxiliar en el tratamiento de conductos.

III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Berutti E, Gagliani M. Manual de endodoncia. Italia: Almoca; 2017.
2. Betancourt P, Arnabat J, Viñas M. Irrigación activada por láser en endodoncia. Int. J. Odonto [Internet] 2021 [Consultado 04 oct 2023]; 15(3):773-781. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2021000300773>
3. Camargo S. El efecto antibacteriano del láser en endodoncia. Dent. Trib. Hisp. Lat. Am. [Internet] 2015 [Consultado 04 oct 2023]; 18-23. Disponible en: <https://la.dental-tribune.com/>
4. Canalda C, Brau E. Endodoncia, técnicas clínicas y bases científicas. 3 ed. Barcelona España: Elsevier Masson; 2014.
5. Cohen S, Hargreaves KM, Berman LH. Cohen Vías de la pulpa. 10 ed. Barcelona España: Elsevier; 2011.
6. Cohen S, Hargreaves KM, Berman LH. Cohen Vías de la pulpa. 12 ed. Barcelona España: Elsevier; 2022.
7. Coluzzi DJ, Steven PA. Lasers in Dentistry- Current Concepts [Internet]. New York: Springer; 2017 [revisado: 2023; citado 2023 oct 06]. Disponible en: <https://librunam.dgb.unam.mx/>
8. De lima Machado ME. Endodoncia, ciencia y tecnología Tomo 1 [Internet]. Brasil: Almoca; 2016 [revisado: 2023; citado: 2023 septiembre 18]. Disponible en: <https://librunam.dgb.unam.mx/>
9. España Tost A, Arnabat J, Berini L. Aplicaciones del láser en odontología. RCOE [Internet] 2004 [Consultado 03 nov 2023]; 9(5):497-511. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=s1138-123x2004000500002&script=sci_arttext
10. España Tost A, Sáez de la fuente I, Arnabat J, et al. Protocolos y guías de práctica clínica de láser en odontología [Internet]. Madrid, España: Sociedad Española de Láser y Fototerapia en Odontología. SELO; 2016 [consultado 03 nov 2023]. Disponible en:

<https://consejodontistas.es/protocolos/protocolos-y-guias-de-practica-clinica-de-laser-en-odontologia/>

11. Estrada MM, Álvarez LB. El barrillo dentinario y su importancia en endodoncia. RCOE [Internet] 2019 [Consultado 06 oct 2023]; 24(1): 11-21. Disponible en: <https://rcoe.es/articulos/75-el-barrillo-dentinario-y-su-importancia-en-endodoncia-.pdf>
12. Falcón Guerrero BE, Guevara Callire LY. Interacciones entre soluciones irrigantes durante el tratamiento de endodoncia. Rev. Méd. Basad. [Internet] 2017 [Consultado 22 oct 2023]; 11(1): 56-59. Disponible en: <http://www.revistas.unjbg.edu.pe/index.php/rmb/article/view/616>
13. García Aranda RL, Briseño Marroquín B. Endodoncia I Fundamentos y clínica. 1 ed. México: UNAM; 2016.
14. Ibarra H, Pottiez O, Gómez A. El camino hacia la luz láser. Rev. Mex. Fis. [Internet] 2018 [Consultado 06 oct 2023]; 64(2): 100-107. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-35422018000200100&script=sci_arttext
15. Lardiés D, Almenara M. Láser en odontología, tejidos blandos y duros. Revisión de la literatura científica. Rev. San. Inv. [Internet] 2021 [Consultado 03 noviembre 2023]; 2(8): 89. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8074677>
16. Ledezma P, Bordagaray MJ, Basualdo J, Bersezio C. Usos del láser en la terapia endodóntica. Revisión de literatura. Int. J. Med. Surg. Sci. [Internet] 2020 [Consultado 04 oct 2023]; 7(4): 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.32457/ijmss.v7i4.570>
17. Martínez Arizpe H. Odontología láser. México: Trillas; 2007.
18. Moradas E. Estado actual del láser en odontología conservadora: Indicaciones, ventajas y posibles riesgos. Revisión bibliográfica. Av. Odontoestomatol. [Internet] 2016 [Consultado 14 nov 2023]; 32 (6): 309-315. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0213-12852016000600004&script=sci_arttext&tlng=pt

19. Nageswar R. Endodoncia Avanzada. México: Almoca; 2013.
20. Quesada ME, Covo ME, Herrera HA. Uso del láser de baja potencia como coadyuvante en el tratamiento de lesiones periapicales. Revisión sistemática. Rev. Sal. Uni. [Internet] 2018 [consultado 04 oct 2023]; 34(3): 797-805. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/817/81759607025/>
21. Santillana ML, Cruz E. Un día como hoy se encendió con éxito el primer láser. 16 de mayo [Internet]. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM; 2018 [Consultado 14 oct 2023]. Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/leer/743/un-dia-como-hoy-se-encendio-con-exito-el-primer-laser#:~:text=La%20historia%20del%20l%C3%A1ser%20est%C3%A1,exitoso%20y%20p%C3%ABlico%20del%20primer>
22. Sapienza ME, Jara Ortiz M, Zaracho H, et al. Determinación de la penetración del láser en los túbulos dentinarios. Rev. Fac. Odont. [Internet] 2021 [Consultado 12 oct 2023]; 65-68. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131637>
23. Torabinejad M, Walton R, Ashraf F. Endodontics: Principles and practice. 5 ed. Barcelona España: Elsevier Saunders; 2015.
24. Vielma E, Garrido M, Yuncosa M. Aplicaciones del láser en odontología. Act. Biclin. [Internet] 2012 [Consultado 28 oct 2023]; 1-22. Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/actabio/v2s2/art02.pdf>
25. Vilchis Rodríguez SA, Gurria Mena A. Efecto antibacteriano del láser en el tratamiento de conductos. Rev. Mex. de Estom. [Internet] 2019 [Consultado 30 oct 2023]; 6(2): 9-13. Disponible en: <https://remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/280>