



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CENTRO UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESINA

**ANALISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE
EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA
OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS
RADICULARES.**

Para obtener el grado de

ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

PRESENTA:

C.D. INDIRA JAZMIN GARCIA VALDOVINOS

ASESOR DE TESINA: C.D.E.E. ADRIANA LUCIA ARENAS PEREZ
ASESOR METODOLÓGICO: M.C. HÉCTOR RUIZ REYES

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO
OCTUBRE DEL 2013



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

TESINA

**ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE
PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN
CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL
TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.**

Para obtener el grado de

ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

PRESENTA:

C.D. INDIRA JAZMIN GARCIA VALDOVINOS

ASESOR DE TESINA:

CIRUJANO DENTISTA ESPECIALISTA EN ENDODONCIA: ADRIANA LUCIA ARENAS PEREZ

ASESOR METODOLÓGICO:

MAESTRO EN CIENCIAS: HÉCTOR RUIZ REYES

**MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO
OCTUBRE DE 2013**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre conmigo y ser el pilar en mi vida, gracias por regalarme la dicha de estar viva y darme la oportunidad de finalmente culminar este sueño.

A mis padres, Luis Alberto y Bertha Delia, gracias papás porque siempre han estado presentes con su apoyo físico y moral, gracias por su amor, cariño y guía a lo largo de mi vida, los amo.

A mi esposo Dante, mi hija Dafne y el bebé que viene en camino, porque son motivo de inspiración para seguir superándome y en constante preparación, gracias por la paciencia, el apoyo y gracias por su amor.

A mis hermanos Luis Govinda y Delia Manjari, por estar siempre conmigo desde la infancia hasta estos momentos y que aunque estén alejados me dan su apoyo incondicional, los adoro hermanos.

A mi familia, a mis tíos más allegados que aunque algunos están lejos son parte esencial en mi vida, en especial mi **Tía Chela**, la cual me ha brindado su amor y apoyo incondicional desde la infancia hasta la actualidad, a mis primos con los que he compartido experiencias inolvidables, a mis sobrinos a los cuales adoro, a mis suegros y cuñados (as) gracias también por su apoyo en innumerables ocasiones.

A mis profesores:

C.D.E.O. Elizabeth Zepeda Maldonado, coordinadora general del Centro Universitario de Estudios de Posgrado e Investigación (CUEPI), gracias por su apoyo, disposición, actitud eficiente y amabilidad al orientarme durante este proceso.

C.D.E.E. Adriana L. Arenas Pérez, coordinadora de la especialidad de endodoncia y asesora de este trabajo, gracias Dra. por compartirme sus conocimientos, por su disposición, amabilidad y apoyo brindado durante la realización de este proyecto.

C.D.E.E. Fernando Fernández Treviño, gracias Dr. por su sencillez, gran calidad humana, por su disposición y guía en la elaboración de este trabajo. Gracias por sus enseñanzas que me han inspirado a mejorar tanto como persona como profesionalmente.

C.D.E.E. Janeth Morales Cortés, gracias amiga por tu amistad, por ser parte de esta historia, por compartir momentos de alegría, tristeza y tantas anécdotas juntas a lo largo de este camino, gracias por el apoyo brindado y el tiempo dedicado en la revisión de este trabajo, te quiero.

M.C. Héctor Ruíz Reyes, gracias maestro por su paciencia, guía, excelente asesoramiento, consejos y tiempo dedicado en la realización de este trabajo.

C.D. Silvia Hernández Martínez, gracias amiga por el apoyo incondicional, por escucharme, por estar a mi lado en las buenas y en las malas, aquí estamos finalmente culminando este sueño, te quiero.

A mis compañeros del posgrado Adán, Bety, Claudia C., Claudia O., Luz, Reyes, Chely, por su amistad, compañerismo y apoyo mutuo durante este proyecto y a lo largo de la especialidad.

Al Dr. J. Antonio Villar y Dra. Olga Orozco, por la oportunidad de trabajo, confianza y disposición de hacer uso de sus instalaciones y aparatos dentales.

A mis amigos, compañeros de trabajo que conozco desde la infancia y algunos que conocí en estos últimos años, gracias por su amistad y apoyo incondicional.

PRÓLOGO.

En este trabajo de tesina se muestra una recopilación de trabajos de investigación publicados en diferentes revistas científicas indexadas con factor impacto, en las cuales se analiza la aplicación del Laser de alta potencia en endodoncia como agente bactericida, específicamente el Laser Nd:YAG.

En los primeros capítulos se describe la importancia de la endodoncia, cuales son las características necesarias para lograr una adecuada desinfección, tomando en cuenta la diversidad anatómica que presentan los conductos radiculares y la penetración bacteriana en el interior de los túbulos dentinarios.

En los siguientes capítulos se describirán los beneficios que ofrece el Laser Nd: YAG al ser utilizado como agente bactericida no tóxico, que a través de su efecto de calor causa daños acumulativos en las células bacterianas, provocando su muerte.

Al final de este escrito se describen seis casos clínicos en los cuales se ha utilizado el laser Nd: YAG en combinación con agua ozonizada para la limpieza de conductos radiculares, dando un seguimiento a cada caso al mes, 3,6 y 9 meses, para observar la evolución del paciente.

Es así como este trabajo tendrá una gran aportación en el campo de la endodoncia, incitando al uso del Laser como sustituto o auxiliar de las soluciones irrigantes, que si se usa de manera adecuada y bajo los parámetros establecidos cumple los requisitos necesarios de desinfección, de una manera segura.

Es así como se culmina esta obra esperando que sea de su agrado y utilidad.

Indira Jazmín García Valdovinos

Mayo 2013

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMEN	15
1. INTRODUCCIÓN	19
2. OBJETIVO	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. ANTECEDENTES GENERALES	24
4.1. Importancia del tratamiento de conductos	25
4.1.1 Configuración anatómica de los conductos radiculares y su relación con la penetración bacteriana	26
4.2. Importancia de la Irrigación en Endodoncia	31
4.2.1 Hipoclorito de Sodio (NaOCl)	32
4.2.2 Clorhexidina (CHX)	36
4.2.3 Hidróxido de Calcio Ca(OH) ₂	39
4.2.4 Soluciones Quelantes	42
4.2.5 Agua Ozonizada (O ₃)	44
4.3. Aplicaciones del Laser en Endodoncia	48
4.3.1 Fundamentos físicos y aspectos generales	48
4.3.2 Clasificación de equipos Laser	51
4.3.3 Usos y aplicaciones del Laser	54
4.4. Laser Nd: YAG	57
4.4.1 Características Generales	57
4.4.2 Detalles técnicos	59
4.4.3 Estructura celular de las bacterias Gram positivas y Gram negativas	61
4.4.4 Mecanismo de acción del Laser	66

	Página
5. DIAGRAMA DE MAPA CONCEPTUAL	74
6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REVISTAS CONSULTADAS	75
7. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	79
8. PRESENTACIÓN DE CASOS CLÍNICOS	106
8.1 Metodología	107
8.2 Presentación de caso clínico No. 1	116
8.3 Presentación de caso clínico No. 2	119
8.4 Presentación de caso clínico No. 3	121
8.5 Presentación de caso clínico No. 4	123
8.6 Presentación de caso clínico No. 5	125
8.7 Presentación de caso clínico No. 6	128
9. CONCLUSIONES	130
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Indica los efectos tisulares que puede producir el laser de alta potencia según la temperatura alcanzada. España-Tost (2004).	53
Tabla 2	Indica los tratamientos en terapéutica dental. España-Tost (2004).	56
Tabla 3	Indica las características generales del Laser Nd:YAG. Zavaleta-de la Huerta (2004).	59
Tabla 4	Lista de Revistas consultadas, descripción de su base de datos y factor impacto.	75
Tabla 5	Representa la frecuencia y tipos de artículos consultados de cada uno de las revistas científicas.	77
Tabla 6	Representa la cuantificación de bacterias (CFU/mL) en los 6 grupos evaluados (Wang, 2007).	80
Tabla 7	Muestra el contenido mineral (peso %) de cada uno de los grupos tratados como son: Control, 5.25% NaOCl, 3% H ₂ O ₂ , 15% EDTA, 2% Clorhexidina y Laser Nd:YAG (Gurbuz, 2008).	83
Tabla 8	Muestra los resultados de la investigación SEM de los debris y limalla dentinaria (Gurbuz, 2008).	84
Tabla 9	Muestra los resultados obtenidos utilizando cada uno de los Laser con diferentes soluciones irrigantes y la utilización de una fibra óptica simple o una fibra modificada (George, 2008).	93
Tabla 10	Muestra el análisis estadístico que se realizó en este estudio (George, 2008).	94

Tabla 11	Especifica los diferentes tratamientos en cada uno de los grupos de este estudio. (Harry Huiz & Suardita, 2011).	Página 102
Tabla 12	Muestra el rango de puntuación de la limalla dentinaria en cada grupo después del procedimiento de irrigación. (Harry Huiz & Suardita, 2011)	103
Tabla 13	Muestra el rango de puntuación del debris en cada grupo después del procedimiento de irrigación. (Harry Huiz & Suardita, 2011).	103
Tabla 14	Muestra la frecuencia y distribución de la puntuación de la limalla dentinaria. (Harry Huiz & Suardita, 2011).	104
Tabla 15	Muestra la frecuencia y distribución de la puntuación de la limalla dentinaria. (Harry Huiz & Suardita, 2011).	104

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Representa la limalla dentinaria vista con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM). Moritz (2006).	26
Figura 2	a) Representa la diversidad anatómica dentro del sistema de conductos, b) la histología dental en la unión amelocementaria, como se conectan entre si los túbulos dentinarios y las terminaciones periféricas. Moritz (2006).	27
Figura 3	a) Representación de una foramina accesoria y b) del complejo tridimensional de los túbulos dentinarios. Moritz (2006).	28
Figura 4	Representa la penetración bacteriana del <i>Enterococcus faecalis</i> dentro de los túbulos dentinarios. Moritz (2006).	28
Figura 5	Representa la penetración de las soluciones desinfectantes de las bacterias y del laser hacia los túbulos dentinarios. Moritz (2006).	29
Figura 6	Imágenes tomadas con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) de la penetración bacteriana dentro de los túbulos dentinarios. Moritz (2006).	30
Figura 7	Representa la estructura molecular del Hipoclorito de Sodio (NaOCl). Wikipedia.com	32
Figura 8	Representa la estructura molecular de la Clorhexidina (CHX). Wikipedia.com	37
Figura 9	Representa la estructura molecular del EDTA. Wikipedia.com	42

		Página
Figura 10	Representa la fórmula desarrollada del Ozono (O ₃). Wikipedia.com	44
Figura 11	Representa la emisión estimulada de la radiación Laser. Furze (2000)	49
Figura 12	Muestra las características de la luz Laser Natera A.E. (2006)	50
Figura 13	Representa el diagrama de los componentes del rayo Laser. Natera A.E (2006)	51
Figura 14	Representa al Laser Nd:YAG, comercializado por la casa Fotona Medical Laser (Slovenia, E.U.) (Zavaleta de la Huerta, 2004).	57
Figura 15	Muestra el diagrama de la propagación de la luz en la profundidad de la dentina. Moritz (2006).	60
Figura 16	Representa la estructura de las bacterias Gram positivas y Gram Negativas (Google.com).	61
Figura 17	Representa la pared celular de las bacterias Gram negativas (Google.com).	62
Figura 18	Modelo de la estructura de la pared celular de las bacterias Gram negativas Moritz (2006).	63
Figura 19	Muestra las diferencias entre la estructura de la pared celular de las bacterias Gram positivas y Gram negativas, causada por diferente concentración y la posición de la Mureína. Moritz (2006).	64
Figura 20	Muestra la gruesa capa de peptidoglicanos. (Imágenes Google.com).	65
Figura 21	Muestra la pared celular de las bacterias Gram positivas. Imágenes (Google.com).	65

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

		Página
Figura 22	Muestra la profundidad de penetración de los desinfectantes químicos, bacterias y Laser. Moritz (2006).	67
Figura 23	Muestra la irradiación indirecta de la dentina a través de la fibra óptica del Laser Nd:YAG. Moritz (2006)	68
Figura 24	Muestra las membranas “beebbling” ocasionadas por el daño a la membrana celular al aplicar calor. Moritz (2006).	69
Figura 25	Muestra las “ampollas/vesículas” unas más grandes y otras más pequeñas en superficie. Moritz (2006).	70
Figura 26	a) Muestra la contracción o disminución del tamaño normal de las bacterias b) Muestra las estructuras aglomeradas y aglutinadas. Moritz (2006).	72
Figura 27	Muestra los cuerpos celulares vacíos. Moritz (2006).	72
Figura 28	Muestra la fragmentación celular bacteriana. Moritz (2006).	73
Figura 29	Representa el diseño y estructura del mapa conceptual	74
Figura 30	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo denominado “ <i>Evaluation of the Bactericidal Effect of Er, Cr:YSGG and Nd:YAG Lasers in Experimentally Infected Root Canal</i> (Wang, 2007).	79
Figura 31	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo denominado “ <i>Evaluation of Root Canal Dentin after Nd:YAG laser irradiation and Treatment with Five Different Irrigation Solutions: A Preliminary Study</i> ” (Gurbuz, 2008).	82

		Página
Figura 32	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo denominado " <i>Temperature Changes Accompanying Near Infrared Diode Laser Endodontic Treatment of Wet Canals</i> " (Hmud, 2010).	85
Figura 33	Muestra el efecto de la potencia del laser y la frecuencia del pulso en el tiempo necesario para iniciar la cavitación en agua, usando el Laser Sirolaser. Cada serie está a un promedio diferente de poder Laser, desde 0.5 a 7 W en incrementos de 0.5-W. (Hmud, 2010).	87
Figura 34	Muestra el efecto promedio de poder del Laser en el tiempo necesario para iniciar la cavitación en agua usando el Sirolaser y Ezlase. La serie de datos son: la frecuencia (en Hz) para el Sirolaser (s) y la duración del pulso/ intervalo del pulso (en milisegundos) para Ezlase (e) (Hmud, 2010).	87
Figura 35	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo de investigación denominado: " <i>Comparison of Bacterial Reduction in Straight and Curved Canals Using Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Laser Treatment versus a Traditional Irrigation Technique With Sodium Hypochlorite</i> " (Dewsnup, 2010).	89
Figura 36	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo de investigación denominado " <i>Laser Activation of Endodontic Irrigants with Improved Conical Laser Fiber Tips for Removing Smear Layer in the Apical Third of the Root Canal</i> " (George, 2008).	92
Figura 37	Esquema que representa la estrategia experimental del artículo de investigación denominado: " <i>Effect of Laser-activated Irrigation of 1320-Nanometer Nd:YAG Laser on Sealer Penetration in Curved Root Canals</i> " (Moon, 2012).	96
Figura 38	Representa la penetración del sellador dentro de los túbulos dentinarios a 2 y 5 mm del ápice radicular. ($P < .05$) (Moon, 2012).	98

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

		Página
Figura 39	Muestra las imágenes representativas CLSM de cada grupo (magnificación original 50x). Las imágenes superiores representan las muestras a 2 mm y las inferiores a 5 mm del ápice radicular (Moon, 2012).	99
Figura 40	Esquema que representa la estrategia experimental publicada en el estudio de investigación denominado: " <i>Efficacy of Smear Layer Removal at the Root Tip by Using Ethylenediaminetetraacetic Acid and Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet Laser</i> " (Huizpeeters, 2011).	100

RESUMEN

En la actualidad se han utilizado varias soluciones de irrigación para la desinfección de conductos en endodoncia. El hipoclorito de sodio (NaOCl) es uno de los irrigantes más utilizados, ya que es un agente antimicrobiano que destruye y elimina la mayoría de los microorganismos dentro de los conductos radiculares, incluyendo virus y bacterias y tiene la capacidad de disolución de tejidos. Las desventajas de su uso es su toxicidad y efecto irritante, por lo que se ha sugerido su uso en dilución 1:1 (hipoclorito/agua) o en bajas concentraciones para así disminuir su toxicidad. Sin embargo al disminuir su concentración disminuye también su efecto bactericida, por lo que se tiene que compensar este hecho al aumentar el volumen de irrigación o aumentando la temperatura para lograr así el efecto bactericida deseado.

La Clorhexidina al utilizarse durante el tratamiento de conductos, tiene capacidad bactericida similar a la del hipoclorito de sodio, sin embargo no puede ser utilizada como solución irrigante única pues no tiene la capacidad de disolver el tejido necrótico remanente. El Hidróxido de Calcio es la sustancia que menos efectividad bacteriana tuvo contra el *E. faecalis*, comparandolo con otros medicamentos intraconducto, al igual el EDTA es una solución quelante pero por si sola no tiene efecto bactericida contra el *E. faecalis*.

El agua ozonizada es una solución irrigante, que debido a sus propiedades bactericidas y virucidas reducen el nivel del *Enterococcus faecalis* en los túbulos dentinarios con la exposición a 2 y 4 ppm (mg/L) de ozono en agua, sin embargo una de sus desventajas es que no neutraliza las endotoxinas. Por lo que el agua ozonizada es efectivo contra *C. albicans* y *E. faecalis*, pero no tiene un efecto residual.

El laser Nd:YAG está compuesto por un granate de Itrio y aluminio contaminado por Neodimio, emite una longitud de onda de 1064 nm en el infrarrojo cercano. Esta longitud de onda permite poder utilizarlo a través de una fibra óptica en el interior de los conductos, utilizándolo como agente desinfectante durante el tratamiento de conductos.

Este Laser es de gran utilidad en endodoncia, ya que se difunde en el interior de los túbulos dentinarios hasta 1000 micras (1 mm), permitiendo así la muerte de bacterias que se encuentran alojadas en su interior, contrario a las soluciones de irrigación que solo pueden penetrar hasta 100 micras hacia los túbulos dentinarios debido a su tensión superficial y al reducido espesor de los túbulos dentinarios.

Su mecanismo de acción reside en el calor emitido al activar la energía Laser, que al hacer contacto con las bacterias produce cambios en su membrana celular específicamente en la capa de Mureína o Peptidoglicanos, provocando la formación de vesículas o “membranas beebbling” rompiendo así el equilibrio interno de las bacterias, su presión osmótica y provocando finalmente su muerte celular. Este sistema ofrece varias ventajas al utilizarse en endodoncia, tiene un efecto bactericida, eliminación de limalla dentinaria y no es tan tóxico.

Durante la práctica profesional al utilizar el Laser Nd: YAG en conductos necróticos con una lesión periapical, se observó una reparación de la lesión en algunos casos a los 3 meses de haber terminado la endodoncia.

Palabras clave: Laser Nd:YAG, Desinfección de conductos, Irrigación.

ABSTRACT:

Actually several irrigation solutions have been used for disinfection canals in endodontics. Sodium hypochlorite (NaOCl) is one of the most used irrigant as it is an antimicrobial agent that destroys and eliminates most of the microorganisms within the root canal, including viruses and bacteria and has the ability to dissolve tissues. The disadvantages of its use is toxicity and irritating effect, so it has been suggested to use 1:1 dilution (hypochlorite / water) or in low concentrations to reduce its toxicity. However when its concentration decreases also decreases its bactericidal effect, so it has to be compensated by increasing the volume of irrigation or increasing the temperature to achieve the required bactericidal effect.

Chlorhexidine used for the root canal treatment has a bactericidal capacity similar to sodium hypochlorite, however it can not be used as single irrigating solution because of its inability to dissolve residual necrotic tissue. The calcium hydroxide is less effective bacterial substance against *E. faecalis*, when is compared with other intracanal medications, as EDTA is a chelating solution but by itself has not bactericidal effect against *E. faecalis*.

Ozonated water is an irrigating solution, which due to its bactericidal and virucidal properties reduce the level of *Enterococcus faecalis* in the dentinal tubules with exposure to 2 and 4 ppm (mg / L) of ozone in water, however one of its disadvantages is that it does not neutralize endotoxins, so ozonated water is effective against *C. albicans* and *E. faecalis*, but not have a residual effect.

The Nd:YAG laser is composed of a yttrium and aluminium garnet, doped with neodymium. Its emission wavelength is 1064 nm, in the near infrared spectrum. This wavelength allows using it through an optical fiber inside the canals, using as a disinfectant during root canal treatment.

This laser is useful in endodontics, as it diffuses inside the dentinal tubules to 1000 microns (1 cm), allowing the death of the bacteria that are housed therein, unlike the irrigation solutions can only penetrate to 100 microns into the dentinal tubules due to the reduced thickness of the dentinal tubules and its surface tension.

Its mechanism of action is based in the heat emitted by activating the laser energy, which on contact with bacteria produces changes in cell membrane specifically in murein or peptidoglycan layer, resulting in the formation of vesicles or "membranes beebbling" breaking the internal balance of bacteria and finally causing cell death.

This system offers several advantages when is used in endodontic, has a bactericidal effect, smear layer removal and is not as toxic.

During practice using the Laser Nd: YAG, necrotic canals with a periapical lesion there was a lesion repair in some cases at 3 months after finishing the root canal treatment.

Key words: Nd:YAG Laser, Disinfection canals, Irrigating solution.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la preparación químico-mecánica es la remoción de las capas internas de la dentina para permitir que el irrigante entre en contacto en toda la longitud del conducto radicular, reduciendo al máximo la carga bacteriana, sin embargo, la preparación de los conductos es influenciada por su variabilidad anatómica (Versiani M.A, 2011). En una infección pulpar las bacterias se fijan en las paredes de todo el conducto radicular, conductos accesorios y delta apical. Las bacterias también penetran dentro de los túbulos dentinarios donde estos microorganismos son capaces de sobrevivir a los procedimientos de desinfección-irrigación y a la instrumentación endodóntica convencional (Haapasalo M., 1987).

Una solución irrigante ideal debe de tener la capacidad de disolución de los tejidos pulpares vitales y necróticos, tanto en la luz de los conductos radiculares como en todos los recovecos del sistema de conductos, debe poseer baja tensión superficial para facilitar la penetración de la solución irrigante hacia los túbulos dentinarios, que sea biocompatible, que tenga baja toxicidad, capacidad de eliminación de bacterias, biofilm y neutralización de endotoxinas, capacidad de eliminar la capa residual (limalla dentinaria) de las paredes instrumentadas de los conductos y que sirvan como un lubricante para la entrada de los instrumentos dentro de los conductos radiculares (Ballester, 2009). Estas serían las características de una solución de irrigación “ideal”, sin embargo hasta el momento en endodoncia no existe alguna que cubra todos estos aspectos, por lo que es necesario realizar combinaciones de dos o más soluciones para obtener los objetivos mencionados.

En la actualidad el Laser ha sido utilizado como agente desinfectante durante el tratamiento de conductos (Natera, 2006). El Laser de alta potencia Nd:YAG está compuesto por un granate de itrio y aluminio ($Y_3Al_5O_{12}$), contaminado por neodimio, emite una longitud de onda de 1064 nm, en el infrarrojo cercano. Su longitud de onda es ligeramente superior a la luz visible. Este tipo de radiación dada su longitud de onda

puede ser transmitida a través de una fibra óptica, que puede ser según los fabricantes de 200, 320 y 400 micras, lo que lo hace que sea de fácil acceso. (Zavaleta de la Huerta, 2004). El laser Nd:YAG puede penetrar a una profundidad de 1000 μm o más dentro de los túbulos dentinarios, por lo que puede ser una gran alternativa para la desinfección de los conductos radiculares, aunque su efecto va debilitándose conforme penetra en las capas dentinarias más profundas. El efecto bactericida de todos los Laser de alta potencia reside en su efecto de calor (Moritz, 2006).

El laser Nd:YAG no es absorbido en superficie (zona de aplicación), si no que la luz penetra a través de la dentina, consiguiendo un efecto bactericida mas allá de lo que se obtiene con una irrigación con el Hipoclorito de Sodio (NaOCl) que penetra 100 μm . (España-Tost, 2004).

Las bacterias al ser irradiadas indirectamente con laser Nd:YAG, muestran cambios en la morfología celular y un daño en la membrana celular, dependiendo de la dosis. Esto nos indica que el principal daño causado por la luz laser en el rango del IR cercano, está hecho a la membrana celular (Moritz A., 2000). El factor estrés celular produce una letalidad baja, pueden existir cambios reversibles, pero cuando la célula es nuevamente irradiada la bacteria muere. Sin embargo, existe un mecanismo denominado efecto "Knock on", en el cual se espera un post-efecto después de la irradiación Laser (este post-laser puede ser comparado con el efecto post-antibiotico), es decir cuando las bacterias son irradiadas con una menor intensidad de luz Laser (1 w) muestra daños en la membrana celular (membranas beebbling o vesículas) pero no produce la muerte celular inmediata, produciendo un efecto en la supervivencia de la bacteria, es decir reduce su resistencia a los cambios de su entorno y aumenta la sensibilidad a los desinfectantes químicos (Moritz A. , 2006). Por otra parte, al incrementar la energía laser a 1.5 W, el efecto bactericida mejora, observando una destrucción bacteriana del 98% (Moritz A. , 2006). Por lo tanto, el presente trabajo de revisión está enfocado en la valoración del efecto bactericida del Laser Nd:YAG en combinación con el agua ozonizada, durante el tratamiento de conductos.

2. OBJETIVO

- Analizar el efecto desinfectante que produce el Laser Nd: YAG en combinación con agua ozonizada durante el tratamiento de conductos radiculares: Revisión bibliográfica
- Valorar el efecto desinfectante que produce el laser Nd: YAG en combinación con agua ozonizada en seis pacientes sometidos a tratamiento de conductos radiculares: Presentación de Casos clínicos.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante el tratamiento de conductos un factor fundamental para lograr el éxito de la endodoncia es la eliminación de bacterias, tomando en cuenta que la instrumentación mecánica de los conductos por sí sola no es capaz de eliminar adecuadamente las bacterias y los residuos pulpares, aunado a esto la variabilidad anatómica del sistema de conductos en el que podemos encontrar conductos laterales, deltas apicales que no permiten acceder fácilmente a su limpieza.

Actualmente, durante el tratamiento de conductos la solución de irrigación más utilizada es el hipoclorito de Sodio (NaOCl) que tiene un gran poder bactericida, pero que a la vez presenta una desventaja, que es su alta toxicidad. Tomando en cuenta lo anterior, se ha tratado de encontrar algún método de desinfección que cumpla las características necesarias, que tenga la capacidad de disolución de los tejidos, un potencial bactericida y que no sea tan toxico para los tejidos.

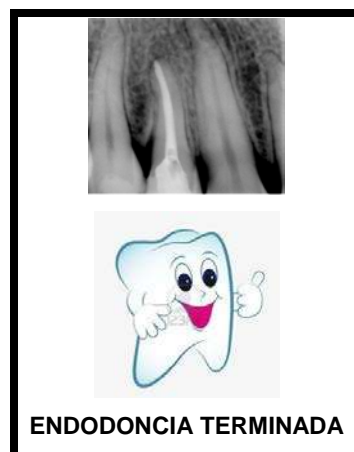
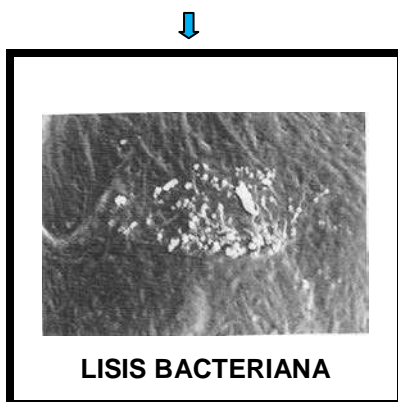
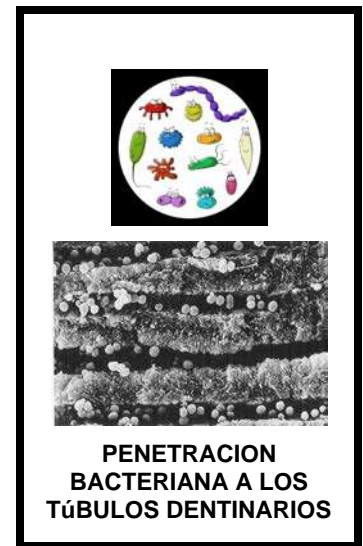
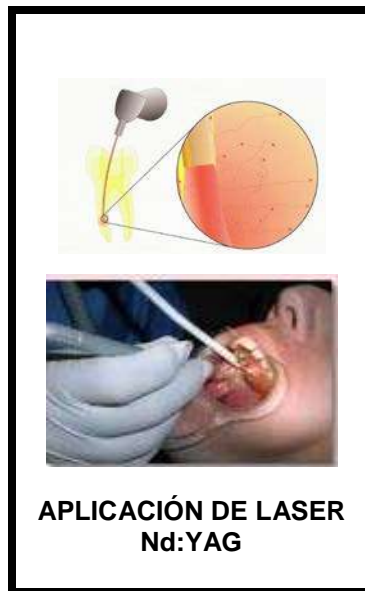
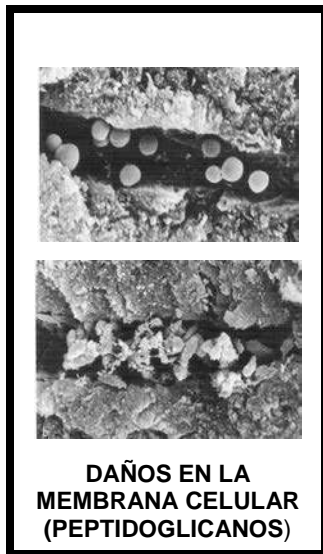
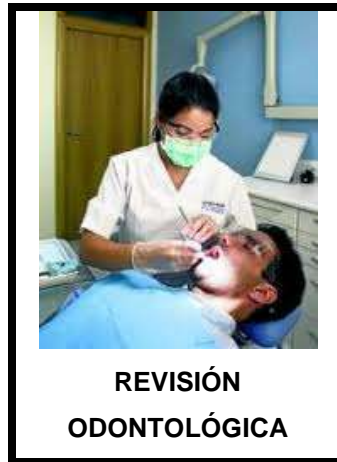
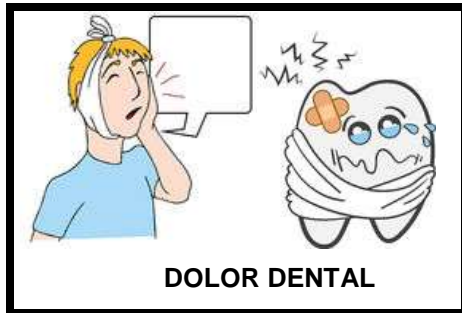
La experiencia en el uso de la irradiación Laser ha demostrado que da mejores resultados que cualquier otro método de desinfección de los conductos radiculares. Por lo que este trabajo de investigación se enfoca a su estudio.

La irradiación Laser es importante debido a que puede penetrar a través de los túbulos dentinarios con un buen margen de seguridad 1000 micras o μm (1 mm), logrando así la muerte de las bacterias de los conductos radiculares, específicamente del *Enterococcus faecalis*, que es una bacteria que tiene la capacidad de sobrevivir a cambios drásticos de temperatura, soportar el hambre, adherirse a través del colágeno de la dentina radicular e incubarse dentro de los túbulos dentinarios, penetrándolos hasta 1110 micras. Por el contrario, el hipoclorito de sodio tiene poca penetración al interior de los túbulos dentinarios (100 micras), debido a su alta tensión superficial y al reducido espesor de los túbulos dentinarios.

Este método de desinfección es efectivo ya que tiene varias ventajas respecto a las soluciones de irrigación convencional como el hipoclorito de sodio (NaOCl), Clorhexidina (CHX), Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 , el agua ozonizada (O_3) y las soluciones quelantes (EDTA). El Laser no es tóxico como el hipoclorito de sodio; elimina efectivamente la limalla dentinaria, mientras que el hipoclorito de sodio, la Clorhexidina, el agua ozonizada y el Hidróxido de Calcio no lo hacen; tiene un alto poder bactericida mientras que las soluciones quelantes no lo tienen. El laser supera ampliamente los métodos convencionales de irrigación ya que cumple con varias funciones importantes que ninguna solución de irrigación cumple por sí sola.

Por lo anteriormente expuesto, es importante estudiar su utilidad en los procesos de desinfección durante el tratamiento de conductos.

4. ANTECEDENTES GENERALES



4.1 IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS.

El propósito de la preparación de los conductos radiculares en la terapia endodóntica, es conformar los canales en forma adecuada y una limpieza del sistema de conductos, para así mejorar el acceso a las soluciones de desinfección. Por lo tanto, se puede decir que la preparación mecánica de los conductos radiculares ayuda a la desinfección, para la destrucción del biofilm que se adhiere a la superficie de los conductos y para la remoción de las capas de dentina infectada (Peters O.A , 2010).

El objetivo de la preparación químico mecánica es la remoción de las capas internas de la dentina, para permitir que el irrigante entre en contacto en toda la longitud del conducto radicular, reduciendo al máximo la carga bacteriana, sin embargo la preparación de los conductos es influenciada por su variabilidad anatómica (Versiani M.A, 2011). Por muchos años, ha sido común en la práctica un ensanchamiento del conducto, tres tamaños ISO más grandes que la primera lima que ajustó en la parte apical del conducto (Metzger Z, 2010).

La instrumentación de los conductos radiculares produce limalla dentinaria, esta estructura amorfa está compuesta de partículas de dentina, debris necrótico y procesos odontoblasticos que ocluyen los orificios de los túbulos dentinarios. La limalla dentinaria (figura 1) evita la penetración de las soluciones irrigantes, medicaciones y materiales de obturación dentro de los túbulos dentinarios, varios investigadores mencionan que esto puede ser un factor importante para evitar una limpieza adecuada (Yigit Ozer S, 2011).

Otro punto importante que se debe tomar en cuenta durante la instrumentación de los conductos es proveer una preparación continuamente cónica, mantener la anatomía original del conducto radicular y mantener el forámen sin ninguna transportación de la curvatura original del conducto (Adigüzel O, 2011).



Figura 1. Limalla dentinaria vista con el Microscopio Electrónico de Barrido. (SEM). Tomada del texto de Moritz (2006).

4.1.1. CONFIGURACIÓN ANATÓMICA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES Y SU RELACIÓN CON LA PENETRACIÓN BACTERIANA.

Para poder entender la capacidad antibacteriana de las soluciones irrigadoras comúnmente utilizadas durante el tratamiento de conductos, es necesario tomar en cuenta la complejidad de la estructura anatómica de los conductos radiculares, entender cómo el conducto principal puede ramificarse y formar conductos laterales y los delta apical, así como la formación de varios forámenes apicales; debido a esta variabilidad anatómica las bacterias pueden mantenerse dentro de los conductos radiculares, alojarse incluso dentro de los túbulos dentinarios y penetrar varios μm en su interior, por lo que nos enfocaremos a analizar estos problemas que podrían surgir dentro del tratamiento.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

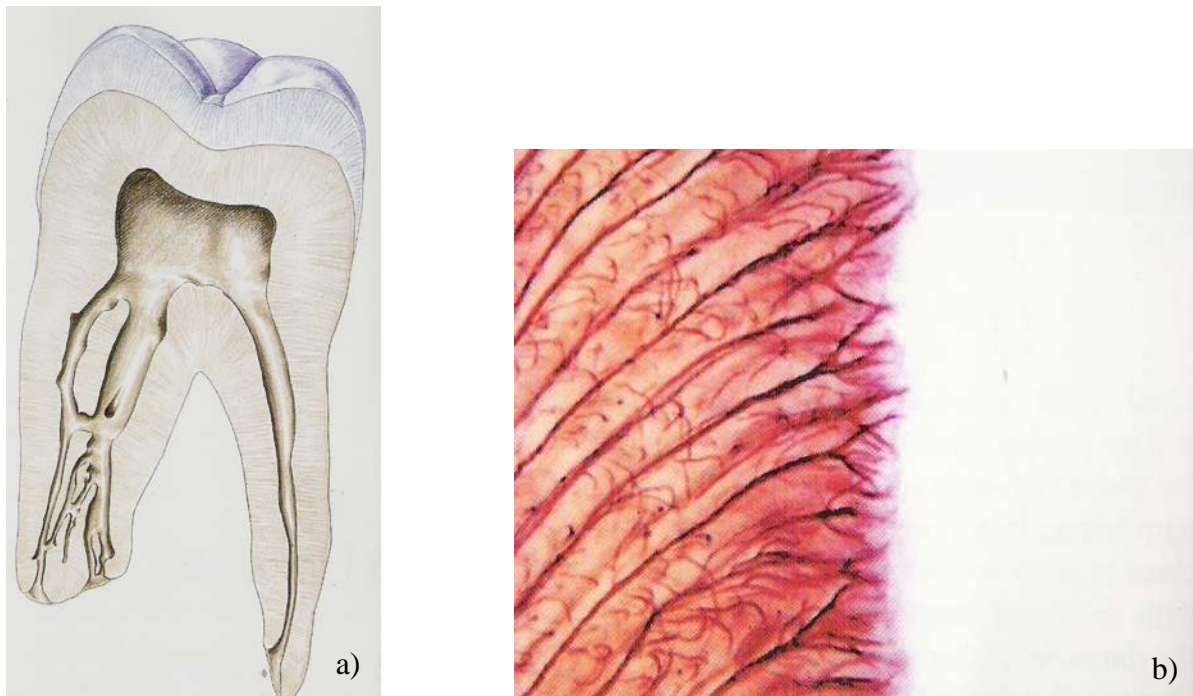


Figura 2. a) Representación de la diversidad anatómica dentro del sistema de conductos. b) La histología dental en la unión amelocementaria, como se conectan entre si los túbulos dentinarios y las terminaciones periféricas. Imagen tomada del texto de Moritz (2006).

En una infección pulpar las bacterias se fijan en las paredes de todo el conducto radicular, conductos accesorios y delta apical. Las bacterias también penetran dentro de los túbulos dentinarios donde estos microorganismos son capaces de sobrevivir a los procedimientos de desinfección-irrigación y a la instrumentación endodóntica convencional (Haapasalo M., 1987).

La más grande variedad anatómica puede ser encontrada en el área de los delta apical, donde el conducto principal puede conectarse al área apical con uno o más foraminas. (Moritz, 2006).

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

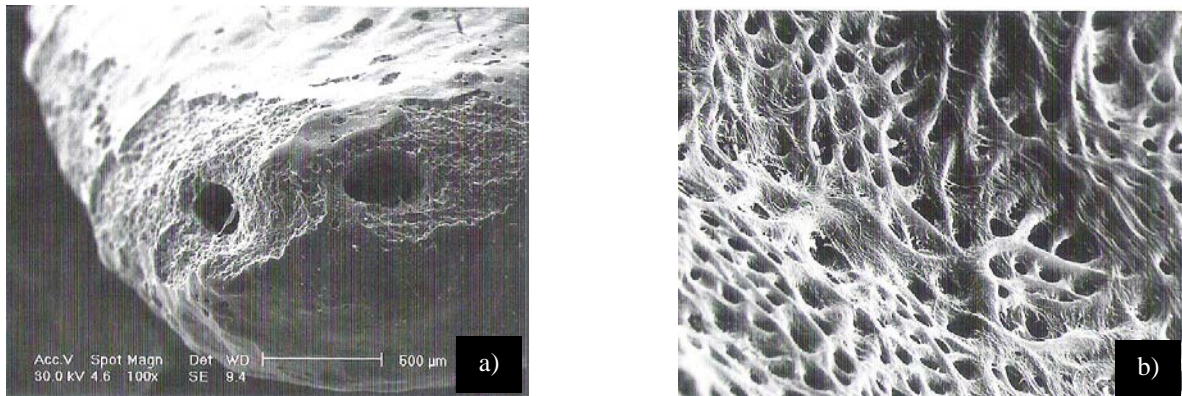


Figura 3. a) Representación de una foramina accesoria y b) del complejo tridimensional de los túbulos dentinarios. Imágenes tomadas del texto de Moritz (2006).

En un estudio en el que se evaluó el efecto bactericida del laser Er,Cr:YSGG y Nd:YAG en dientes infectados con *Enterococcus faecalis*; se describió que esta bacteria puede adherirse al colágeno encontrado dentro de los conductos radiculares, puede penetrar hasta 300 µm dentro de los túbulos dentinarios donde se resguardan las bacterias, tienen calor, nutrición y humedad para desarrollarse plenamente en presencia de suero humano, es por eso que estas bacterias pueden sobrevivir a la limpieza y desinfección químico-mecánica convencional, y pueden reinfestar un conducto radicular ya tratado con endodoncia (Wang, 2007).

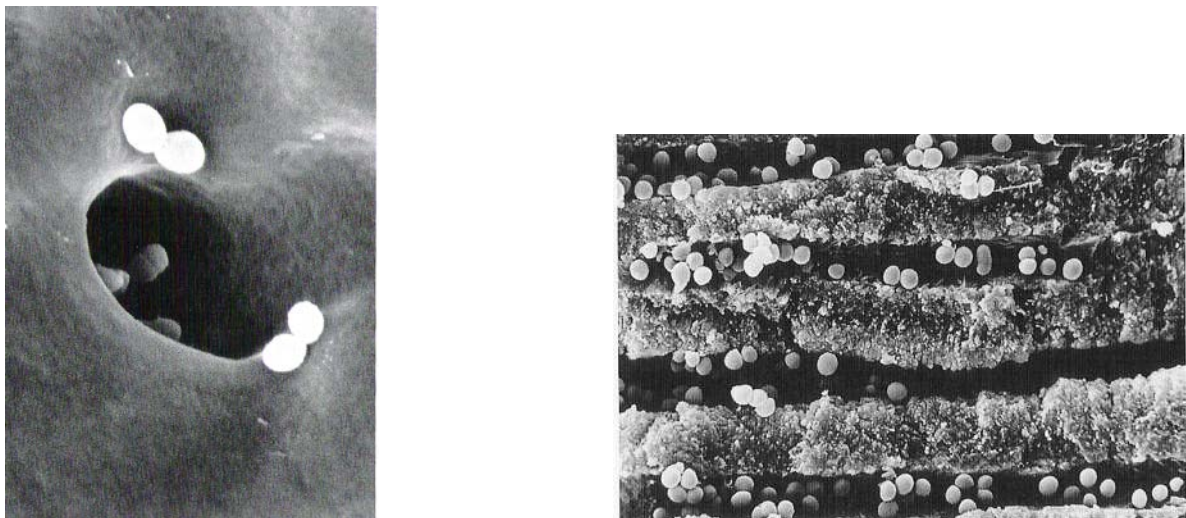


Figura 4. Penetración bacteriana de *Enterococcus faecalis* dentro de los túbulos dentinarios. Imágenes tomadas del texto de Moritz (2006).

El efecto bactericida de las soluciones irrigantes convencionales tiene que ver con su concentración para que realmente tengan un efecto antibacteriano, ya que uno de los problemas que se tiene al irrigar es que solo se limita al conducto radicular y es poca su penetración hacia los túbulos dentinarios debido a su alta tensión superficial y al reducido espesor de los túbulos dentinarios, penetrando en su interior solo 100 μm . Por el contrario las bacterias tienen una capacidad de invasión más amplia y pueden penetrar hasta 1000 μm en el interior de los túbulos dentinarios, y pueden migrar hasta los tejidos periapicales logrando una inflamación e infección periapical (Moritz, 2006).

Así mismo se propuso, que el Laser podría tener una ventaja debido a una mayor penetración hacia los túbulos dentinarios y por lo tanto obtener un mayor efecto bactericida.

Chemical disinfectant	Bacteria	Laser
100 μm	~1,110 μm	> 1,000 μm

Figura 5. Penetración de las soluciones desinfectantes, de las bacterias y del Laser hacia los túbulos dentinarios. Imagen tomada del texto de Moritz (2006).

La microbiota que se encuentra en los dientes con fracaso en el tratamiento de conductos, es predominantemente anaerobia facultativa y Gram positiva, siendo el *Enterococcus faecalis* la especie que se aísla con mayor frecuencia (Pardi G., 2009).

El *Enterococcus faecalis* es una bacteria en forma de coco dispuesta en cadenas o pares, Gram positiva, anaerobia facultativa, inmóvil y no esporulada, su tamaño oscila entre 0.5 y 0.8 micrómetros.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Tiene la capacidad de sobrevivir y crecer en microambientes que pudieran ser tóxicos para otras bacterias, incluso en presencia del Hidróxido de Calcio, en zonas con altas concentraciones de sales (6.5% de Cloruro de Sodio), temperaturas extremas (15-60°C), ya que la temperatura óptima de crecimiento de esta bacteria in vitro es de 35°C, sin embargo se ha observado crecimiento bacteriano entre 10°C y 45°C (Pardi G., 2009).

El *E. faecalis* posee una gran número de factores de virulencia que le permiten la colonización del huésped y de la matriz extracelular, compite con otros microorganismos, tiene resistencia en contra de los mecanismos de defensa del huésped y produce cambios patológicos generados a través de la producción de enzimas tóxicas o a través de la inflamación (Pardi G., 2009).

Se ha llegado a la conclusión de que la colonización de esta bacteria en un medio tan pobre de nutrientes como el conducto radicular se debe a la adhesión a la superficie de la dentina, ya que la dentina contiene colágeno y otras proteínas, se sugiere que las proteasas sintetizadas por *E. faecalis*, así como las proteína de unión al colágeno (Ace) pudiera participar o influir en la adhesión bacteriana y por lo tanto permitir la colonización de esta bacteria en el conducto radicular (Pardi G., 2009).

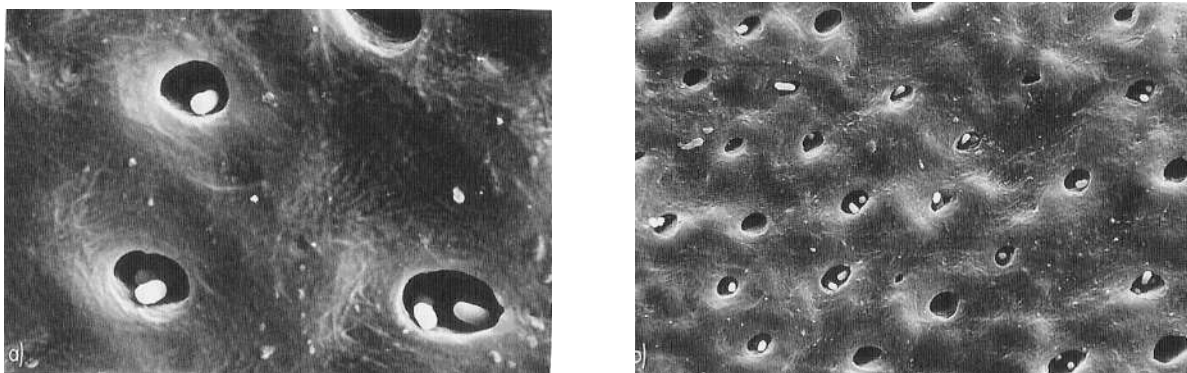


Figura 6. Imágenes con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) de la penetración bacteriana dentro de los túbulos dentinarios. Tomadas del texto de Moritz (2006).

Dewsnup N. et al. en el 2010, realizaron un estudio enfocado en comparar la reducción bacteriana en conductos curvos y rectos, comparando el tratamiento laser Er,Cr: YSGG con la técnica de irrigación convencional con hipoclorito de sodio en el cual utilizaron el *Enterococcus faecalis* como agente bacteriano debido a su factor severo de virulencia que hace difícil su erradicación de los conductos, la habilidad que tiene para resistir al hambre, para inhibir las funciones productoras de Citoquina de las células Th-1 y Th2, para unirse al colágeno, resistir al Ca(OH)_2 y su habilidad para invadir los túbulos dentinarios. Así podemos establecer que el *E. faecalis* es una bacteria con muchas cualidades que ayudan en su supervivencia ya sea dentro o fuera de los conductos radiculares (Dewsnup N., 2010).

4.2 IMPORTANCIA DE LA IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA.

Para realizar el tratamiento de conductos es necesario el lavado y aspirado de todos los restos y sustancias que pueden estar contenidas dentro del sistema de conductos y se lleva a cabo mediante el uso de agentes químicos aislados o combinados. La finalidad del proceso de irrigación es; eliminar restos pulpares, virutas de dentina y restos necróticos que pueden actuar como nichos de bacterias, disminuir la flora bacteriana, lubricar o humedecer las paredes dentinarias para facilitar la acción de los instrumentos y eliminar la capa residual (limalla dentinaria) (Lahoud Salem, 2006).

Una solución irrigante ideal debe de tener la capacidad de disolución de los tejidos pulpares vitales y necróticos, tanto en la luz de los conductos radiculares como en todos los recovecos del sistema de conductos, debe poseer baja tensión superficial para facilitar la penetración de la solución irrigante hacia los túbulos dentinarios, que sea biocompatible, que tenga baja toxicidad, capacidad de eliminación de bacterias, biofilm y neutralización de endotoxinas, capacidad de eliminar la capa residual (limalla dentinaria) de las paredes instrumentadas de los conductos y que sirvan como un lubricante para la entrada de los instrumentos dentro de los conductos radiculares (Ballester, 2009).

Estas serían las características de una solución de irrigación “ideal”, sin embargo hasta el momento en endodoncia no existe alguna que cubra todos estos aspectos, por lo que es necesario realizar combinaciones de dos o más soluciones para obtener los objetivos mencionados.

A continuación se describirán algunos irrigantes más utilizados en endodoncia.

4.2.1 HIPOCLORITO DE SODIO

El hipoclorito de Sodio (NaOCl) es sin duda uno de los irrigantes más utilizados en la endodoncia, ya que se ha demostrado que por sus propiedades puede ser un excelente bactericida y puede desintegrar fácilmente la materia orgánica. La Asociación Americana de Endodoncistas ha definido al hipoclorito de sodio como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor clorino, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos y además es un potente agente antimicrobiano (Glossary,1998).

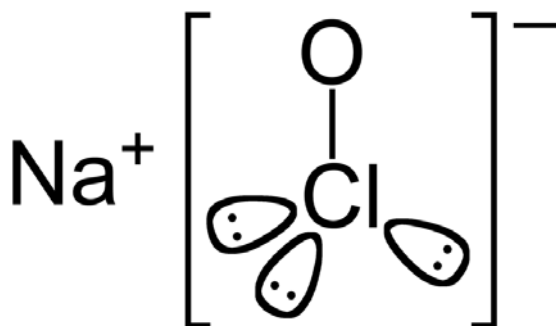


Figura 7. Muestra la estructura molecular del Hipoclorito de sodio. Tomada de Wikipedia.com

Esta solución, se utilizó desde la 1ª guerra mundial en 1915, como desinfectante cuando Dakin la utilizó en heridas abiertas e infectadas. La solución original de Dakin era de 0.45 al 0.50%. En 1917 Barret difundió el uso de la solución de Dakin en odontología, sobre todo en la irrigación de conductos radiculares.

Años más tarde Coolidge también empleó el hipoclorito de sodio para la desinfección de los conductos radiculares. A partir de 1920 fue utilizado en endodoncia como principal irrigante (Cardenas-Bahena, 2012).

El mecanismo de acción del Hipoclorito de sodio es interferir sobre la fosforilación oxidativa y en las funciones de la membrana celular, como la síntesis de ADN en el interior de la célula (Ballester,2009).

El Hipoclorito de Sodio tiene algunas propiedades benéficas durante el tratamiento de conductos como son; el desbridamiento del conducto, lubricación, ya que humedece las paredes del conducto radicular y favorece la acción de los instrumentos, es un agente antimicrobiano eficaz, ya que destruye y elimina la mayoría de los microorganismos dentro de los conductos radiculares, incluyendo virus y bacterias, tiene una capacidad de disolución de tejidos muy eficaz, aunque su eficacia de disolución depende también de la integridad estructural del tejido conjuntivo de la pulpa, es decir, si la pulpa está en un estado necrótico los restos de tejido se disuelven rápidamente, si la pulpa está vital se requiere de más tiempo para que el hipoclorito de sodio disuelva los restos, también tiene baja tensión superficial, lo que permite que penetre todas las cavidades de los conductos radiculares (Lahoud Salem, 2006).

En un estudio realizado por Merida H. se definió que la penetración del hipoclorito hacia los tubulos dentinarios tenía que ver con la concentración de éste, ya que al 1% puede penetrar 100 micras a los tubulos dentinarios, a una concentración al 2.5%, puede penetrar 220 micras y al 5.25% penetra 350 micras (Merida, 1999).

Existe controversia en cuanto al porcentaje de concentración que se debe usar el hipoclorito de sodio, ya que entre mayor concentración hay mayor cantidad de muerte bacteriana, pero también aumenta su toxicidad.

Cárdenas-Bahena en el 2012, realizó un sondeo de opinión a especialistas en endodoncia miembros de la Academia Mexicana de Endodoncia, con el propósito de conocer, qué solución desinfectante emplea en la irrigación del sistema de conductos radiculares durante su limpieza y conformación, a qué concentración y qué marca, en el cual observaron que 77.1% de los encuestados usan solo hipoclorito de sodio para irrigar los conductos radiculares, la marca comercial más utilizada fue Cloralex (43.2%), seguido de Clorox concentrado (30.2%).

Las concentraciones mayormente empleadas por los encuestados son de 5.0 y 2.5% de hipoclorito de sodio, el 35.9% de la población encuestada utilizan el hipoclorito de sodio directo de la botella y el 17.2% lo diluye en partes iguales. Estos aspectos son muy importante tomarlos en cuenta ya que a mayor concentración, mayor es el riesgo de lesiones tisulares. La agencia para sustancias tóxicas y de registro de enfermedad (Agency for Toxic Substances and Disease Registry; ATSDR) y los centros de control de enfermedades y prevención (Centers for Disease Control and Prevention; CDC) mencionan “el efecto tóxico del hipoclorito de sodio es daño de tejido por necrosis licuefactiva, causando la destrucción profunda de tejido, debido a concentraciones elevadas de hipoclorito y pH, el daño tisular tiende a aumentar. Los síntomas pueden ser evidentes de inmediato o retrasados durante unas horas”.

Es por eso que este autor recomienda el uso del hipoclorito de sodio en dilución, es decir, a partir de una concentración aproximada de 5.25% (p/v) , se puede obtener una concentración aproximada de 2.5% (p/v) realizando una dilución de 1:1 (hipoclorito/agua) y así disminuir su efecto irritante (Cardenas-Bahena, 2012).

Clegg et al. en el 2006, realizaron un estudio en el que analizó el efecto de algunas soluciones irrigantes en presencia de biofilm en el tercio apical, y observó que solo la irrigación con hipoclorito de sodio con una concentración al 6%, durante 15 min es capaz de destruir las bacterias y remover el biofilm por completo.

Una concentración más baja de hipoclorito de sodio (3%), permite la supervivencia bacteriana, ya que en los estudios que se realizaron se observó que las bacterias no tienen contacto con la solución de irrigación, penetrando hacia los túbulos dentinarios; sin embargo esta concentración podría tener más efecto antibacteriano, si el tiempo de contacto se aumentara, para que la solución de hipoclorito de sodio estuviera más tiempo en contacto dentro del conducto (Clegg, 2006).

Dornelles Morgental en el 2013, observó que el uso del hipoclorito de sodio al 6%, tuvo un mejor efecto bactericida al utilizarse como solución irrigante contra el *E. faecalis*, sin embargo, al utilizarlo a una concentración más baja (1%) en ausencia de dentina, eliminó todas las bacterias en un 1 minuto, cuando se utilizó un volumen de irrigación más alta (950 μ L), esto nos indica que el volumen de irrigación es un factor importante cuando se utilizan concentraciones bajas de hipoclorito de sodio (Dornelles Morgental, 2013).

Otros autores mencionan que el aumento de temperatura tiene un efecto positivo en la acción disolvente del tejido pulpar, ya que en estudios "*in vitro*" la solución de hipoclorito de sodio al 1% a 45° es suficiente para disolver el tejido pulpar y es comparado con una concentración al 5.25% a 20°. También el hipoclorito de sodio al 1% a 60° es significativamente más eficaz (Ballester, 2009).

Es importante mencionar que el volumen del irrigante, la frecuencia de irrigación y lograr que la solución irrigante llegue a la cercanía de la constricción apical son factores, que debemos tomar en cuenta.

Podemos concluir que para lograr un mejor efecto bactericida se puede utilizar una menor concentración de hipoclorito de sodio (3%,2.5%,1%), pero aumentar su temperatura, el tiempo de contacto dentro de los conductos radiculares, el volumen y cantidad de irrigación y así disminuir su toxicidad e irritación de los tejidos.

Varias son las complicaciones médicas al utilizar el hipoclorito de sodio como solución irrigante durante el tratamiento de conductos, si no se usa con todas las precauciones debidas ya que pueden provocar daño a nivel; ocular, cutáneo, mucosa oral, produciendo dolor, ardor o intensa quemazón en la zona de contacto. También puede haber alguna reacción alérgica que es rara, pero importante reconocerla, presentando urticaria, edema, dificultad de respiración, broncoespasmo e hipotensión (Zehnder, 2006).

Las complicaciones por extrusión del hipoclorito más allá del ápice, en donde puede haber una necrosis, dolor intenso, edema, hemorragia, hematoma, sangrado intersticial, equimosis, complicaciones neurológicas (parestesia) y obstrucción en la vía aérea superior por inflamación de la zona o por ingesta del hipoclorito (Zehnder, 2006).

Estas son algunas desventajas de esta solución de irrigación, por lo que es necesario utilizar todos los medios de protección necesarios, tanto para el paciente como para el operador.

4.2.2 CLORHEXIDINA (CHX).

La Clorhexidina ha sido reconocida como un agente antimicrobiano oral, fue desarrollada a finales de los 1940s, en los laboratorios de investigación de Imperial Chemical Industries LTd. (Manchester, Inglaterra). Se ha utilizado como agente antiséptico en el control de la placa dentobacteriana en la cavidad oral, a una concentración de 0.1% a 0.2%, mientras que para la irrigación de los conductos radiculares en endodoncia se ha utilizado a una concentración del 2% (Zehnder, 2006).

La Clorhexidina es una molécula catiónica simétrica que consta de dos anillos de 4-clorofenil y dos grupos biguanidos unidos por un anillo central de hexametileno. Es una base fuerte y es más estable en forma de sales.

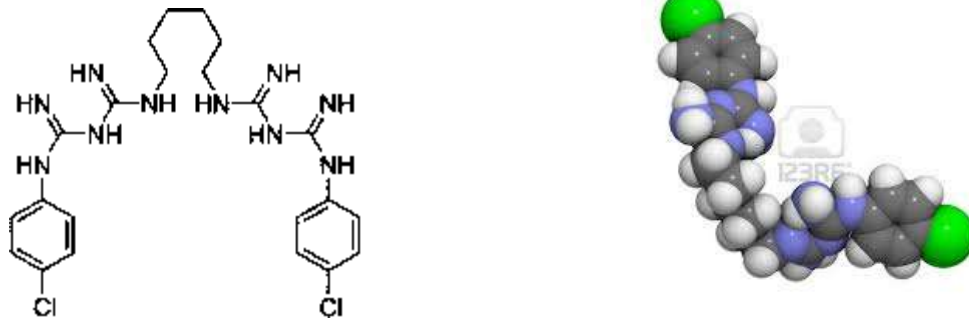


Figura 8. Muestra la estructura molecular de la Clorhexidina. Tomada de wikipedia.com

Sus principales propiedades para la aplicación en endodoncia son, su efecto bactericida y bacteriostático, ya que a altas concentraciones la clorhexidina induce la precipitación o coagulación del citoplasma celular, y su actividad antimicrobiana se debe a que es absorbida por la pared celular causando ruptura y pérdida de los componentes celulares (Heredia Bonetti, 2005).

El efecto bacteriostático se lleva a cabo a bajas concentraciones, en donde sustancias de bajo peso molecular (potasio y fósforo) pueden disgregarse y este efecto se debe a la lenta liberación de la clorhexidina (Heredia Bonetti, 2005).

La Clorhexidina tiene actividad antimicrobiana de amplio espectro, ya que es activa contra un amplio rango de organismos gram +, gram -, levaduras, hongos, anaerobios facultativos y aerobios, también la sustentividad o capacidad antimicrobiana a largo plazo es otra propiedad que tiene este agente antimicrobiano, ya que el gluconato de clorhexidina es absorbido por la hidroxiapatita de la superficie dental.

La sustentividad, propiedad que presenta la Clorhexidina permite utilizarla como un medicamento intraconducto por largo tiempo (entre sesiones), con esto se pretende prevenir reinfecciones o recontaminación de los conductos en caso de percolación marginal de la restauración o la proliferación de microorganismos remanentes dentro del sistema de conductos (Heredia Bonetti, 2005).

La Clorhexidina absorbida se libera gradualmente esto puede ocurrir durante las 12 a 24 hrs., la molécula de Clorhexidina se disocia de esta manera una molécula cargada (+) liberada, será capaz de unirse a la pared bacteriana (-), alterando así su equilibrio osmótico (Torres López, 2009).

El uso de CHX en gel, como medicamento intraconducto sería benéfico sobre todo en dientes con periodontitis apical persistente, solo que la remoción total de la CHX es difícil (Rosa Texeira, 2005).

Aunque la Clorhexidina tiene una capacidad bactericida similar a la del hipoclorito de sodio, esta no podría ser utilizada como solución irrigante única durante el tratamiento de conductos, ya que no tiene la capacidad de degradación de la materia orgánica, es decir, no tiene la capacidad de disolver el tejido necrótico remanente y es menos efectivo en bacterias Gram – que en bacterias Gram + (Zehnder, 2006).

Zehnder M. en el 2006, menciona que la irrigación con NaOCl al 2.5% presenta un mejor efecto bactericida al compararlo con la irrigación de Clorhexidina al 2%, esto se atribuye a la inhabilidad de la Clorhexidina para disolver el tejido remanente, por lo tanto no tiene una total limpieza de los conductos (Zehnder, 2006).

Clegg en el 2006, analizó el efecto de varias soluciones irrigantes contra el biofilm a nivel apical, en donde colocó las muestras en clorhexidina al 2% por 15 minutos, y observó bajo el microscopio electrónico de barrido que el biofilm estaba prácticamente intacto, por lo que sugiere el uso de agentes antimicrobianos adicionales para lograr la eliminación del biofilm. En un estudio piloto realizado en su laboratorio, se utilizó la Clorhexidina al 12% y no fue capaz de matar o remover el biofilm en 5 de 5 muestras en total (Clegg, 2006).

Delgado R. en el 2010, realizó un estudio para evaluar el efecto antimicrobiano del hidróxido de calcio y clorhexidina contra el *Enterococcus faecalis*, en el cual menciona

que la Clorhexidina al 2% tiene un más alto poder bactericida comparado con el Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y el efecto bactericida de la combinación de ambas soluciones no ofrece ninguna diferencia que si se utilizaran por separado. Esto nos demuestra que se podría obtener un mejor efecto bactericida al utilizar la clorhexidina como medicamento intraconducto, que al colocar el hidróxido de calcio (Delgado, 2010).

Dornelles Morgental en el 2013, realizó un estudio en el que evaluó varias soluciones irrigantes contra el *Enterococcus faecalis*, en el que mostró que la Clorexidina al 2% no fue efectivo en la reducción de esta bacteria colocado durante 1 minuto, esto es contrario a los resultados obtenidos por Gomes et al. y Viana et al. quienes indicaron que la clorhexidina líquida eliminó el *Enterococcus faecalis* en 30 segundos (incluso en una concentración más baja a 0.2%). El autor atribuye este controversial resultado, por las diferencias en la metodología y marca de la CHX usada ya que en este estudio se usó la CHX Plus, la cual tiene una viscosidad más baja y aumenta la penetración a la dentina. Sin embargo menciona, que aún 5 minutos de contacto no son suficientes para eliminar el biofilm de *E. faecalis* usando CHX Plus (Dornelles Morgental, 2013).

Se ha señalado un punto importante en el uso combinado de CHX y EDTA y entre NaOCl y CHX, ya que al combinarse durante el tratamiento de conductos hay una interacción y se forma un precipitado marrón, que contiene paracloroanilina (PCA), el cual puede ser carcinogénico (Dornelles Morgental, 2013).

4.2.3 HIDROXIDO DE CALCIO

El hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es un polvo blanco que se obtiene por calcinación del carbonato de calcio y su transformación en óxido de calcio. Su referencia más antigua se atribuye a Nygren en 1838, aunque su introducción en la práctica odontológica fue hecha por BW Hermann en 1930, utilizado durante los tratamientos de pulpotomías y fue denominado Calxyl (Rodriguez Gutierrez, 2005).

Desde entonces se ha utilizado ampliamente en diversos tratamientos dentales, tales como protecciones pulpares, biopulpectomías parciales, reabsorciones cementodentinarias, reparación de perforaciones al periodonto, en soluciones irrigantes y como medicamento intraconducto durante el tratamiento de endodoncia.

Es un compuesto altamente inestable, ya que al estar en contacto con el CO₂ (dióxido de carbono) regresa a su estado de carbonato de calcio. Al mezclarlo con agua se puede obtener la lechada de cal, que es un líquido transparente y puede servir como solución irrigante durante el tratamiento de conductos (Fernández Monjes, 2008).

El Hidróxido de Calcio, es una de las sustancias más utilizadas en endodoncia, debido a sus propiedades antibacterianas y a su PH elevado (12.5 y 12.8). Sus propiedades antibacterianas se deben a esa alcalinidad que presenta y a su habilidad para destruir la membrana citoplásmica, desnaturalizar las proteínas bacterianas y dañar el DNA de las bacterias. Es decir, los iones del hidróxido ejercen su actividad bactericida a través de la desintegración de la membrana celular, al igual que lo hace la Clorhexidina (Delgado, 2010).

La acción sobre los tejidos tiene que ver con la disociación iónica, donde hay liberación de iones hidroxilo (OH⁻) y de iones Ca²⁺, por lo que la acción antimicrobiana de este compuesto se asocia a la liberación de iones hidroxilos que proporcionan al medio un PH elevado (Fernández Monjes, 2008).

El ión calcio, tiene acción higroscópica, ya que disminuye el extravasamiento de líquido de los capilares y controla la formación de exudado, elevan el umbral al iniciar el impulso nervioso (elimina el impulso y la actividad nerviosa) , estimulan el sistema inmunitario y activan el sistema de complemento, tiene acción mitogénica, ya que estimula en su capacidad de división celular (Rodríguez Gutierrez, 2005).

El ion Hidroxilo, debido al elevado PH tiene acción antibacteriana, interfiriendo en el transporte de nutrientes a través de la membrana citoplásmica, también tiene un efecto mineralizador, ya que activa enzimas como la fosfatasa alcalina, la adenosina trifosfatasa y la pirofosfatasa calcio, que favorece en el mecanismo de reparación apical y el proceso de mineralización (Rodríguez Gutierrez, 2005).

Fernández Monjes en el 2008, menciona que el hidróxido de Calcio solo ejercería su acción bactericida cuando está en contacto directo con las bacterias, y sugiere que actúa de forma indirecta al obliterar el espacio de los conductillos dentinarios, disminuyendo así, el intercambio de nutrientes por los microorganismos alojados en la dentina, produciendo un daño en sus cadenas de ADN e inhibiendo su multiplicación celular. Sin embargo, se ha reportado que diferentes preparaciones de Hidróxido de Calcio son incapaces de eliminar al *Enterococcus faecalis* de los túbulos dentinarios, aún cuando este se encuentre en la entrada de los mismos (Fernández Monjes, 2008).

Como se ha mencionado anteriormente, son muchas las ventajas del Hidróxido de Calcio al utilizarse como medicamento intraconducto, no solo es antibacteriano debido a su PH alto, también estimula a la formación y reparación de los tejidos periapicales cuando se coloca sobre tejido pulpar o periapical produce una necrosis superficial o escara y no difunde al interior del tejido (Delgado, 2010).

En algunos estudios se ha mencionado que el efecto del Hidróxido de Calcio se reduce cuando es combinado con Clorhexidina, sin embargo Delgado, en el 2010, menciona que la mezcla de estas dos sustancias puede permanecer en el interior de los conductos radiculares como una barrera, por periodos largos para la eliminación de microorganismos persistentes, no afectando así su poder bactericida. Sin embargo también menciona que el Hidróxido de Calcio solo, es la sustancia que menos efectividad bacteriana tuvo en contra del *E. faecalis*, comparandolo con otros medicamentos intraconducto (Delgado, 2010).

4.2.4 SOLUCIONES QUELANTES

Aún cuando el hipoclorito de sodio ha sido considerado como uno de las soluciones irrigantes más utilizadas en endodoncia, no se podría utilizar como una solución de irrigación única, ya que no cumple con todos los requisitos de limpieza y no elimina el debris y la limalla dentinaria formada durante la instrumentación de los conductos; es por eso la necesidad de utilizar soluciones quelantes que ayuden en su eliminación.

La quelación es un fenómeno físico-químico por el cual ciertos iones metálicos son retirados de los compuestos de los que son parte, sin constituir una unión química y sin ninguna combinación. No todos los quelantes fijan todos los iones metálicos, existe una cierta especificidad. El EDTA (Ácido etileno diamino tetraacético) es específico para el ion calcio y consecuentemente para la dentina (Rosa Texeira, 2005).

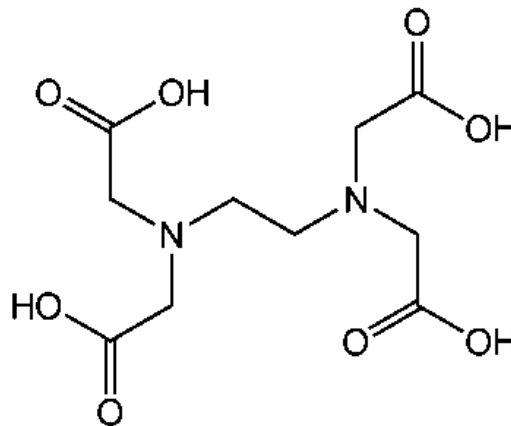


Figura 9. Muestra la estructura molecular del EDTA. Tomada de wikipedia.com

Agentes desmineralizantes, tales como el Ácido etileno diamino tetraacético (EDTA) y el Ácido cítrico, son soluciones que se han utilizado como auxiliares en la terapia de conductos, ambos son biocompatibles con el organismo y muestran una alta eficacia en la remoción de limalla dentinaria, sin embargo, el ácido cítrico puede ser ligeramente más potente que el EDTA en concentraciones similares.

En adición a su capacidad de limpieza, las soluciones quelantes pueden desprender biofilms adheridos a las paredes de los conductos radiculares, esto puede explicar porqué en algunos estudios, la irrigación con EDTA provee una más alta eficacia en la eliminación de bacterias comparándolo con la sol. salina. (Zehnder, 2006). Sin embargo el EDTA, por si solo no tiene efecto bactericida contra el *E. faecalis*, como se ha descrito en algunos estudios (Dornelles Morgental, 2013).

Dornelles Morgental en el 2013, en un estudio que realizó en el cual comparó soluciones irrigantes convencionales con una solución nueva de irrigación (QMiX), observó que el QMiX, la cual es una mezcla patentada de Clorhexidina al 2%, EDTA y un agente surfactante, remueve la limalla dentinaria y desinfecta los conductos en un solo paso. Esta solución se recomienda su uso como irrigación final por 60-90 seg. en lugar de la irrigación final con EDTA al 17% por 2 minutos, como se realiza comúnmente, y así obtener la acción combinada de eliminación de bacterias, la sustentividad (clorhexidina) y la eliminación de limalla dentinaria (EDTA) en un solo paso, sin desmineralizar tanto el colágeno de la dentina como el EDTA.

Sin embargo, se menciona que la combinación o interacción de EDTA y Clorhexidina puede causar la formación de precipitados carcinogénicos (Dornelles Morgental, 2013).

Una desventaja que tiene el uso del EDTA como solución quelante durante el tratamiento de endodoncia, es la desmineralización y erosión que ocasiona en la dentina, Zaparolli D. et al, en el 2012 realizaron un estudio en el que evaluaron la desmineralización que producen a nivel de furca, algunas soluciones de irrigación en endodoncia como el NaOCl al 1%, EDTA al 17% cada una por separado, y la combinación de ambas soluciones de irrigación, en el cual observaron que con TODAS las soluciones utilizadas ocasionaban un cierto grado de desmineralización en el área de la furca, sin embargo la mayor cantidad de reblandecimiento de la dentina o de pérdida de la dureza, se observó al utilizar alternadamente las 2 soluciones de irrigación (NaOCl AL 1% y EDTA al 17%).

La acción quelante del EDTA induce a un reblandecimiento de la dentina, reduciendo así su dureza o rigidez y por otro lado el hipoclorito de sodio con su acción disolvente, elimina la matriz de colágeno presente en la dentina, por lo que podría ser la explicación de la pérdida de la microdureza dentinaria cuando se usan estas soluciones de irrigación alternadamente. Esto puede causar controversia, debido a que son las soluciones de irrigación más utilizadas en endodoncia ya que por un lado, es benéfico durante el tratamiento de conductos al permitir una rápida preparación y negociación de los conductos radiculares, pero por otro lado deja a la pieza dental más susceptible a fracturas y/o fisuras (Zaparolli, 2012).

4.2.5 AGUA OZONIZADA

En esta parte se describe cómo se forma el ozono para poder aplicarlo y emplearlo durante un tratamiento, los beneficios para la salud que se han encontrado en su aplicación, tanto en odontología como en medicina general, y específicamente el efecto bactericida que este tiene durante el tratamiento de conductos y la reparación tisular de una lesión periapical.

El descubrimiento del ozono (O_3) tiene como punto de partida la del oxígeno y la composición del aire. Su existencia fue detectada por primera vez en 1787 al observar el físico holandés Martín Van Marum su olor típico en el aire cuando se producían descargas eléctricas, sin embargo su descubrimiento definitivo fue realizado por Christian Schonbein en 1840 (Izarbe, 2005).

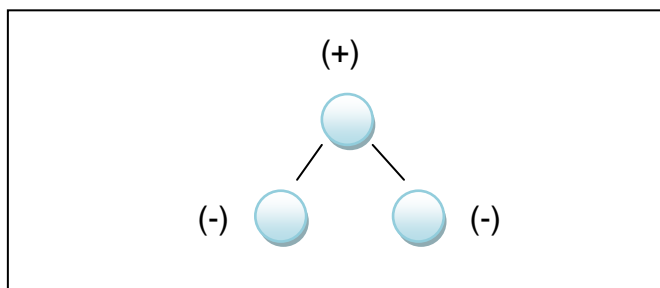


Figura 10. Fórmula desarrollada del Ozono. Tomada de Wikipedia.com

El ozono es el desinfectante de la madre naturaleza, gracias a los rayos ultravioletas del sol, el oxígeno se transforma en ozono en las zonas superiores de la atmósfera. Como las moléculas de ozono son más pesadas que el aire tienden a caer, purificando la atmósfera a medida que descienden. Si en su descenso el ozono encuentra vapor de agua forma peróxido de hidrógeno, un componente del agua de lluvia. Esta es la razón por la que las plantas crecen mejor con agua de lluvia que si las regamos con agua subterránea (Lerner, 2002).

Pero no sólo la naturaleza se sirve del ozono, el cuerpo humano también genera ozono. Los neutrófilos forman parte del sistema inmunológico y generan ozono para matar patógenos. Son células muy pequeñas pero muy efectivas: sólo tardan unos segundos en matar una bacteria (Lerner, 2002).

El Ozono puede ser una parte de un no reconocido mecanismo de muerte, que podría mejorar el rol defensivo de los anticuerpos, por lo que les permite someter a los patógenos y participar directamente en su muerte (Lerner, 2002).

El agua ozonizada es conocida como un poderoso agente antimicrobiano contra bacterias, hongos, protozoarios y virus. Las ventajas del ozono en la fase acuosa son su potencia, su fácil manipulación, la falta de mutagenicidad, rápido efecto microbicida y es idóneo su uso como solución desinfectante del instrumental médico o dental. El Ozono reduce la viabilidad de los microorganismos orales, incluyendo los microorganismos orales Gram positivos, Gram negativos y Candida albicans, sugiriendo que el agua ozonizada podría ser útil para el control de infecciones orales (Nagayoshi M., 2004).

El ozono, en la fase acuosa o gaseosa, tiene un fuerte poder oxidante con un efecto microbiano seguro, la oxidación a través del ozono destruye la pared celular y la membrana citoplásmica de hongos y bacterias.

Después la bacteria que es dañada por oxidación, aumenta su permeabilidad y las moléculas de ozono pueden fácilmente entrar a las células, causando la muerte de los microorganismos (Nagayoshi M., 2004).

El agua ozonizada tiene efectos más rápidos que el agua clorada, ya que el ozono en concentraciones de 0.5 ppm elimina microorganismos de la cavidad oral en pocos segundos como la *E. coli*, *Pseudomonas aerus* y en el momento de irrigar con agua ozonizada se presenta un efecto descontaminante en la raíz dental, además tiene un efecto positivo sobre los cementoblastos y el ligamento periodontal (Ebensberger, 2002).

Nagayoshi y cols. analizaron la capacidad desinfectante del agua ozonizada en dientes de bovinos infectados con *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* comparándola con el hipoclorito de sodio al 2.5%, encontraron que el agua ozonizada permitía un excelente detrimento de los microorganismos antes mencionados y además sugieren la utilización del ozono para la desinfección de conductos radiculares en endodoncia.

También evaluaron la citotoxicidad de las dos soluciones de irrigación y encontraron que los fibroblastos L-929 de ratón, fueron significativamente dañados por el hipoclorito al 2.5%, en contraste con el agua ozonizada (Nagayoshi M., 2004).

Fumiko Noguchi et al. realizaron un estudio en el cual observaron como el agua ozonizada mejora la respuesta de los odontoblastos cuando es inducida por los lipopolisacaridos (toxinas bacterianas). Estos resultados sugieren que las células odontoblasticas muestran una respuesta inflamatoria contra los LPS y que el agua ozonizada tiene la habilidad de mejorar esta respuesta inflamatoria y la supresión de las propiedades odontoblasticas de las células KN-3 a través de la inhibición directa de los LPS (Noguchi F., 2009).

En un estudio in vitro en el que se utilizó biofilms de *E. faecalis*, se comparó el efecto bactericida de: solución salina (control negativo), hipoclorito de sodio por 120 segundos (control positivo), ozono (140 ppm de ozono en aire en 2L/min liberado dentro de sol. salina usando una cánula por 120 segundos), solución salina con activación ultrasónica pasiva (aplicado en una lima ISO No. 15 mantenida pasivamente dentro del conducto, por 120 seg.) y Ozono seguido inmediatamente por agitación ultrasónica, reveló que el hipoclorito de sodio al 1% fue el agente desinfectante más efectivo en un 93.5 %, seguido por el ozono combinado con agitación ultrasónica que reduce las bacterias un 83.8%, después el ozono solo que reduce las bacterias un 71.6% y por último el ultrasonido solo que produce una reducción de 50.2% (Case, 2012).

El ozono es un posible agente de interés para combatir los organismos persistentes. Este oxígeno de corta vida es termodinámicamente inestable y se descompone en oxígeno puro en un corto periodo y genera oxígeno con radicales libres cuando está en una solución acuosa. Es un fuerte agente oxidante que causa una hiperoxidación de lípidos y altera la permeabilidad y la función de la membrana celular (Case, 2012).

Las propiedades bactericidas y virucidas del ozono son tan bien reconocidas y han mostrado que reducen el nivel de *E. faecalis* en los túbulos dentinarios. Varios patógenos endodónticos incluyendo *E. faecalis* han sido eliminados con la exposición a 2 y 4 ppm (mg/L) de ozono en agua (Case, 2012).

En un estudio que realizaron Goncalves M. et al, en el que analizaron la eficacia del agua ozonizada, determinaron que el agua ozonizada reduce significativamente el número de *C. albicans* y *E. faecalis* en el muestreo inmediato, pero los valores aumentaron después de 7 días. El agua ozonizada no neutralizó las endotoxinas. Por lo que se concluyó que el agua ozonizada es efectivo contra *C. albicans* y *E. faecalis*, pero no tiene un efecto residual (Goncalves Cardoso, 2008).

4.3. APLICACIÓN DEL RAYO LASER EN ENDODONCIA.

4.3.1 FUNDAMENTOS FÍSICOS Y ASPECTOS GENERALES.

Además de las soluciones irrigantes utilizadas en la desinfección de los conductos radiculares, el Laser también se ha utilizado como una herramienta útil durante el tratamiento de conductos debido a sus propiedades bactericidas, por lo que en este capítulo nos enfocaremos en conocer su funcionamiento y sus generalidades.

El nombre “Laser” es una palabra formada por las iniciales de la frase “light amplification by stimulated emission of radiation”. Albert Einstein, en 1917 a partir de su propia teoría sobre la naturaleza corpuscular de la luz (1916), anunció el concepto de “emisión estimulada” que es en esencia el fenómeno en el que se basa el Laser (Natera, 2006).

La unidad básica de la luz es el fotón. Cuando un átomo es estimulado por medio de un fotón de luz, pasa a un nivel de energía superior a esto se llama “absorción”, cuando el átomo regresa a su estado fundamental emite una luz incoherente; esto se llama “emisión espontánea”. Si este átomo fuese nuevamente bombardeado por un fotón de luz, igual al fotón que inicialmente lo estimuló, pasaría a un nivel superior de energía y al descender al estado original, formaría dos fotones de luz, que serán idénticos en longitud de onda, fase y coherencia espacial, a esto se la llama “emisión estimulada” (Natera, 2006).

Entonces podemos deducir, que la luz producida por un laser consiste de fotones del mismo tamaño, movimiento y dirección, siendo así un rayo de luz de alto poder distintivo espectral, con características bien definidas (Natera, 2006).

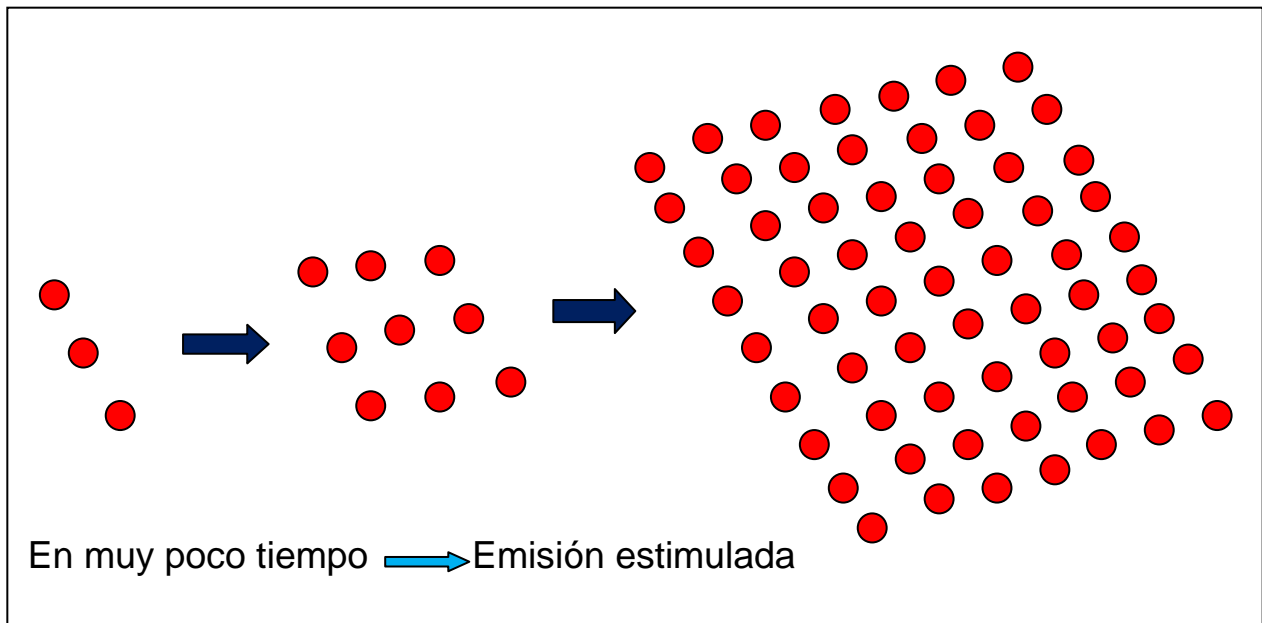


Figura 11. Emisión estimulada de radiación. Figura extraída de: El laser y la odontología. Furze (2000).

La luz laser al igual que la luz visible, cumple con todos los principios básicos de la óptica como son: reflexión, refracción, transmisión y absorción. Un mismo laser produce diferente efecto sobre diferentes tejidos e incluso un mismo laser puede producir diferente efecto en el mismo tejido y también si aplicamos diferentes Laser sobre el mismo tejido se obtiene diferente efecto, es muy variable y esto se debe a la longitud de onda del laser y la capacidad de absorción y características del tejido que va a ser irradiado (España-Tost, 2004).

Cada tipo de laser emite una energía luminosa en una sola longitud de onda y mismo color, por lo que es una luz “monocromática”, las ondas que conforman la luz laser están relacionadas unas con otras tanto en tiempo como en espacio, por lo que es una luz “coherente”, es una luz en una sola dirección, ya que las ondas emitidas están casi paralelas y por lo tanto no hay divergencia del rayo de luz, es una luz “colimada” (Natera, 2006).

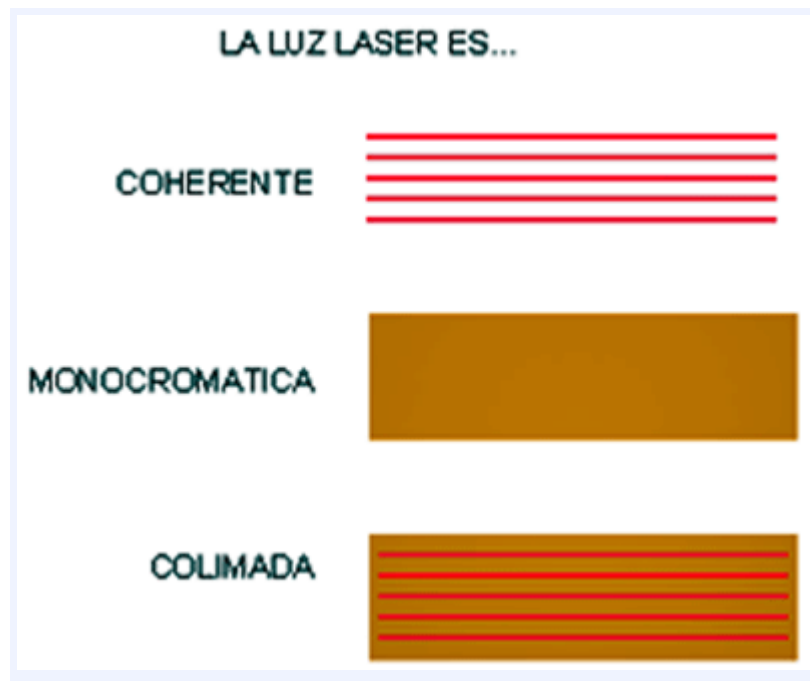


Figura 12. Muestra las características de la luz Laser. Tomada del texto de Natera A.E. (2006).

Todos los Laser constan de 3 elementos fundamentales como son; un medio amplificador, constituido por los átomos a excitar, que se encuentran en una cavidad sellada. Este es el origen de la energía Laser. Constan también de un generador o fuente de energía, que produce la excitación de los átomos del medio amplificador, (descarga eléctrica de alta frecuencia) y de un resonador óptico, conformado por dos espejos altamente pulidos: uno de reflexión total y uno de reflexión parcial (Natera, 2006).

La fibra óptica solo se utiliza en algunos Laser, para facilitar la emisión del rayo de luz en zonas pequeñas (como los conductos radiculares), aunque su principal inconveniente es la pérdida de la intensidad de la emisión a su paso por la fibra óptica.

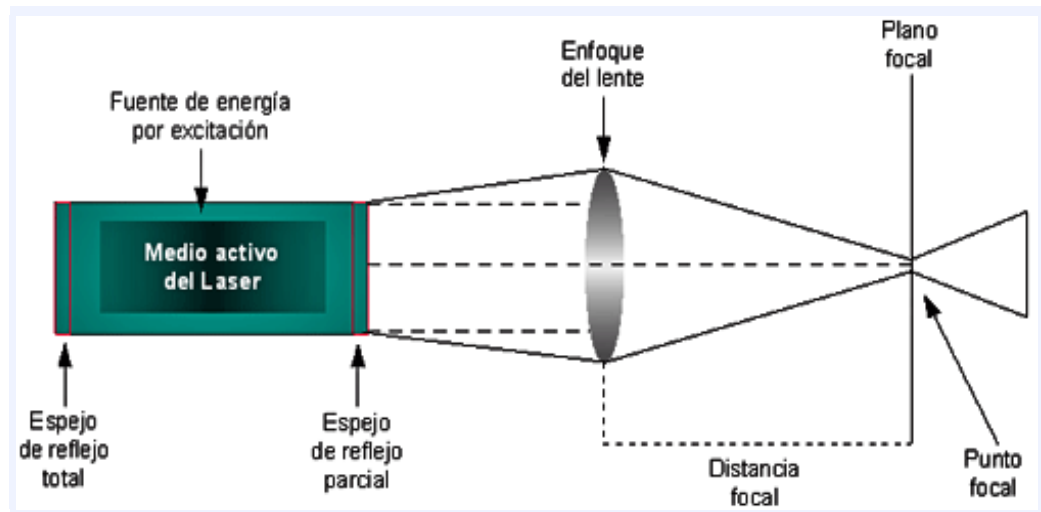


Figura 13. Diagrama de los componentes del rayo laser. Tomado de Natera A.E (2006).

Para la aplicación de algunos tipos de Laser, se utilizan distintos tipos de fibras ópticas, que se diferencian de acuerdo al material del que son fabricados, pueden ser de Cuarzo; que son sumamente caras y carecen de flexibilidad, por lo que son muy frágiles, se fabrican de 600 micras, también pueden ser de Vidrio; son muy costosas y frágiles, un poco más flexibles que las de cuarzo y se fabrican en diámetros pequeños, y de Plástico, que son muy flexibles, bajo costo, se fabrican en diámetros de hasta 3 mm (Natera, 2006).

4.3.2 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS LASER.

Hay muchas maneras de clasificar los Laser utilizados en Odontología, sin embargo España Tost et al. en el 2004, realizaron un estudio enfocado en las aplicaciones del laser en Odontología, en el cual los clasifican en 2 grupos:

- Laser de baja potencia, que se utilizan por su acción bioestimulante, analgésica y antiinflamatoria. Los más conocidos: As, Ga (Arseniuro de Galio), As, Ga, Al (Arseniuro de Galio y Aluminio), He, Ne (Helio-Neón).

- Laser de alta potencia, que se emplean como sustitutos del bisturí frío y producen efectos físicos visibles. Los Laser más conocidos en el mercado odontológico son: Argon, Diodo, Nd:YAG, Nd:YAP, Ho:YAG, Er,Cr: YSGG, Er: YAG, CO₂. (España-Tost, 2004).

También se pueden clasificar como “Laser suaves”, ya que son de baja potencia o laser frío, ya que su rayo no genera calor (Laser atérmico). En este grupo están todos los Laser cuya potencia de emisión es inferior a 50 mW. Es llamado también Laser Terapéutico.

Los Laser Quirúrgicos o duros, son los Laser de alta potencia o Laser caliente, ya que su uso genera calor en la superficie en la que actúa (Laser térmico) (Natera, 2006).

Se entiende que la luz Laser es una forma de energía, que viene representada en Joules (J). La potencia de un laser se representa en vatios (W), y representa la cantidad de energía emitida en Joules por segundo. Un vatio de potencia es equivalente a un Joule de energía emitida en un segundo. $Potencia (W) = Energía (J) / Tiempo (seg.)$

El laser puede ser activado en forma pulsada. Este parámetro se mide en pulsos por segundo (p.p.s.). La frecuencia de las pulsaciones viene representada en Hertz. Frecuencia: ciclo por segundo. Hertz (Hz).

El tamaño del punto luminoso o punto focal, representa el área de energía del Laser que se aplica al material que sirve de blanco. Se mide en cm² o micrones (μ).

La luz Laser puede ser emitida de varias formas, dependiendo del tipo de Laser se puede emitir un rayo de onda “continua” en la que la salida del haz es constante o un rayo “pulsátil” en la que la energía es emitida en cortos estallidos logrando un conjunto de pulsaciones (Natera, 2006).

En endodoncia, los Laser utilizados para fines de desinfección del conducto son los Laser de alta potencia, aunque debemos tomar en cuenta que en la cavidad oral existen

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

demasiadas variantes histológicas como para que con un único laser podamos cubrir todas las necesidades de un tratamiento odontológico.

Al aplicarse el laser de alta potencia, hay una interacción entre su longitud de onda y el tejido irradiado, produciendo un efecto fototérmico más o menos importante, por lo que el principio de su utilización está basado en este efecto, y es necesario utilizarlo bajo ciertos criterios. Cabe mencionar que la luz Laser de alta potencia es no visible para el ojo humano por lo que es necesaria una protección ocular adecuada. (España-Tost, 2004)

Tabla 1. Indica los efectos tisulares que puede producir el laser de alta potencia, según la temperatura alcanzada. Tomado de España-Tost (2004).

Temperatura	Efecto tisular
42-45°C	Hipertermia transitoria
> 65°C	Desecación, desnaturalización proteica
70-90°C	Coagulación y fusión tisular
> 100°C	Vaporización
> 200°C	Carbonización

Los Laser mejor absorbidos producen un rápido incremento de la temperatura en la zona de aplicación, el laser CO₂ es muy bien absorbido por los tejidos blandos, produciendo un aumento de la temperatura de hasta 1700° C en el punto de aplicación, sin embargo produce menor calentamiento de los tejidos adyacentes que otros Laser absorbidos en superficie (España-Tost, 2004).

La ventaja de algunos Laser, es que puede ser aplicado a través de una fibra óptica, permitiendo introducirla dentro del conducto y aplicar directamente la luz y así penetrar en el interior de los túbulos dentinarios, logrando la eliminación de bacterias.

Los Laser Er, Cr:YSGG y el Er:YAG son muy bien absorbidos por el agua, se emiten en modo pulsado. Son los más indicados para la eliminación de tejidos duros y cuando son utilizados con spray de aire y agua no producen un efecto térmico en los tejidos irradiados (España-Tost, 2004).

Los efectos del Laser en los tejidos, depende de las características del tejido (color, consistencia), longitud de onda del Laser, densidad de potencia, frecuencia del impulso, método de impulso (con o sin contacto) y de la duración de exposición del Laser (Natera, 2006).

4.3.3 USOS Y APLICACIONES DEL LASER

En odontología, se han utilizado varios tipos de Laser, en diversos tratamientos dentales. En la **Preparación de Cavidades**; se pueden utilizar el laser Er,Cr;YSGG y Er: YAG, como sustitutos de la turbina, utilizando spray de aire y agua, para minimizar el efecto térmico. El aumento de temperatura que se produce en la cámara pulpar es inferior a los 4° C, por lo que su uso no representa ningún riesgo. Estos tipos de Laser también permiten la preparación de cavidades sin la necesidad de utilizar algún tipo de anestesia locorregional, esta característica abre nuevas expectativas para el tratamiento de pacientes que por algún motivo no esté indicado el uso de anestesia, por lo que se podría utilizar en odontopediatría y en el tratamiento de pacientes especiales. El laser Er,Cr;YSGG cuando se aplica a baja densidad sobre la dentina, produce un efecto desensibilizante. Existe también una discrepancia en relación a la adhesión de los materiales de obturación y la dentina cuando se ha utilizado el laser Er:YAG en la preparación de una cavidad, algunos autores mencionan que aumentan las fuerzas de adhesión y para otros no se observan diferencias significativas (España-Tost, 2004).

En **Endodencia** los Laser son utilizados en la desinfección de los conductos, el laser Nd:YAG parece igualar los resultados obtenidos con el hipoclorito de sodio al 5%, sin el riesgo que supone un posible paso de la solución de hipoclorito a la zona periapical.

También se puede utilizar el laser CO₂ en la descontaminación de los conductos, solo que este es absorbido en superficie, por lo que su efecto bactericida es solo en los puntos donde es aplicado.

El laser de Diodo tiene un comportamiento parecido al laser Nd:YAG y también puede aplicarse a través de una fibra óptica y no es absorbido en superficie. Este hecho facilita que la luz penetre a través de la dentina, consiguiendo que su poder bactericida actúe más allá de lo que se obtiene con una irrigación con hipoclorito de sodio (España-Tost, 2004).

El Laser también se utiliza en **Blanqueamiento dental**, ya que actúa acelerando los procesos de descomposición del peróxido de hidrógeno utilizados generalmente en las técnicas de blanqueamiento dentario. Ningún Laser produce un efecto de blanqueamiento por sí mismo, la única ventaja que proporciona es que reduce el tiempo del tratamiento (España-Tost, 2004).

Los Laser también se pueden utilizar en **Cirugía bucal**, como el Laser Er:YAG o el Er,Cr;YSGG debido a su escaso efecto térmico, se utilizan como sustitutos o complemento al instrumental rotatorio convencional actuando sobre los tejidos duros dentarios y el hueso. Existen citas que mencionan que el uso de estos Laser ayuda a una reparación ósea más rápida, y una respuesta inflamatoria menor, después del tratamiento quirúrgico (España-Tost, 2004).

En la cirugía periapical se pueden alternar el uso de varios Laser, los laser de Er,Cr;YSGG o de Er:YAG para los tejidos duros, y los Laser de Nd:YAG o de Diodo para eliminar las bacterias que pudieran existir tanto en la zona periapical como en el propio diente.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

A continuación se presenta una tabla con las indicaciones y contraindicaciones del uso de diferentes tipos de Laser.

Tabla 2. Indica los tratamientos en terapéutica dental. Tomada de España-Tost (2004).

Criterios de valoración: 0= Contraindicado. 1= Se puede utilizar. 2= Indicado. 3= Bastante indicado.

4= Muy indicado.

Tratamiento / Láser	Diodo	Nd:YAG	Er,Cr:YSGG	Er:YAG	CO ₂
Preparación de cavidades	0	1	4	4	0
Eliminación de composites	0	0	4	4	0
Grabado del esmalte	0	1	4	4	2
Sellado de fosas y fisuras	1	2	4	4	1
Hiperestesia dentinaria	1	2	4	4	2
Endodoncia	4	4	2	2	1
Carillas estéticas	0	0	4	4	0
Blanqueamiento dental	4	(KTP) 4	0	0	1
Preparación de coronas	0	0	3	3	0

4.4 LASER Nd:YAG



Figura 14. Muestra al Laser Nd:YAG comercializado por la casa Fotona Medical Laser (Slovenia,EU) (Zavaleta de la Huerta, 2004).

4.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La primera reseña que se tiene sobre la utilización del Laser Nd:YAG para el tratamiento de conductos, se refiere a Weichman, en 1971.

El laser de Nd:YAG está compuesto por un granate de itrio y aluminio ($Y_3Al_5O_{12}$) contaminado por neodimio, emite una longitud de onda de 1064 nm, en el infrarrojo cercano. Su longitud de onda es ligeramente superior a la luz visible. Este tipo de radiación dada su longitud de onda puede ser transmitida a través de una fibra óptica, que puede ser según los fabricantes de 200, 320 y 400 micras, lo que lo hace que sea de fácil acceso (Zavaleta de la Huerta, 2004).

Dado que la limpieza y conformación de los conductos radiculares, durante el tratamiento de conductos es muy importante, el laser Nd:YAG ha sido utilizado como un auxiliar en la desinfección de los conductos, debido a su potente efecto bactericida, produce el sellado de los túbulos dentinarios y la eliminación mediante vaporización de los residuos orgánicos, destruyendo las bacterias y los desechos bacterianos contenidos en el conducto radicular. La superficie irradiada con el láser de Nd:YAG quedará así descontaminada. (Zavaleta de la Huerta, 2004).

En un estudio realizado por De Groot et al. en el 2009, en el que evaluaron in vitro la eliminación de debris dentinario, observaron que la irrigación activada con Laser mejoró la remoción de debris dentinario de la parte apical del conducto radicular, comparandolo con la irrigación con ultrasonido por 20 segundos o la irrigación manual convencional (De Groot S.D).

También se ha observado una disminución del infiltrado inflamatorio de la zona apical en los dientes irradiados, que se cree que es debido al bajo efecto térmico producido y a una eficaz eliminación de los residuos y microorganismos que contenía el conducto radicular, por lo tanto las ventajas que se resaltan para su aplicación en endodoncia son: su importante efecto bactericida, la mejora en el sellado apical, que puede ser utilizado para hacer pruebas térmicas de vitalidad pulpar y que puede producir la desensibilización de los dientes hipersensibles. (Zavaleta de la Huerta, 2004).

El laser Nd:YAG es bien absorbido por los tejidos pigmentados, al tener afinidad por la melanina y hemoglobina, lo que posibilita una aplicación clínica clara, como es el corte y la coagulación sobre los tejidos blandos, es por eso que se ha utilizado ampliamente en tratamientos de Periodoncia y endodoncia, también tiene un efecto fototérmico que ocurre cuando la luz es absorbida y convertida en calor. El mecanismo de acción del Laser Nd:YAG se lleva a cabo cuando la luz del laser es absorbida por los pigmentos, luego es convertida en calor y se elimina por ablación. (Blanco, Fotona Laser).

4.4.2 DETALLES TÉCNICOS.

Para la utilización del laser Nd:YAG en endodoncia, es necesario primero realizar la limpieza y conformación que se realiza de manera convencional durante un tratamiento de conductos, los conductos amplios y limpios se secan con conos de papel y posteriormente se introduce la fibra óptica hasta la longitud de trabajo, no más allá. Se va elevando la fibra óptica en forma lenta hacia la corona, activando el laser en forma circular, para permitir que toque todas las paredes del conducto, esta operación debe repetirse 4 veces por 5 seg. teniendo periodos de descanso o enfriamiento entre cada introducción de la fibra óptica, irrigando con hipoclorito de sodio. (Blanco, Fotona Laser).

Tabla 3. Características y generales del Laser Nd:YAG. Tomada del texto de Zavaleta- de la Huerta. (2004).

Tipo de Laser	Nd:YAG pulsado continuo
Longitud de Onda	1064 nm
Indicaciones	Coagulación, tratamientos sobre tejidos blandos mediante las fibras ópticas para endodoncia y periodoncia.
Duración del pulso	120 μ seg y 300 μ seg
Frecuencia	10 a 50 Hertz (pps)
Potencia promedio de potencia	Varía desde 0.3 a 6 watts dependiendo del rango
Sistema accesorio	Puntas de fibra óptica de diferentes diámetros con aplicador flexible o pieza de mano.
Sistema de enfriamiento	Agua y aire
Diámetro de la fibra	200, 320, 400 y 600 μ m

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

El laser Nd: YAG puede penetrar a una profundidad de 1000 μm o más dentro de los túbulos dentinarios, por lo que puede ser una gran herramienta en la desinfección de los conductos radiculares, aunque su efecto va debilitándose conforme penetra en las capas dentinarias más profundas. Cabe destacar que el efecto bactericida de todos los Laser reside en su efecto de calor. (Moritz, 2006).

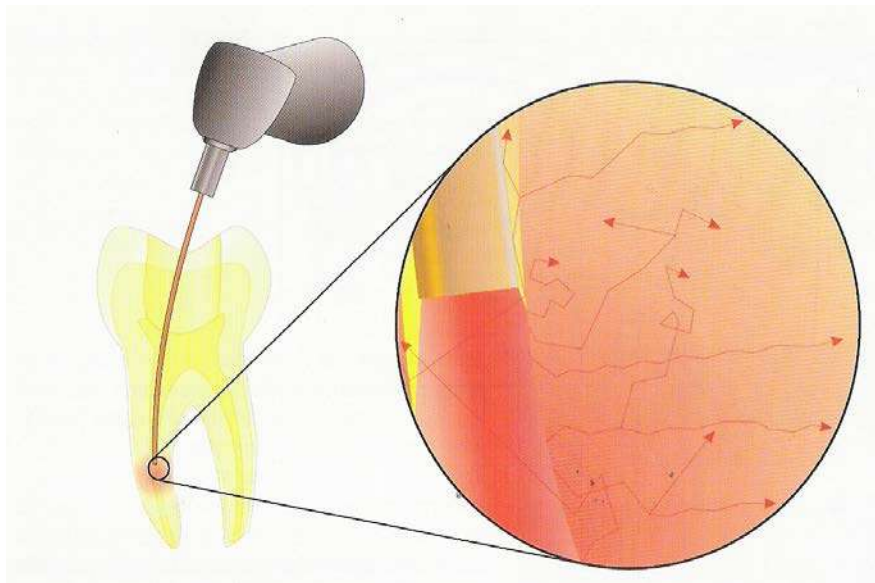


Figura 15. Diagrama de la propagación de la luz en la profundidad de la dentina. Tomada del texto de Moritz (2006).

El laser Nd:YAG, no es absorbido en superficie (zona de aplicación), si no que la luz penetra a través de la dentina, consiguiendo un efecto bactericida mas allá de lo que se obtiene con una irrigación con el hipoclorito de sodio, sin embargo se corre el riesgo de que se produzca un acumulo térmico en los tejidos adyacentes, que en caso de que superara los 65°C produciría la necrosis de los mismos. Este factor térmico es muy importante, ya que se deben tomar en cuenta varios parámetros para no producir una iatrogenia. El efecto térmico acumulado, depende del tiempo de aplicación. (España-Tost, 2004).

4.4.3 ESTRUCTURA CELULAR DE LAS BACTERIAS. (GRAM NEGATIVAS Y GRAM POSITIVAS).

Ya conocemos algunos antecedentes del efecto bactericida del rayo laser, pero debemos entender específicamente como es que éste, destruye las bacterias a través de los daños ocasionados en su membrana celular (organelo importante de las células bacterianas), en esta parte mencionaremos un poco sobre la estructuración de las células Gram positivas y Gram negativas.

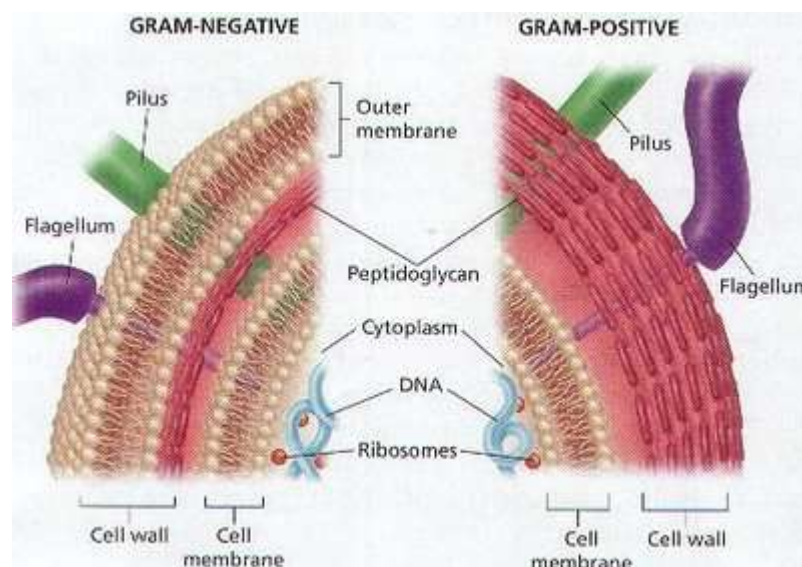


Figura 16. Muestra la estructura de las bacterias Gram positivas y Gram negativas. Imagen tomada de Google.com.

La radiación Laser tiene un efecto bactericida al causar cambios en la pared celular de la bacteria. Estos cambios pueden ser vistos en el uso del rayo laser en el tratamiento de conductos. (Con los Laser Nd:YAG, diodo y ER:YAG). Las características estructurales de las bacterias Gram positivas y Gram negativas, difieren substancialmente en sus paredes celulares (Moritz, 2006).

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

El componente más importante de la célula, que cubre tanto a Gram positivas como a Gram negativas es la **Mureina** (latín: murus=pared) o capa de peptidoglicanos, de la cual se basa la membrana citoplásmica. Esta membrana citoplásmica encierra a la célula bacteriana como una especie de molécula gigante y su forma y estabilidad mecánica es importante, en relación a la alta presión osmótica dentro de la célula. (Arriba de 25 atm!). Sin la Mureina, las células bacterianas podrían explotar inmediatamente en sus alrededores. La red de mureina de las bacterias Gram negativas tiene una capa de 5 a 20 nm de grosor (Moritz, 2006).

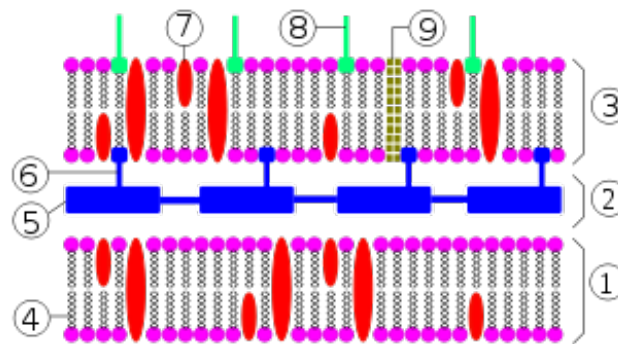


Figura 17. Muestra la pared celular de las bacterias Gram negativas. 1- Membrana interna, 2- Espacio periplásmico. 3- Membrana externa. 4- Fosfolípidos. 5- Peptidoglicanos. 6-Lipoproteínas. 7- Proteínas. 8- LPS. 9- Porinas. Imagen tomada de Google.com.

La pared celular de las bacterias **Gram negativas** está compuesta de **tres capas** distintas, la membrana externa y la capa de Mureína o peptidoglicanos. La capa de Mureina rodea directamente la membrana citoplásmica. Dentro de la capa de Mureína las terminaciones hidrofílicas de las lipoproteínas están unidas covalentemente. Estas extienden sus terminaciones lipofílicas dentro de una capa doble de lípidos, la cual contiene fosfolípidos y lipopolisacaridos (Gmeiner J., 1980).

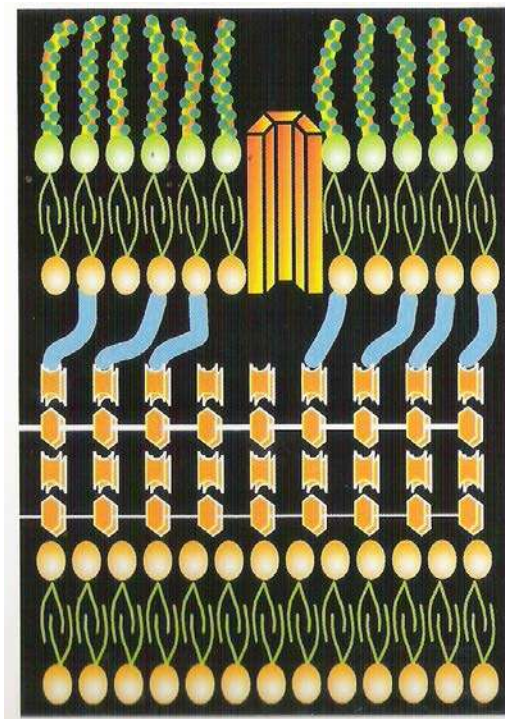


Figura 18. Modelo de la estructura de la pared celular de las bacterias Gram negativas. Tomada del texto de Moritz. (2006).

Las lipoproteínas toman una posición clave: son parte importante de las proteínas de las células bacterianas Gram negativas (arriba de 700,000 moléculas por célula). Su función es la estabilización de la membrana externa y la conexión a la capa de mureína (Inoye S., 1976).

La triple capa es la sede de las enzimas, para el transporte de los electrones y la fosforilación oxidativa, así, hasta cierto punto la membrana celular toma el lugar de la mitocondria celular. La membrana citoplásmica no es solo una barrera de permeabilidad selectiva, también contiene enzimas y es portadora de moléculas para la síntesis del DNA y la pared celular, componentes los cuales son de vital importancia para la supervivencia de la célula bacteriana (Moritz, 2006).

La pared bacteriana al sufrir modificaciones puede convertir la bacteria en un protoplasto o en un esferoplasto, que son formas esféricas y se obtienen al tratar las

bacterias con compuestos enzimáticos como la lisozima o antibióticos como la penicilina, que desorganizan el peptidoglucano o mureína (Montoya, 2008).

La membrana celular de las bacterias **Gram positivas** está desarrollada mucho más simple porque solo tiene una capa. La capa de peptidoglucanos es más bien espesa y tiene un alto índice de cruce de uniones. Similar a las células bacterianas Gram negativas, la capa celular de peptidoglucanos está cubierta en su mayoría por: N-acetylglucosamine y N-acetyl-muramine (Moritz, 2006).

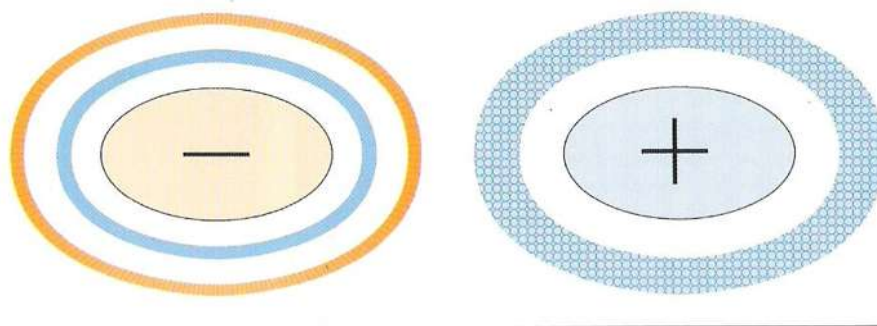


Figura 19. Diferencias entre la estructura de la pared celular de las bacterias Gram positivas y Gram negativas, causada por diferente concentración y la posición de la Mureína. Tomada del texto de Moritz. (2006).

Esta capa de peptidoglucano o mureína, tiene un grosor de 10 a 20 nm, en donde la secuencia de aminoácidos unidos al NAM se da en este orden: **L-alanina (L-Ala)**; **D-glutámico (D-Glu)**; **L-lisina (L-Lys)**; **D-alanina (D-Ala)** (Montoya, 2008).

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

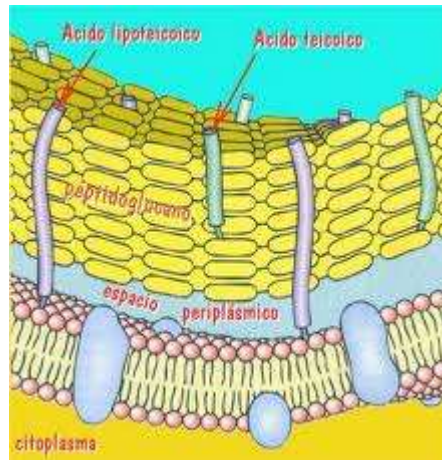


Figura 20. Muestra la gruesa capa de peptidoglicanos. Imagen tomada de Google.com.

Las bacterias Gram Positivas tienen una alta resistencia a detergentes aniónicos y alcalinos tales como el hidróxido de sodio y el hipoclorito de sodio. El enorme grosor de la capa de mureína, le da una alta resistencia contra los tratamientos mecánicos y físicos en comparación con las bacterias Gram negativas. Solo los antibióticos del tipo de B-lactamasa (penicilina, Cefalosporinas y Carbapenemina) que selectivamente disuelven la síntesis de los peptidoglicanos, tienen mayor efecto en las bacterias Gram positivas. (Streptococos y Estafilococos) (Moritz, 2006).

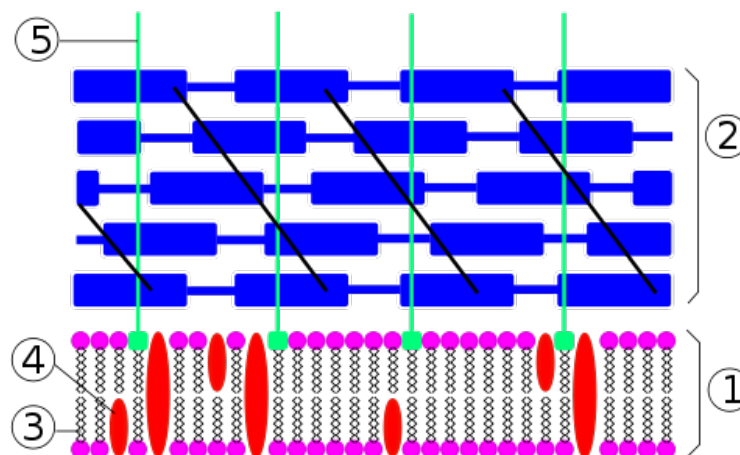


Figura 21. Muestra la pared celular de las bacterias Gram Positivas. 1- Membrana Citoplásmica. 2- Peptidoglicanos o capa de Mureína, 3- Fosfolípidos. 4-Proteínas 5- Acido Lipoteicoico. Imagen tomada de Google.com.

4.4.4 MECANISMO DE ACCION DEL LASER.

A continuación se describirá cómo reacciona la bacteria a la irradiación con la luz Laser, aún en la profundidad de la dentina y como se irradia a través de los túbulos dentinarios.

El real problema en endodoncia radica en la profundidad de penetración de los detergentes irrigantes (100 μm). La luz laser, sin embargo penetra por arriba de 1000 μm dentro de la dentina. Esto da una marcada ventaja, ya que las bacterias pueden migrar por arriba de 1000 μm dentro de los túbulos. Diferentes estudios han mostrado que la radiación Laser se debilita al penetrar a la dentina, pero el efecto bactericida es aun efectivo incluso en un grosor profundo de 1000 μm o más (Moritz A. , 2006).

Las soluciones de irrigación antibacteriana, como el NaOCl por ejemplo, puede penetrar en la dentina a una profundidad de 100 μm . Se ha confirmado una significativa reducción bacteriana con la aplicación de Laser Nd: YAG dentro de las primeras 300 μm de la dentina, la cual correspondería a una preparación ISO 90 (Gutknecht, 2004).

Desde el tejido pulpar infectado, las bacterias pueden penetrar dentro de las capas profundas de la dentina radicular y producir una inflamación periapical con una destrucción subsecuente del tejido conectivo adyacente. Incluso con la aplicación de soluciones de irrigación durante el tratamiento de conductos convencional, las bacterias son afectadas solo parcialmente, ya que son capaces de penetrar en la dentina radicular a una profundidad de más de 1 mm, mientras que las soluciones desinfectantes llegan a una profundidad de solo 100 μm . En adición las bacterias, tales como el *Enterococcus faecalis* tienen la capacidad de formar biofilms intra y extraradicular, lo cual las hace más difícil de controlar (Schoop U., 2009).

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Chemical disinfectant	Bacteria	Laser
100 μm	$\sim 1,110 \mu\text{m}$	$> 1,000 \mu\text{m}$

Figura 22. Profundidad de penetración de los desinfectantes químicos, bacterias y Laser. Tomada del texto de Moritz (2006).

Moritz en el 2000, evaluó el potencial de desinfección del Laser Nd:YAG en el tratamiento de conductos, evaluando específicamente el efecto a través de la dentina en bacterias Gram positivas y Gram negativas con respecto a su estructura celular, en este estudio se observó que las bacterias Gram negativas, mostraron una lesión estructural inmediata, mientras que las bacterias Gram positivas, requieren de una irradiación laser repetida. El examen microbiológico mostró una reducción de ambas cepas bacterianas, pero en diversos grados (Moritz A., 2000).

En este estudio, las bacterias fueron irradiadas indirectamente con laser Nd YAG, las bacterias mostraron cambios en la morfología celular y un daño en la membrana celular, dependiendo de la dosis. Esto sería una indicación de que el principal daño causado por la luz laser en el rango del IR cercano, está hecho a la membrana celular (Moritz A., 2000).

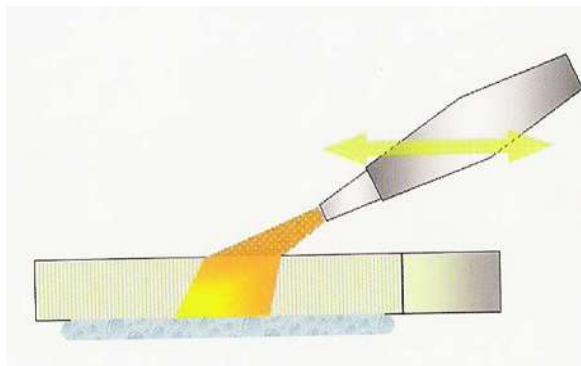


Figura 23. Muestra la irradiación indirecta de la dentina, a través de la fibra óptica del Laser Nd: YAG. Moritz (2006).

Así pues, se comprueba cómo las bacterias reaccionan a la irradiación de la dentina profunda. La membrana celular no solo tiene una función mecánica (mantener las células juntas), también es uno de los más importantes organelos celulares. Esto es un tema muy complejo, son estructuras dinámicas que regulan todos los intercambios entre las bacterias y sus alrededores, **cualquier cambio a la membrana trae igual de grandes cambios a la célula entera** (Moritz A., 2000).

Cuando las células bacterianas son expuestas a calor, en este caso una irradiación indirecta, puede causar varios daños en la membrana celular se forman un número de vesículas de diferentes tamaños, llamadas **Membranas Blebbing**, las cuales cubren totalmente o parcialmente las bacterias (Moritz A., 2000).

Tsuchido T. en 1985, menciona que hay daños en la membrana celular de las bacterias *Scherichia coli* al aplicar calor (55° C), induciendo a la formación de vesículas o membranas blebbing en la membrana externa, acompañado de la liberación de las enzimas periplásmicas. La membrana externa de las bacterias Gram negativas, específicamente la *S. coli* proporciona canales de difusión para sustancias de bajo peso molecular hidrófila y forma una barrera de permeabilidad para los compuestos hidrófobos.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

La superficie exterior de la membrana externa está constituida de proteínas, un componente específico son los lipopolisacáridos (LPS), los cuales contribuyen a la exclusión de los compuestos hidrofóbicos de la célula. En este estudio, al aplicar calor en las bacterias los lipopolisacáridos se “liberaron” del interior de la membrana y aumentó claramente la permeabilidad de la capa celular (Tsuchido T., 1985).

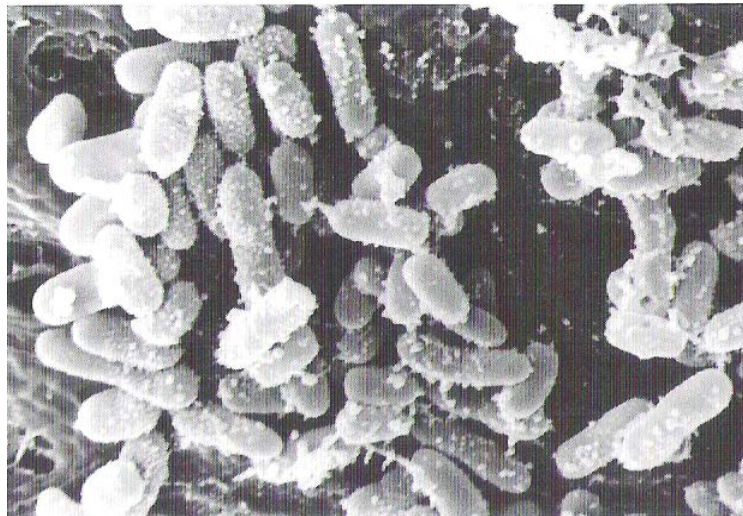


Figura 24. Muestra las Membranas Blebbing ocasionadas por el daño en la membrana celular al aplicar calor. Tomada del texto de Moritz. (2006).

Las estructuras enlazadas que conectan la capa externa con la capa de mureina covalentemente son las lipoproteínas. Ellas unen las 2 capas como push-buttons. Un cambio en su conformación α -helical por los efectos térmicos, es decir la “fusión o derretimiento” conduce al levantamiento de la capa externa y a la formación de vesículas. Por lo tanto la capa externa pierde su conexión con el sáculo de mureina (Moritz A. , 2006).

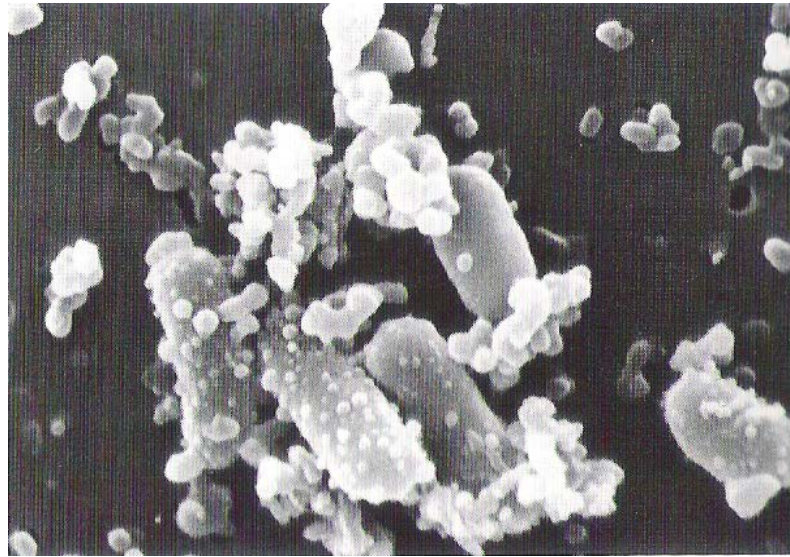


Figura 25. Muestra las “ampollas/vesículas” unas más grandes y otras más pequeñas en su superficie. Tomada de texto de Moritz. (2006).

Katsui N. et al. observaron que al aplicar calor a las bacterias *S. coli* W3110 a 55° C a través de una solución buffer (Tris-hydrochloride), hubo formación de ampollas o vesículas sobre la célula principalmente en los septos de división celular. El análisis enzimático demostró que había separación de enzimas periplasmáticas mientras que no se liberaron enzimas citoplasmáticas, por lo que concluyeron que las vesículas consistían exclusivamente de la membrana externa (Katsui N., 1982).

Se ha desarrollado un concepto generalizado para la acción del calor en la supervivencia celular, la idea básica es que la inactivación celular por calor es un proceso de dos pasos, en el primer paso el calor produce lesiones no letales; en el segundo paso, las lesiones no letales se convierten en un evento letal después de un calentamiento adicional, esta conversión finalmente conduce a la muerte celular. Jung a través del modelo matemático del daño celular demostró que con la aplicación de una irradiación múltiple pueden ser detectados daños visibles en la bacteria, pero pueden quedar todavía pocas células inalteradas.

Sin embargo, la cantidad de muerte bacteriana va incrementando constantemente y el daño puede depender de un efecto acumulativo (Jung, 1986).

Las bacterias Gram positivas muestran una más alta resistencia contra la irradiación Laser, debido a la estructura de su pared celular. El factor estrés celular produce una letalidad baja, puede haber cambios reversibles, pero cuando la célula es nuevamente irradiada la bacteria muere. Sin embargo existe un mecanismo llamado efecto “Knock on” en el cual se espera un post-efecto después de la irradiación Laser (este post-laser puede ser comparado con el efecto post-antibiotico), es decir cuando las bacterias son irradiadas con una menor intensidad de luz Laser (1 w) muestra daños en la membrana celular (membranas blebbing o vesículas) pero no produce la muerte celular inmediata, produciendo un efecto en la supervivencia de la bacteria, es decir reduce su resistencia a los cambios de su entorno y aumenta la sensibilidad a los desinfectantes químicos. Por otra parte, al incrementar la energía laser a 1.5 W, el efecto bactericida mejora, observando una destrucción bacteriana del 98% (Moritz A. , 2006).

Es por eso que con una sola sesión de tratamiento, existe el riesgo de no desinfectar adecuadamente los conductos radiculares y la dentina circundante, por lo que es recomendable una segunda sesión de irradiación Laser para lograr una adecuada desinfección (Moritz A. , 2006).

Numerosas variedades de células dañadas pueden ser encontradas en bacterias Gram negativas desde formas que muestran una cavidad abierta o partes remanentes de las células que son fundidas en algunas partes. Finalmente podemos ver una destrucción celular total (Moritz A. , 2006).

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

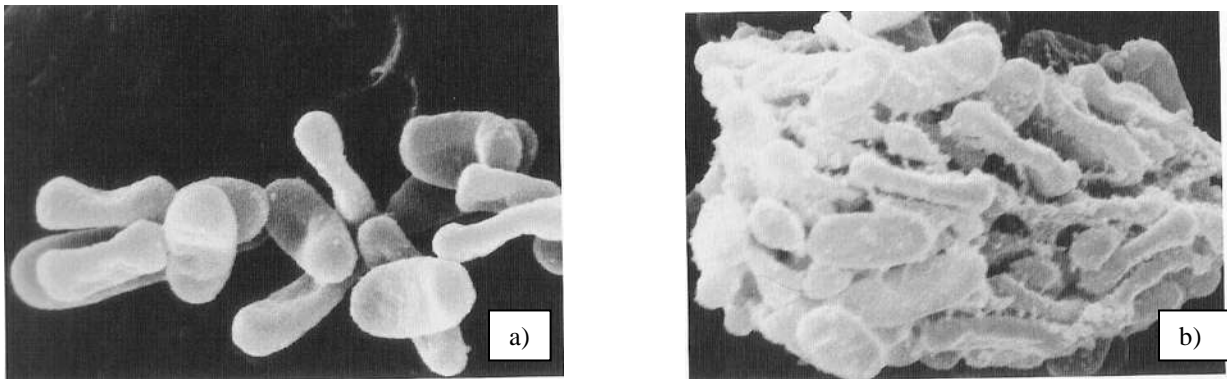


Figura 26. a) Muestra la contracción o disminución del tamaño normal de las bacterias. b). Muestra estructuras aglomeradas y aglutinadas. La morfología celular de cada bacteria ha sido completamente destruida. Las bacterias se fusionan unas con otras. Tomada del texto de Moritz. (2006).

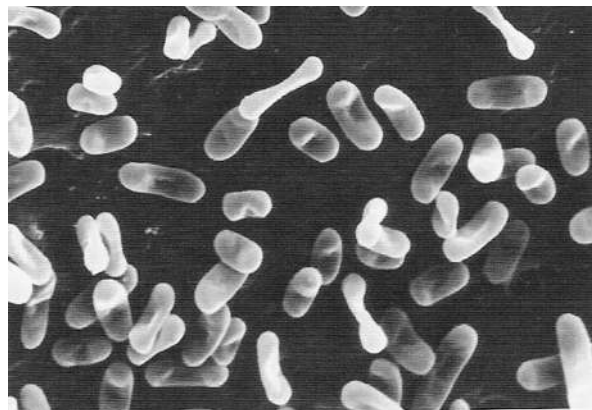


Figura 27. Muestra los cuerpos celulares vacíos. Las bacterias muestran perforaciones claramente visibles en las paredes celulares. Los cuerpos celulares parecen estar encogidos y vacíos en diferentes extensiones. Tomada del texto de Moritz (2006).

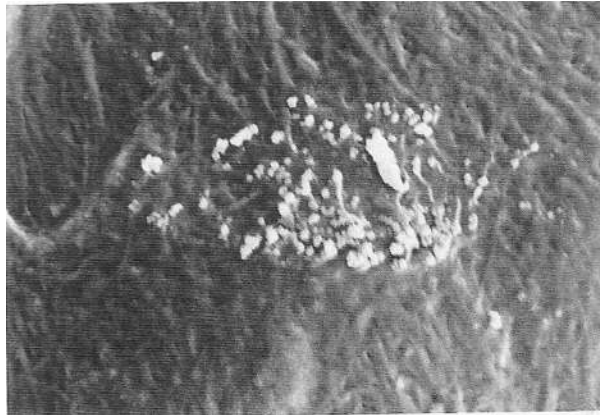


Figura 28. Muestra la fragmentación. “Explosivamente” aparece una destrucción total de los cuerpos celulares. Solo son discernibles fragmentos de los cuerpos celulares (Lisis bacteriana). Tomada del texto de Moritz (2006).

5. DIAGRAMA DE MAPA CONCEPTUAL

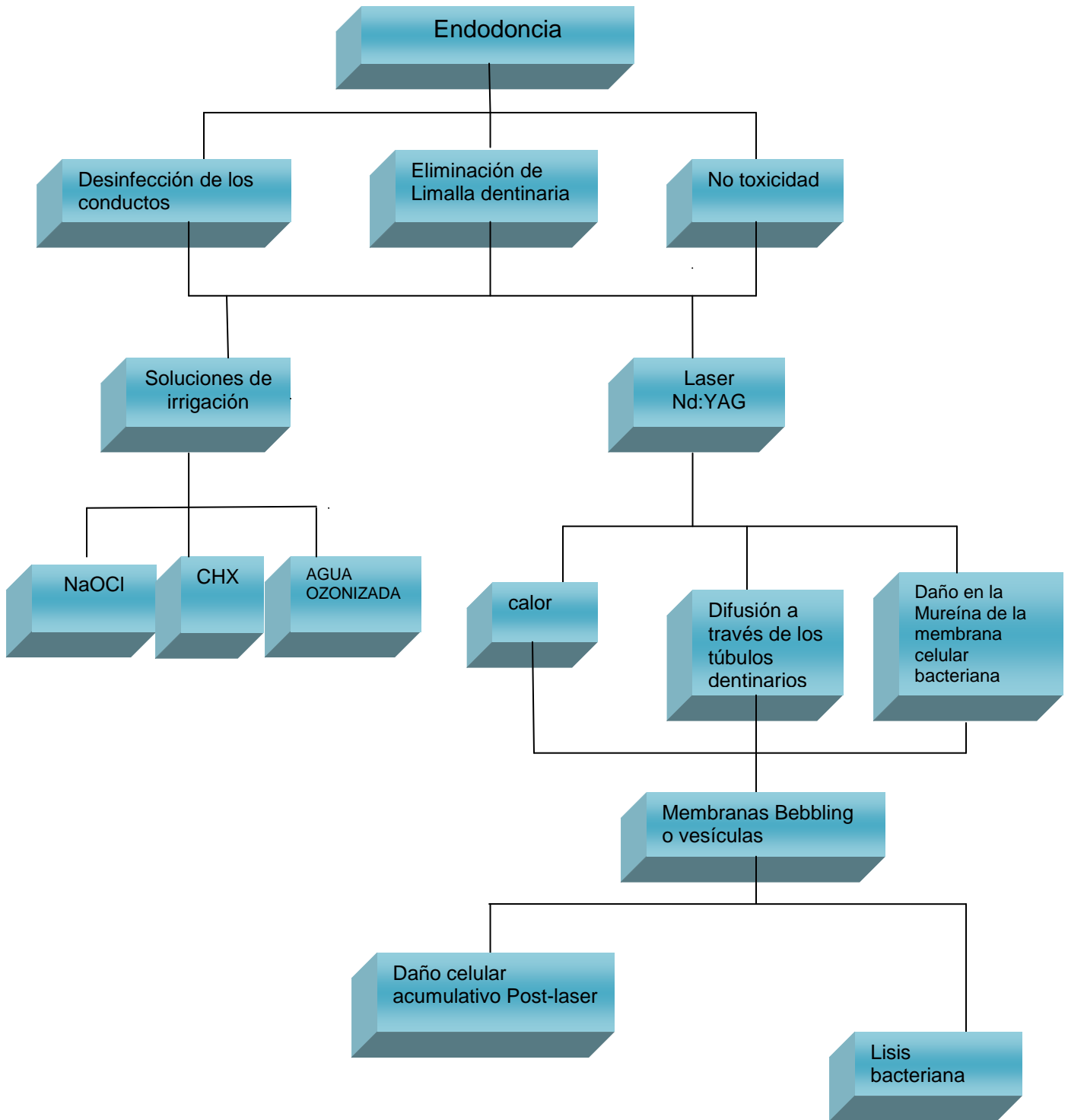


Figura 29. Representa el diseño y estructura del mapa conceptual, en el cual se describen las principales palabras claves utilizadas en la elaboración de este trabajo de tesina.

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REVISTAS CONSULTADAS.

Tabla 4. Lista de revistas consultadas, descripción del factor impacto y su base de datos.

REVISTA	FACTOR IMPACTO	BASE DE DATOS
JOURNAL OF ENDODONTICS	2.95	Elsevier 1878-3554
INT. ENDODONTIC JOURNAL	2.179	EBSCO
LASERS IN SURGERY MEDICINE	2.748	Wiley-Liss
LASERS IN MEDICAL SCIENCE	2.004	SHERPA/RoMEO
BRAZILIAN DENTAL JOURNAL	0.5318	Medline,/Pubmed/Dedaluz
JADA (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION)	1.773	Medline/Embase
INTERNATIONAL DENTAL RESEARCH	ISSN 2146-1767	Index Copernicus International
ARCHIVES OF MICROBIOLOGY	1.43	PubMed/Medline
ORAL SURGERY, ORAL MEDICINE, ORAL PATHOLOGY, ORAL RADIOLOGY AND ENDODONTOLOGY	1.457	Elsevier
JOURNAL OF CLINICAL LASER MEDICINE AND SURGERY	1.255	Medline
JOURNAL OF DENTAL RESEARCH (JDR)	3.486	PubMed
RADIATION RESEARCH	2.68	SIIC
JOURNAL OF BACTERIOLOGY	3.825	Medline/Embase

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

REVISTA	FACTOR IMPACTO	BASE DE DATOS
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY (AEM)	3.829	Medline/Embase
DENTAL TRAUMATOLOGY	1.204	Wiley Online Library/PubMed
ODONTOLOGIA SANMARQUINA	ISSN 1560-9111	Latindex
GACETA MEDICA ESPIRITUANA	ISSN 1608-8921	Latindex
DENTUM	ISSN 1575-6157 EISSN 2013-925X	IBECs/ IME/ Latindex
RCOE	ISSN 1138-123X	SCIELO
ACTA ODONTOLÓGICA VENEZOLANA	ISSN 001-6365	Index Dental Literature/ Latindex
REVISTA ODONTOLOGICA MEXICANA	ISSN 1870-199x	Latindex/Medigraphic
REVISTA CIENTIFICA FÓRMULA ODONTOLÓGICA	ISSN 1390-3195	AORYBG
REVISTA MAXILLARIS	ISSN 1139-1626	—
REVISTA ASOCIACION ODONTOLÓGICA ARGENT.	ISSN 004-4881	Latindex/LILACS
RAAO (Revista del Ateneo Argentino de Odontólogos)	ISSN 0326-3827	Index Medicus

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Tabla 5. Representa la cantidad y tipos de artículos consultados de cada una de las revistas científicas.

REVISTA	ORIGINALES	REVISIÓN	META-ANALISIS	TOTAL
JOURNAL OF ENDODONTICS	16	2		18
INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL	1			2
JADA (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION)	1			1
BRAZILIAN DENTAL JOURNAL	1			1
DENTUM	1			1
RCOE	2			2
INTERNATIONAL DENTAL RESEARCH	1	1		2
RAAO (Revista del Ateneo Argentino de Odontologos)		2		2
LASERS MED SCI	1			1
JOURNAL OF BACTERIOLOGY	2			2
ACTA ODONTOLÓGICA VENEZOLANA	2			2
DENTAL TRAUMATOLOGY		1		1
CONTEMPORARY TERMINOLOGY FOR ENDODONTICS		1		1

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

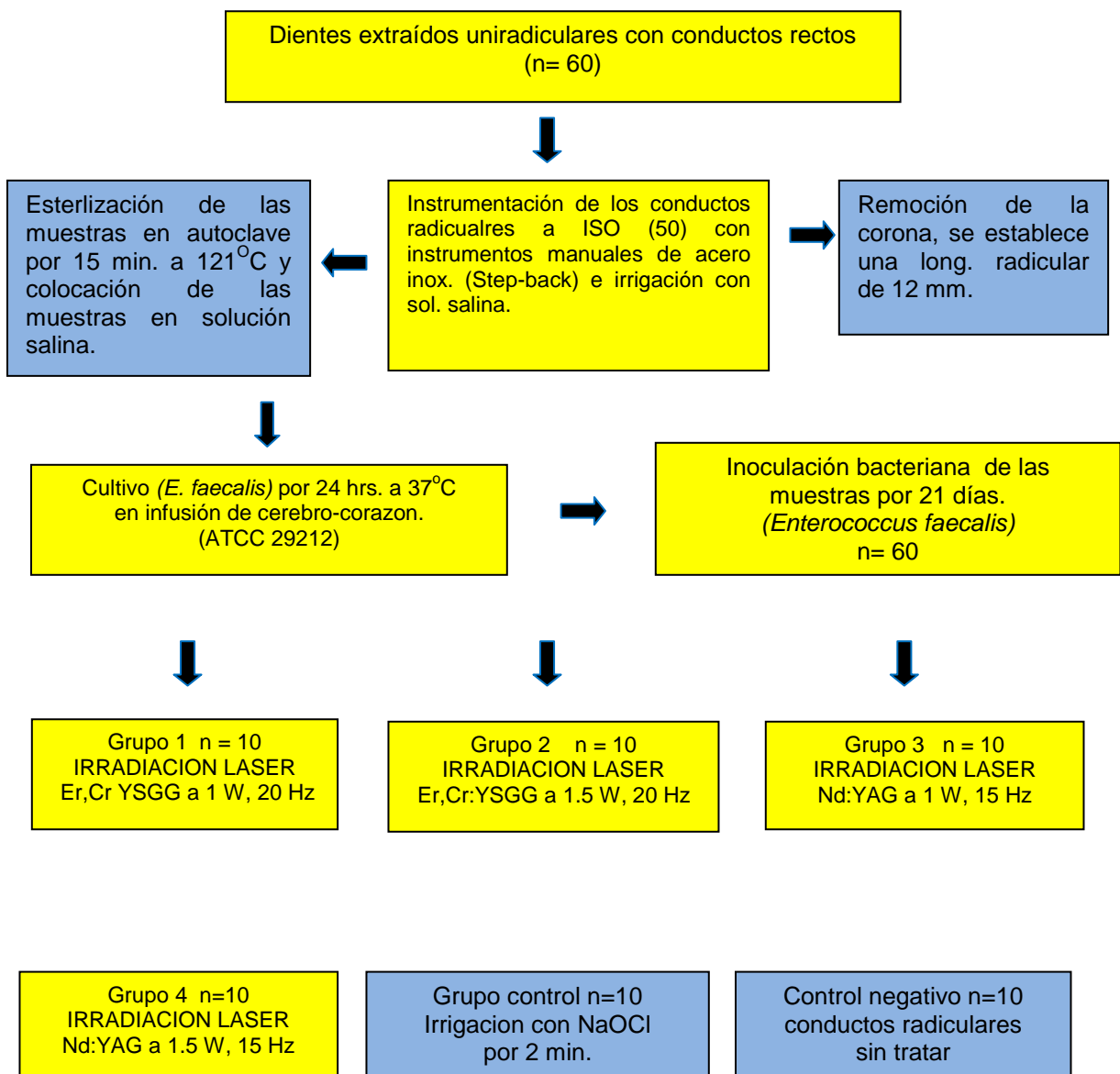
REVISTA	ORIGINALES	REVISIÓN	META-ANALISIS	TOTAL
REVISTA ODONTOLOGICA MEXICANA	1			1
ODONTOLOGIA SANMARQUINA		1		1
GACETA MEDICA ESPIRITUANA		1		1
LASERS SURG MED	1			1
REVISTA ASOCIACION ODONTOLÓGICA ARGENTINA		1		1
(OOOO)	1			1
JOURNAL OF CLINICAL LASER MEDICINE AND SURG.	1			1
JOURNAL DENTAL RESEARCH	1			1
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	1			1
RADIATION RESEARCH		1		1
THE SCRIPPS RESEARCH INSTITUTE		1		1
V INTERAMERICAN ELECTRON MICROSCOPY CONGRESS	1			1
REVISTA CIENTIFICA FÓRMULA ODONTOLÓGICA		1		1
URL	1			1
TOTAL DE ARTICULOS				50

7. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Trabajos de Investigación Original

1. Wang Q. et al. en el 2007, realizaron un estudio enfocado a la evaluación del efecto bactericida que produce el Laser Er, Cr: YSGG y el Laser Nd: YAG en conductos radiculares infectados experimentalmente con *Enterococcus faecalis*.

A continuación se observa la metodología empleada en este estudio.



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

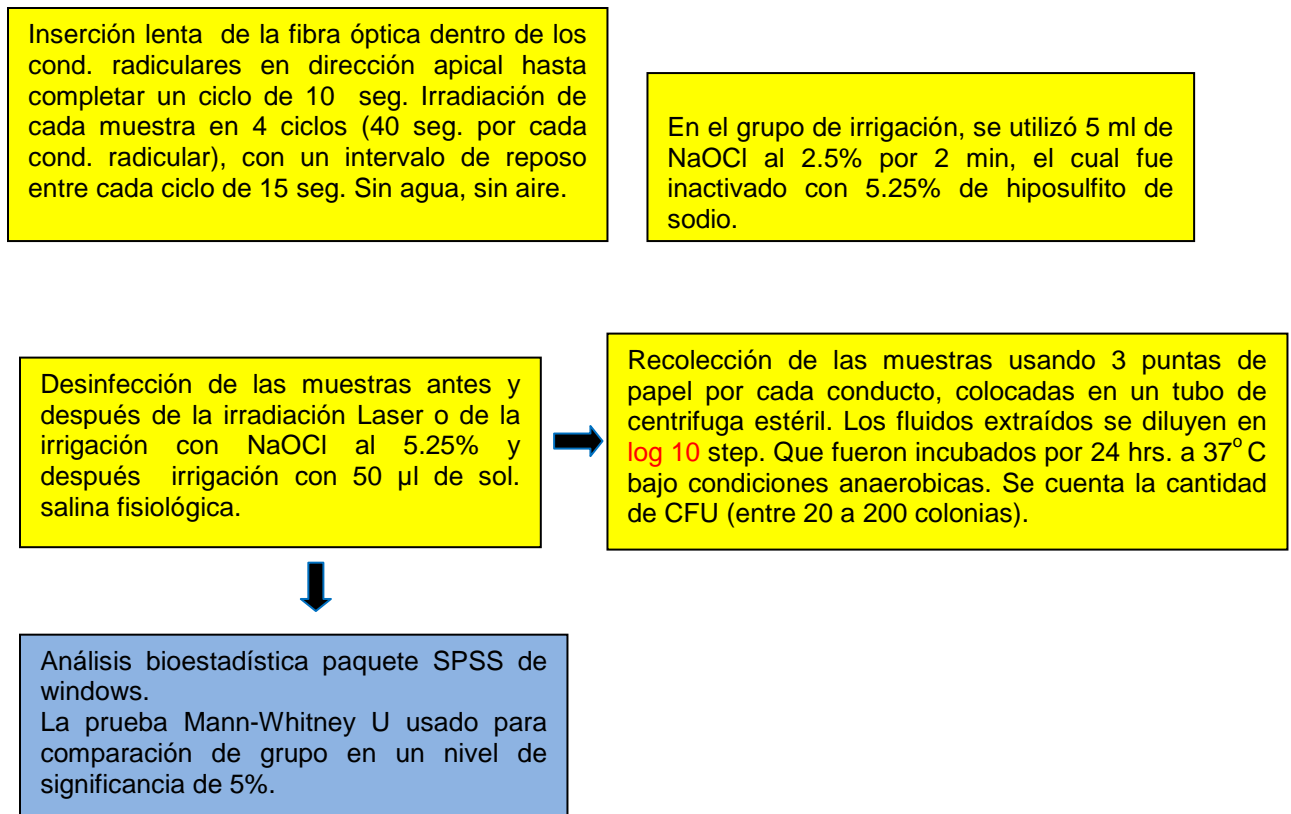


Figura 30. Esquema que representa la estrategia experimental publicada por Wang Qian-quian et al, en el 2007, en su trabajo de investigación denominado: “*Evaluation of the Bactericidal Effect of Er, Cr:YSGG and Nd:YAG Lasers in Experimentally Infected Root Canals*”.

RESULTADOS:

Tabla 6. Representa la cuantificación de bacterias (CFU/mL) en los 6 grupos evaluados (Wang, 2007).

	Control untreated	Er,Cr:YSGG1W		Er,Cr;YSGG1.5W		Nd:YAG 1W		Nd:YAG 1.5W		2.5%NaOCl	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Mean	3.6E + 07	3.7E + 07	4.3E + 06	3.5E + 07	1.9E + 06	1.6E + 07	5.4E + 05	1.6E + 07	2.5E + 05	1.6E + 07	0.0E + 00
SD	3.3E + 07	2.8E + 07	5.7E + 06	2.0E + 07	1.9E + 06	1.1E + 07	4.5E + 05	3.8E + 06	2.5E + 05	6.8E + 06	0.0E + 00
Bacterial reduction (%)	0	77		96		97		98		100	
SD	0.00	0.30		0.03		0.03		0.01		0.00	

SD = standard deviation.

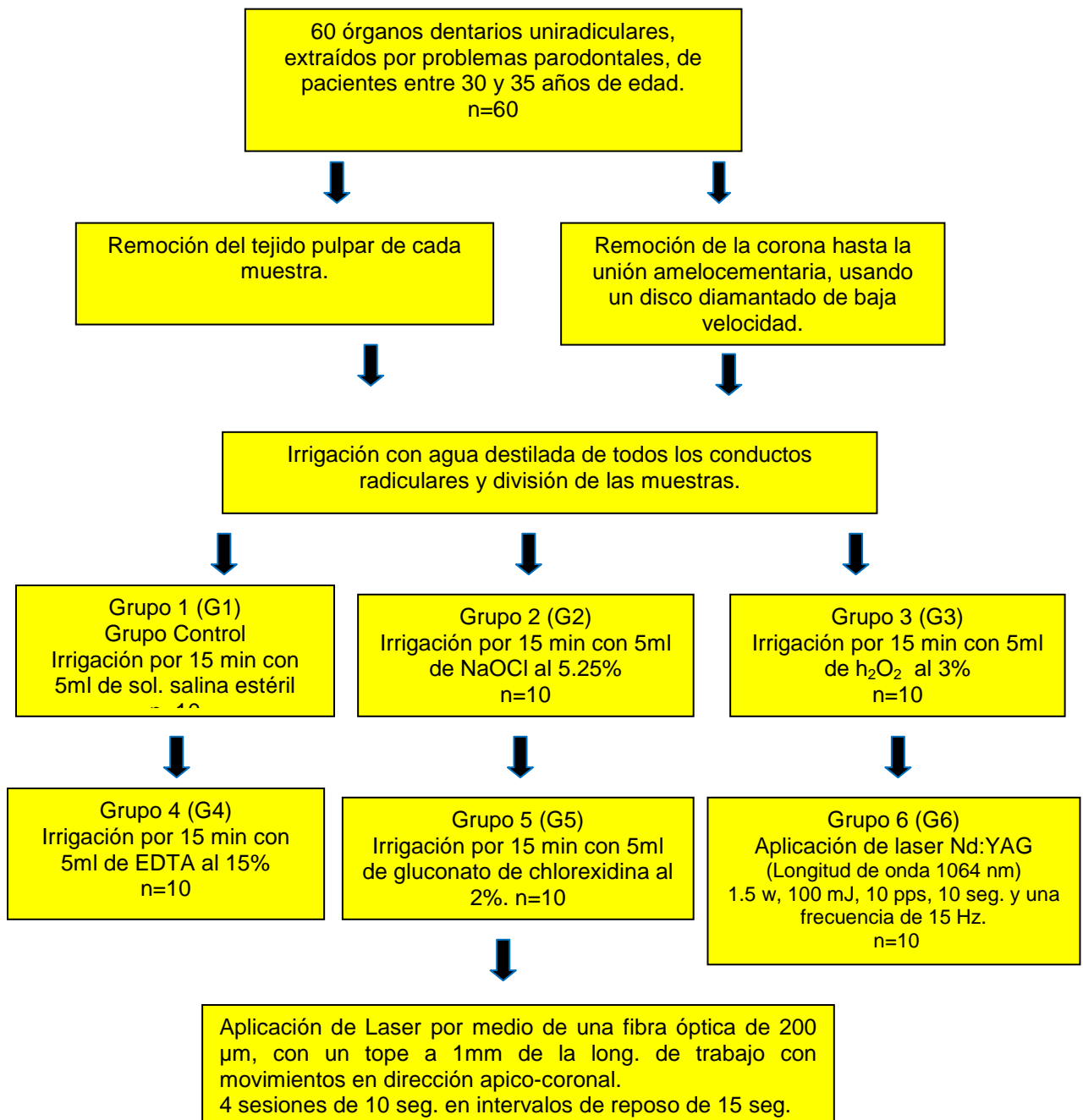
CONCLUSIONES:

Podemos concluir en este estudio, que el laser puede ser utilizado en el tratamiento de conductos obteniendo muy buenos resultados ya que ambos laser son efectivos en la desinfección de los conductos radiculares y en la eliminación del *E. faecalis*, pero el laser Nd:YAG tuvo mayor efectividad antibacteriana que el laser Er, Cr:YSGG ya que elimina en un 97% al *E. faecalis* cuando tiene una potencia de 1w y se mejora su efectividad cuando se aumenta la energía a 1.5 w eliminando esta bacteria en un 98%. Sin embargo ambos laser muestran una menor acción antibacteriana comparándolo con la solución de NaOCl al 2.5%, que eliminó las bacterias en un 100%.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

2. Gurbuz Taskin et al. en el 2008, realizaron un estudio enfocado en la Evaluación de la dentina de los conductos radiculares, después de la irradiación con laser Nd:YAG y el tratamiento con cinco diferentes soluciones irrigadoras.

A continuación se observa la metodología usada en este estudio:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

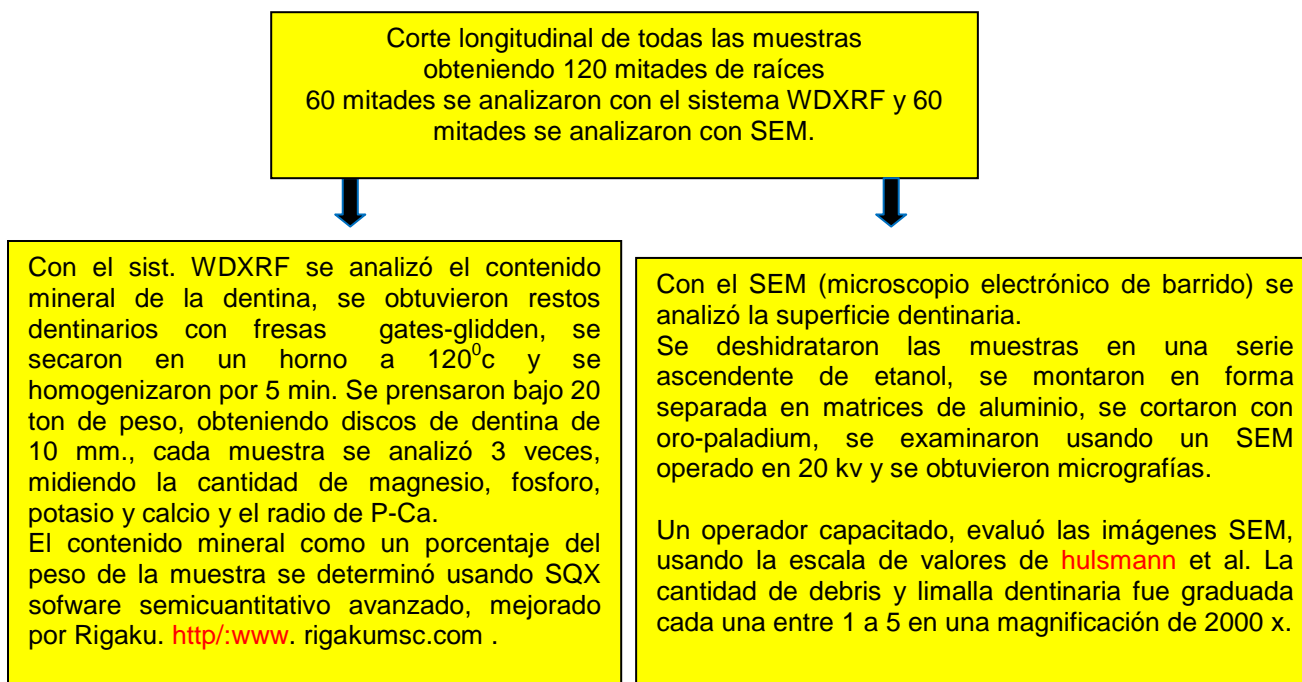


Figura 31. Esquema que representa la estrategia experimental publicada por Gurbuz Taskin et al. en el 2008, en su trabajo de investigación denominado: “*Evaluation of Root Canal Dentin after Nd:YAG laser irradiation and Treatment with Five Different Irrigation Solutions: A Preliminary Study*”.

RESULTADOS:

La diferencia entre cada grupo del contenido mineral de la dentina (análisis de la varianza) se realizó con ANOVA y la comparación de la media se realizó con la prueba de comparación múltiple Tukey. Los resultados de la evaluación SEM se compararon usando el test Kruskal-Wallis y Mann-Whitney U.

Tabla 7. Muestra el contenido mineral (peso %) de cada uno de los grupos tratados (Control, 5.25% NaOCl, 3% H₂O₂, 15% EDTA, 2% clorhexidina y Laser Nd:YAG) en donde p= 0.5. (Gurbuz, 2008).

Group	Mg	P	K	Ca	Ca/P
G1	1.9714 ± 0.0234	21.4630 ± 0.1126	0.0490 ± 0.0006	75.4570 ± 0.2414	3.5157 ± 0.1770
G2	2.0201 ± 0.0057	21.2895 ± 0.0633	0.0345 ± 0.0006	74.0402 ± 0.0336 [*]	3.4778 ± 0.0484 [*]
G3	1.9503 ± 0.0189	21.3753 ± 0.1049	0.0311 ± 0.0007	75.1697 ± 0.1111 [*]	3.5167 ± 0.1080

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Group	Mg	P	K	Ca	Ca/P
G4	1.9571 ± 0.0156	21.0857 ± 0.0779 [†]	0.0352 ± 0.0003	74.9317 ± 0.0737 [†]	3.5537 ± 0.0758
G5	1.9083 ± 0.0143	21.0790 ± 0.2027 [†]	0.0383 ± 0.0016	75.0120 ± 0.1090 [†]	3.5797 ± 0.1558
G6	1.9980 ± 0.0138	21.4713 ± 0.0865	0.0379 ± 0.0006	75.4960 ± 0.0792	3.5161 ± 0.0828

Tabla 8. Muestra los resultados de la investigación SEM de los debrís y limalla dentinaria. Las cantidades más bajas se obtuvieron en G4 y G6, seguido por G3 ($p < 0.5$) (Gurbuz, 2008).

Group	Debris (mean ± standard deviation)	Smear Layer (mean ± standard deviation)
G1 (control)	4.00 ± 0.67 ^a	4.10 ± 0.57 ^a
G2 (5.25% NaOCl)	3.40 ± 0.70 ^{a,b}	3.40 ± 0.84 ^{a,b}
G3 (3% H ₂ O ₂)	1.80 ± 0.63 ^c	1.70 ± 0.68 ^c
G4 (EDTA)	1.10 ± 0.32 ^c	1.10 ± 0.32 ^c
G5 (2% chlorhexidine)	2.90 ± 0.74 ^b	3.10 ± 0.88 ^b
G6 (Nd:YAG laser)	1.60 ± 0.70 ^c	1.50 ± 0.71 ^c

CONCLUSIONES:

Podemos concluir que los niveles de P y Ca disminuyeron al utilizar todas las soluciones irrigantes evaluadas en este estudio. Pero se observó principalmente en la disminución de los niveles de Ca en dientes tratados con NaOCl. ($p < .05$)

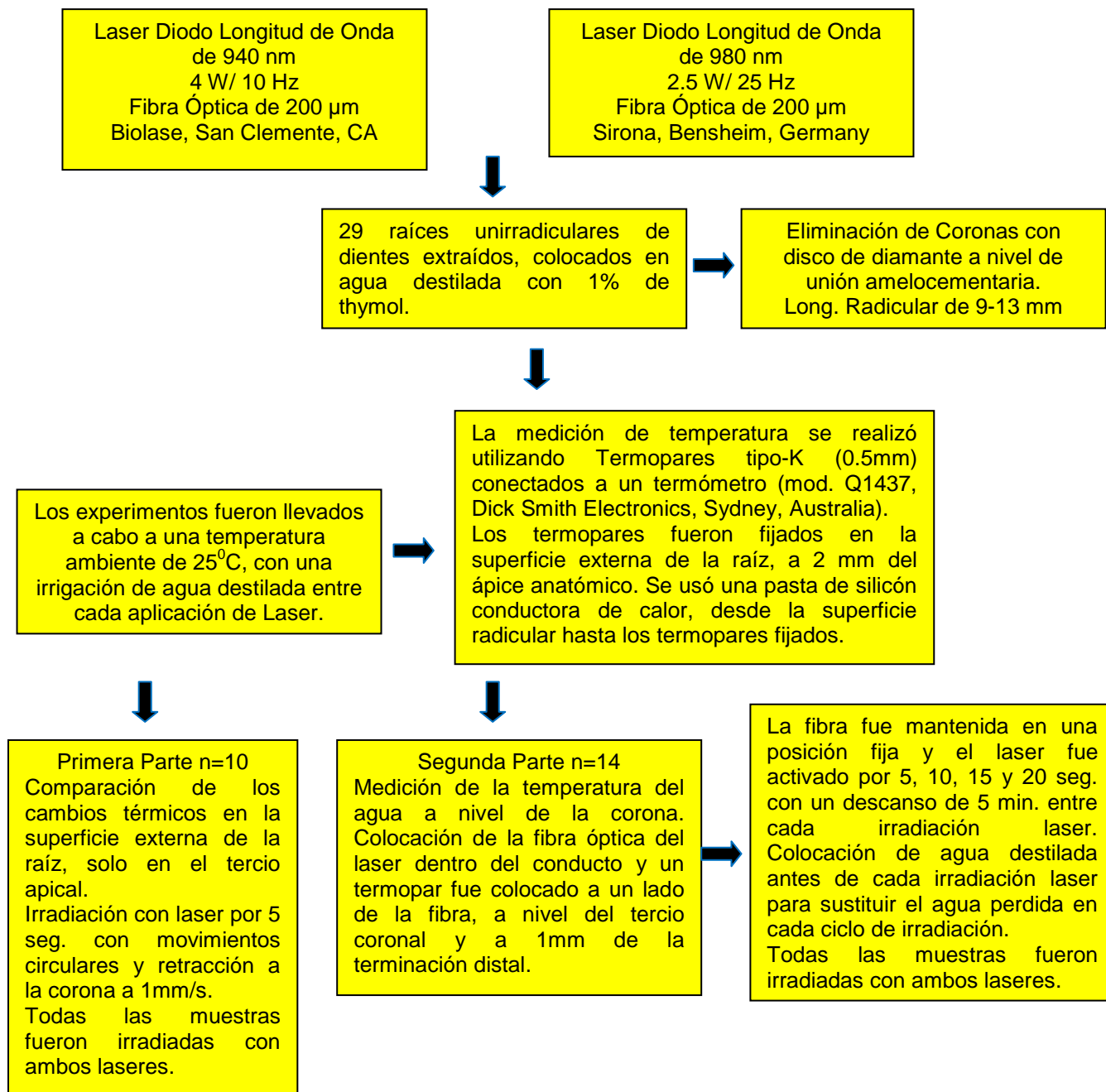
No obstante cuando se aplica el laser Nd:YAG se encontraron niveles mas altos de Ca, P y Mg, ($p > .05$) por lo que se sugiere que cualquier cambio químico ocurrido en los tejidos irradiados con laser se limitan a nivel molecular. Camargo et al. reportaron que la aplicación del laser intraconducto con movimientos circulares, produjeron cambios morfológicos limitados a las paredes dentinarias del conducto radicular.

También se concluye que la irrigación con EDTA, tiene una limpieza satisfactoria en las paredes de los conductos radiculares y se recomienda incorporar el laser Nd:YAG, por su eficaz limpieza (eliminación de debrís y limalla dentinaria) y baja tendencia a producir pérdida mineral de la dentina.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

3. Hmud R. et al. en el 2010, realizaron un estudio en el que analizaron los cambios de temperatura en diferentes puntos de los conductos radiculares húmedos usando dos marcas de Laser Diodo.

A continuación se observa la metodología usada en esta investigación:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

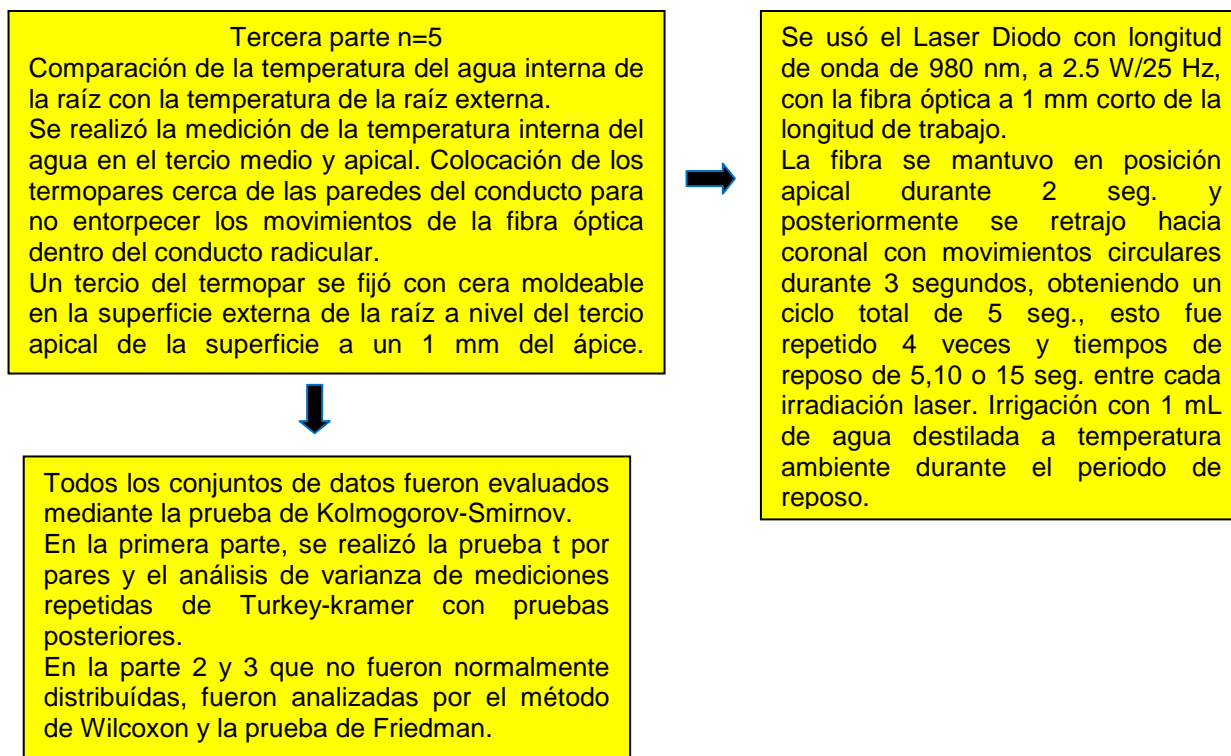


Figura 32. Esquema que representa la metodología publicada por Hmud Raghad et al. en el 2010, en su trabajo de investigación denominado: “*Temperature Changes Accompanying Near Infrared Diode Laser Endodontic Treatment of Wet Canals*”.

RESULTADOS:

En la primera parte del estudio, los cambios térmicos de la superficie externa del tercio apical de la raíz fueron pequeños para ambos Laser, con aumentos de temperatura de 2.26°C y 6.47°C para Ezlase y Sirolaser, respectivamente. Esta última fue significativamente más alta que la primera (P=.00001).

En la segunda parte del estudio, se observaron solo pequeños aumentos en la temperatura del agua coronal, con ambos Laser. No hubo diferencia significativa entre los 2 Lasers en ningún tiempo de exposición (5,10,15 y 20 seg.) El incremento de temperatura más alto del agua coronal fue de 4.4°C después de un periodo de irradiación de 20 seg.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

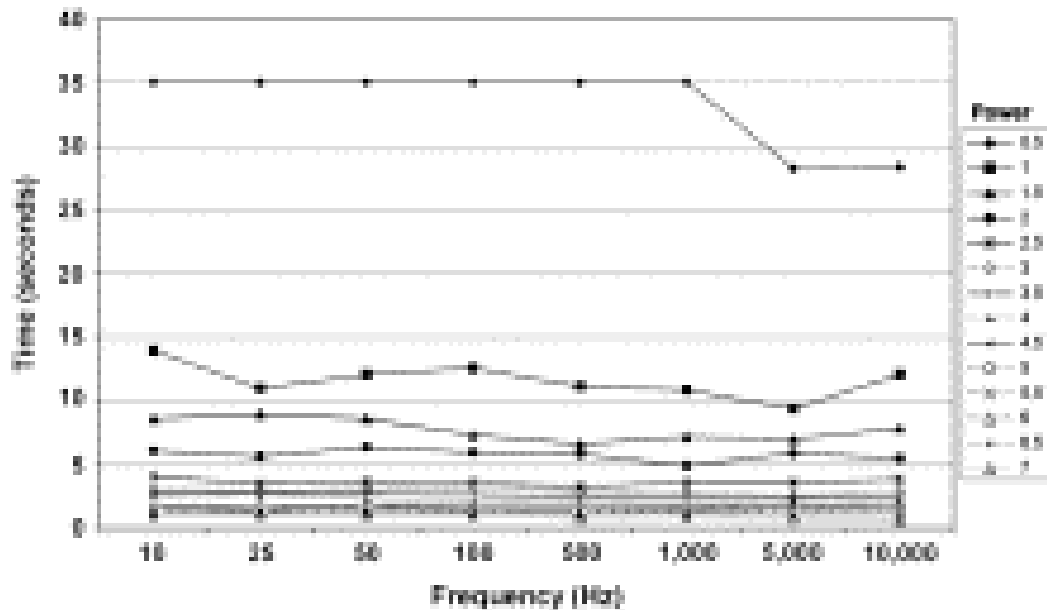


Figura 33. Muestra el efecto de la potencia del laser y la frecuencia del pulso en el tiempo necesario para iniciar la cavitación en agua, usando el Laser Sirolaser. Cada serie está a un promedio diferente de poder Laser, desde 0.5 a 7 W en incrementos de 0.5-W.

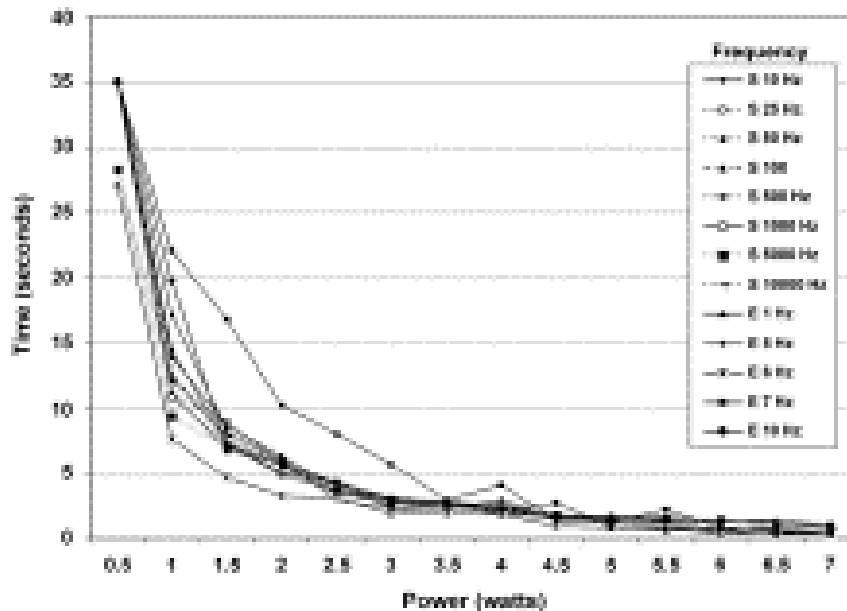


Figura 34. Muestra el efecto promedio de poder del Laser en el tiempo necesario para iniciar la cavitación en agua usando el Sirolaser y Ezlase. La serie de datos son: la frecuencia (en Hz) para el Sirolaser (s) y la duración del pulso/ intervalo del pulso (en milisegundos) para Ezlase (e).

En la tercera parte del estudio, la temperatura interna se elevó rápidamente hasta 30°C cuando la punta de la fibra pasaba por el termopar y luego cayó abruptamente en la misma proporción durante la irrigación. Las diferencias en la temperatura entre los 3 lugares (tercio medio, tercio apical y superficie externa de la raíz) fueron significativas en todos los puntos ($P < .0001$). Aunque hubo grandes fluctuaciones en el registro de temperatura en el interior del canal de la raíz, ocurrieron solo pequeños cambios en la temperatura de la superficie externa de la raíz. El tiempo de reposo no tuvo un efecto significativo en el enfriamiento.

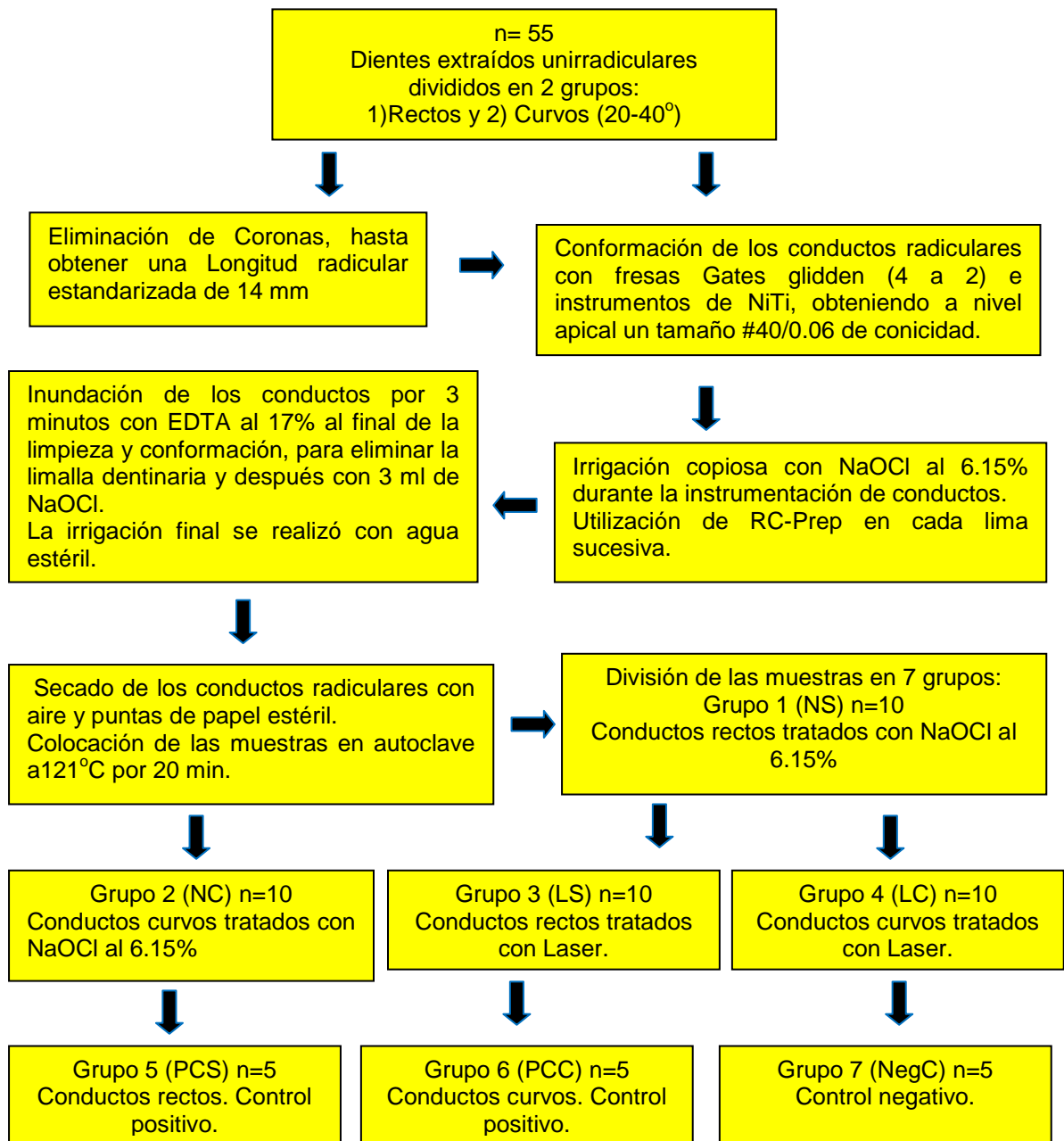
CONCLUSIONES:

Podemos concluir en este estudio, que el laser Diodo es seguro en su aplicación en endodoncia, el calentamiento que se produce al aplicarlo dentro de los conductos es mínimo, el calentamiento del agua destilada que se colocó entre cada aplicación de laser, tanto a nivel coronal como en tercio medio y apical no sufrió cambios comprometedores en el aumento de la temperatura, incluso en la superficie externa de la raíz, el aumento de temperatura fue mínimo, por lo que se atribuye que puede ser utilizado de forma segura, ya que no puede producir un sobrecalentamiento de los tejidos periradiculares y no pone en riesgo tanto el hueso como las células del ligamento parodontal. Cabe destacar que un punto muy importante son los periodos de reposo o enfriamiento que se realizaron en este estudio, que permitieron que el calor se disipara lentamente permitiendo que los tejidos regresaran a su temperatura inicial y no se produjera el sobrecalentamiento, otro punto importante es el movimiento de la fibra óptica dentro de los conductos, que no permitieron que el calor se enfocara en un solo punto, permitiendo que la absorción del calor fuera más equitativa. En este estudio se utilizó agua destilada a temperatura ambiente, pero se puede sugerir la utilización de agua fría, para así lograr un periodo de enfriamiento más rápido.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

4. Dewsnup N. et al. en el 2010, realizaron un estudio enfocado en evaluar la reducción bacteriana en conductos curvos y rectos, comparando el tratamiento laser Er,Cr: YSGG con la técnica de irrigación convencional con hipoclorito de sodio.

La metodología utilizada en este estudio, se describe a continuación:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

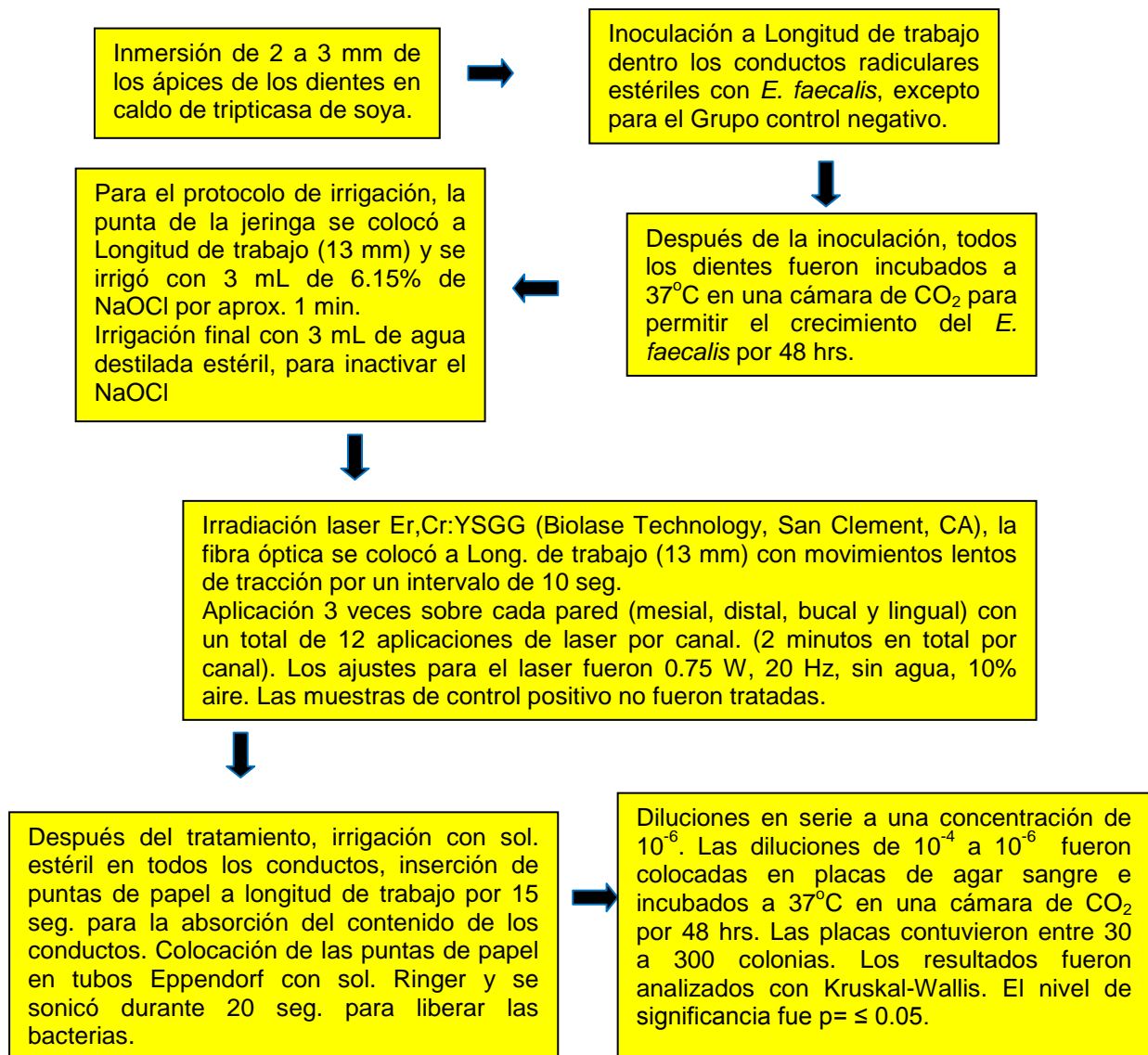


Figura 35. Esquema que representa la metodología publicada por Dewsnap Nathan et al. en el 2010, en su trabajo de investigación denominado: “*Comparison of Bacterial Reduction in Straight and Curved Canals Using Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Laser Treatment versus a Traditional Irrigation Technique With Sodium Hypochlorite*”.

RESULTADOS:

Todas las muestras de control positivo presentaron crecimiento bacteriano, mientras que ninguna de las de control negativo tuvo crecimiento bacteriano. En los grupos NS, NC y LS solo 1 de 10 muestras (10%) presentaron crecimiento bacteriano después del tratamiento. Sin embargo, en los grupos NS y NC el conteo con CFU estaban por

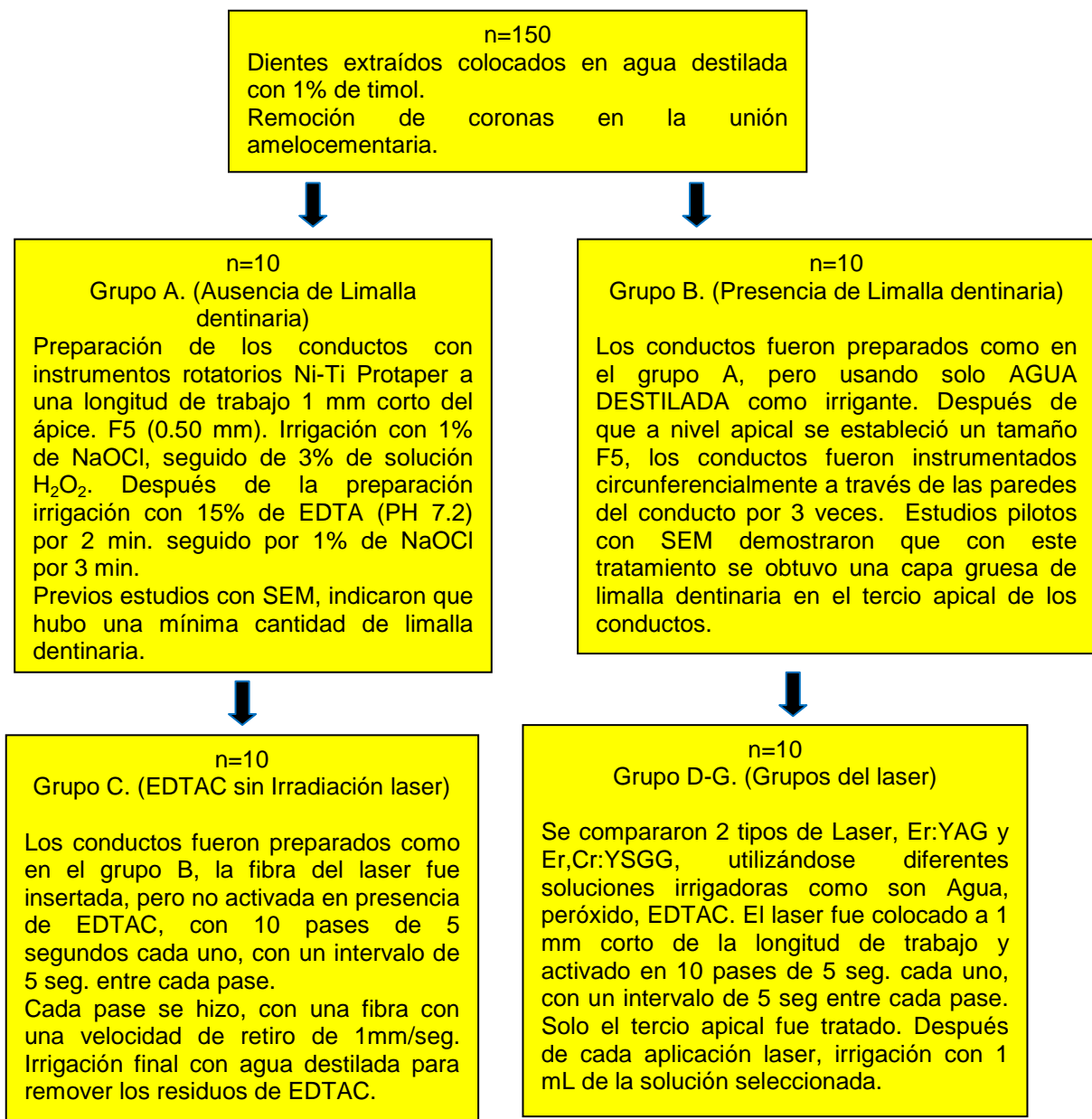
debajo del umbral como 0.000. En el grupo LC 3 de 10 muestras (30%) presentaron crecimiento bacteriano después del tratamiento. Sin embargo no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los 4 grupos tratados en canales curvos y rectos ($p > 0.05$). Una diferencia estadística significativa se encontró entre los 4 grupos tratados y el grupo control ($p < 0.001$). El análisis de la varianza se realizó comparando la densidad óptica entre los grupos, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los grupos tratados ($p > 0.05$), sin embargo hubo una diferencia estadística significativa entre los 4 grupos tratados y el grupo control positivo. ($p < 0.001$).

CONCLUSIONES:

Podemos concluir que el laser Er,Cr: YSGG puede ser utilizado como agente antibacteriano durante el tratamiento de conductos, su acción bactericida en conductos rectos es igual al compararse con el NaOCl, eliminando el mismo porcentaje de bacterias en las muestras tratadas (90%), sin embargo en conductos curvos, la eficacia bactericida del laser disminuyó comparándolo con el NaOCl a un 70%. Es importante destacar que en este estudio se realizó un ensanchamiento apical #40 conicidad .06, para favorecer el paso del NaOCl sobre todo en las muestras con curvatura y que en ocasiones durante la práctica profesional este ensanchamiento a nivel apical no es posible debido a la curva, por lo que se sugiere realizar por lo menos el diseño apical #40 o por arriba de él para lograr una mejor desinfección. En este estudio también se utilizó una fibra óptica rígida, la cual no se adaptó a la curvatura de los conductos radiculares, impidiendo una limpieza eficaz a nivel apical. Entonces podemos concluir que el mejor efecto bactericida en conductos curvos fue realizado con el NaOCl siempre y cuando se realice un ensanchamiento apropiado para permitir el paso del irrigante hacia el tercio apical de los conductos radiculares, sin embargo el laser tiene también buenas cualidades como bactericida y puede ser usado durante el tratamiento de conductos, obteniendo excelentes resultados.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

5. Roy G. et al. en el 2008, realizaron un estudio en el cual evaluaron la remoción de limalla dentinaria en el tercio apical de los conductos radiculares, utilizando el laser con una fibra óptica modificada. La metodología se describe a continuación:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

El Laser KEY3 (Kavo) se usó a 200 mJ/pulso y 20 Hz. (potencia media 4W) con una fibra óptica de 400 µm (ISO 40), utilizando una fibra simple y una fibra modificada en forma cónica.

El laser Waterlase MD (Biolase) se usó a 62.5 mJ/ pulso y 20 Hz (potencia media 1.25 W), con una fibra óptica de 400 µm, utilizando una fibra simple y una fibra modificada en forma cónica.

MODIFICACIÓN DE LA FIBRA OPTICA

Se realizó un grabado de la punta de la fibra óptica con solución de Acido hidrofluorico al 50% con la técnica de grabado tubular, 90 minutos para el laser Kavo y 160 minutos para Biolase. De tal manera que la punta de la fibra óptica quede en una forma cónica y así el rayo laser se disperse lateralmente hacia las paredes del conducto.

Las imágenes se valoraron con el método digital de objetivo. Los datos fueron confirmados usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

El conjunto de datos se analizó con análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple Turkey-kramer.

Figura 36. Esquema que representa la metodología publicada por Roy George et al. en el 2008, en su trabajo de investigación denominado: “*Laser Activation of Endodontic Irrigants with Improved Conical Laser Fiber Tips for Removing Smear Layer in the Apical Third of the Root Canal*”.

RESULTADOS:

Tabla 9. Muestra los resultados obtenidos, utilizando cada uno de los Laser, con las diferentes soluciones irrigantes y la utilización de una fibra óptica simple o una fibra modificada (George, 2008).

Group	Irrigant	Mean	Standard Deviation	Maximum	Minimum
A	NaOCl + peroxide + EDTAC	6.37	4.14	13.5	2.11
B	Water	0.17	0.12	0.42	0.03
C	EDTAC	1.83	1.14	3.37	0.24
Er:YAG laser					
D1	Water	0.72	0.56	2.1	0.25
D2	Peroxide	0.75	0.35	1.57	0.34
D3	EDTAC	5.33	3.28	13.44	2.53
E1	Water	2.09	1.15	4.28	0.67
E2	Peroxide	2.25	1.29	5.21	0.97
E3	EDTAC	5.23	3.66	12.1	2.36
Er,Cr:YSGG laser					

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Group	Irrigant	Mean	Standard Deviation	Maximum	Minimum
F1	Water	0.56	0.26	1.05	0.061
F2	Peroxide	1.13	0.52	1.77	0.35
F3	EDTAC	8.14	5.2	19.58	2.45
G1	Water	2.25	0.36	2.72	1.4
G2	Peroxide	2.58	1.07	3.99	0.85
G3	EDTAC	9.86	5.63	23.12	2.43

En el Grupo D se utilizó el laser Er:YAG con la fibra simple (cilíndrica) utilizando Agua, Peroxido y EDTAC.

En el Grupo E se utilizó el laser Er:YAG con la fibra modificada (cónica) utilizando Agua, Peroxido y EDTAC.

En el Grupo F se utilizó el laser Er,Cr:YSGG con la fibra simple (cilíndrica) utilizando Agua, Peroxido y EDTAC.

En el Grupo G se utilizó el laser Er,Cr:YSGG con la fibra modificada (cónica) utilizando Agua, Peroxido y EDTAC.

Tabla 10. Muestra el Análisis Estadístico que se realizó en este estudio (George, 2008).

Variable	Groups	Conclusión
Effect of fiber design	$E1 > D1^{**}$; $E2 > D2^{**}$; $E3 = D3$; $G1 > F1^{***}$; $G2 > F2^{*}$; $G3 = F3$	Conical fiber is better when matched for the same laser and same irrigant
Effect of irrigant	$D3 > D1 = D2^{***}$; $E3 > E1 = E2^{*}$; $F3 > F1 = F2^{***}$; $G3 > G1 = G2^{**}$	EDTAC is better than both peroxide and water when matched for the same laser and same fiber design.
Effect of laser	$D1 = F1$; $D2 = F2$; $D3 = F3$; $E1 = G1$; $E2 = G2$; $E3 = G3$	No difference between lasers when matched for the same fiber design and same irrigant
Comparison with conventional Ni-Ti and EDTAC (group A, lack of smear layer)	$A = D3 > D1 = D2^{***}$; $A = E2 = E3 > E1$; $A = F3 > F1 = F2^{**}$; $A = G1 = G2 = G3$	Conical tip removes smear layer to leave a final surface similar to Ni-Ti + EDTAC
Laser activation of EDTAC versus passive EDTAC	$D3 = E3 = F3 = G3 > C^{*}$	Lasing improves the action of EDTAC for the same treatment time
Effect of treatments versus control for the presence of smear layer (group B, Ni-Ti + water)	$B < \text{all other groups}^{**}$	All treatments offer a level of smear layer removal

EDTAC, Acido tetracético diamino etileno con cetavlon.

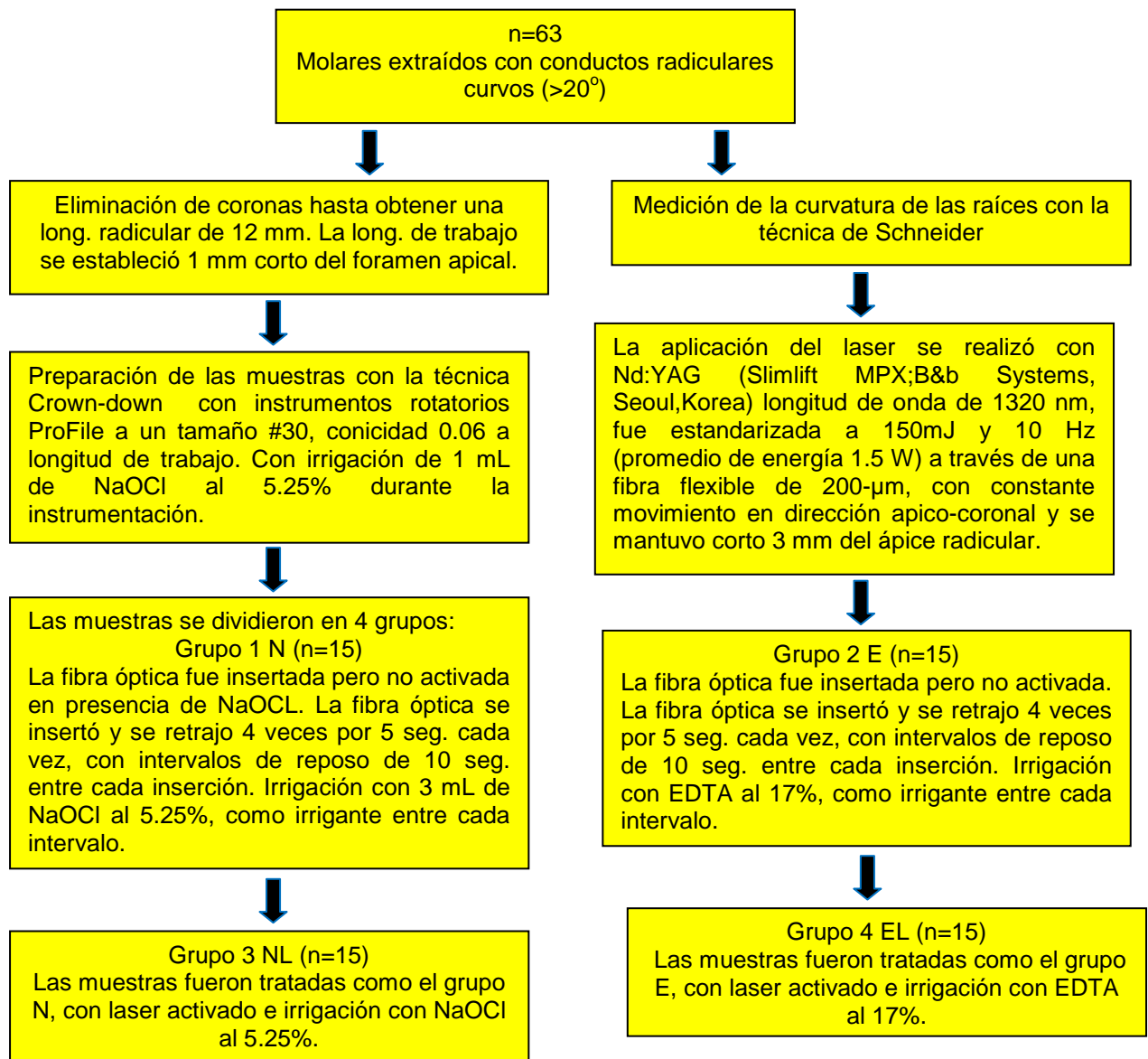
CONCLUSIONES:

En este estudio podemos concluir que al modificar la punta de la fibra óptica, haciéndola de forma cónica, se permite que la irradiación laser se proyecte lateralmente hacia las paredes del conducto radicular, consiguiendo así una mayor limpieza y eliminación de la limalla dentinaria, ya que la forma convencional de la punta de la fibra óptica es cilíndrica y el corte es recto, por lo que el laser se transmite en forma paralela a los conductos radiculares y la irradiación a estas paredes es menor y limitada. Es importante hacer notar, que al modificar la punta cilíndrica a cónica, se tuvo que disminuir la potencia de 1w a 0.75 w para una punta cilíndrica y una cónica respectivamente.

Al utilizar ambos Lasers (Er:YAG y Er,CR:YSGG) y EDTAC y compararlos, se concluye que el laser mejora la efectividad del EDTAC en la limpieza de la limalla dentinaria.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

6. Moon Y-M. et al. en el 2012, realizaron un estudio en el cual evaluaron el efecto de la irradiación laser Nd:YAG de una longitud de onda 1320 nm en la penetración del sellador en conductos radiculares curvos. La metodología usada en este estudio se describe a continuación:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

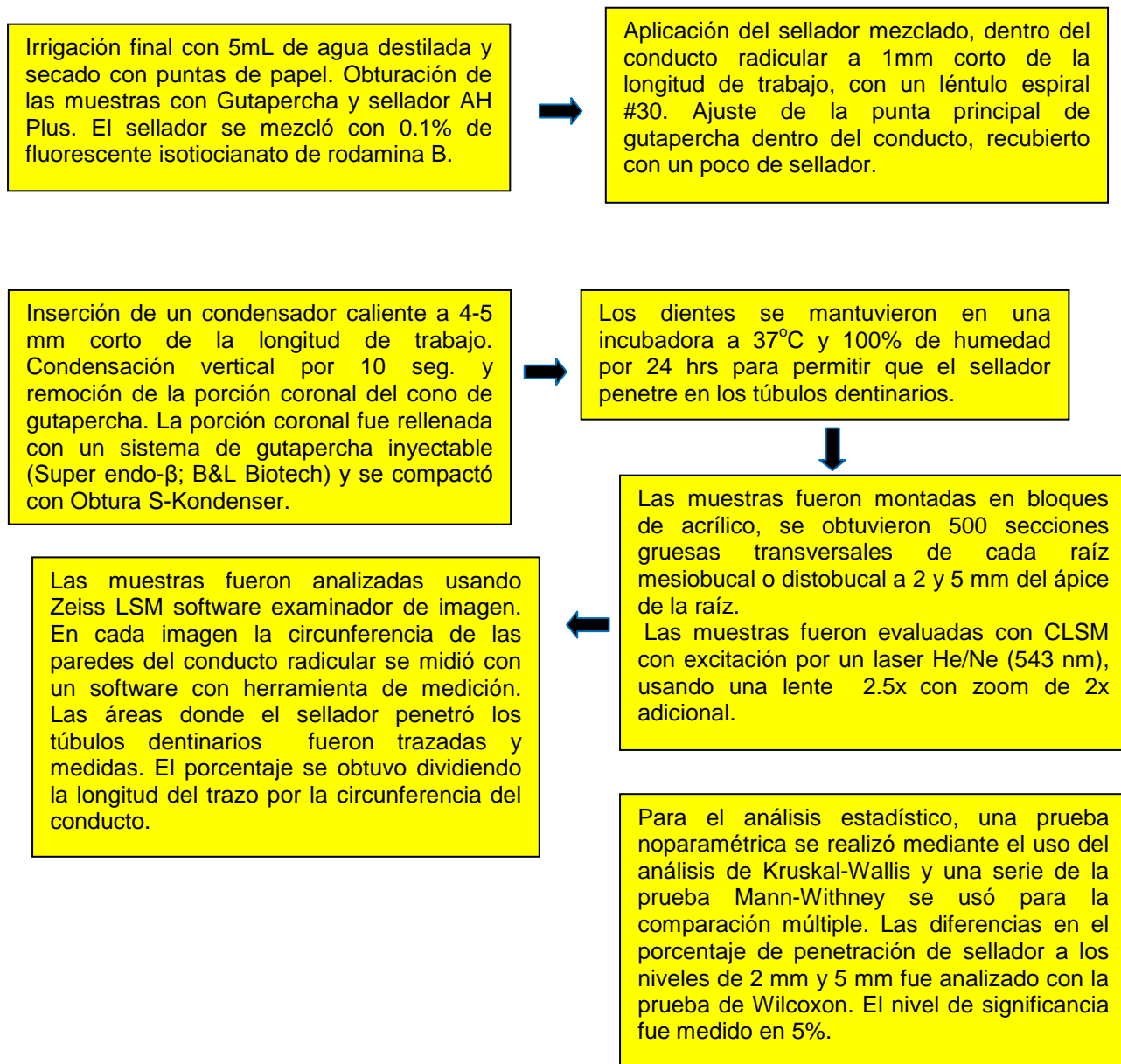


Figura 37. Esquema que representa la metodología publicada por Moon Young-Mi et al. en el 2012, en su trabajo de investigación denominado: “*Effect of Laser-activated Irrigation of 1320-Nanometer Nd:YAG Laser on Sealer Penetration in Curved Root Canals*”

RESULTADOS:

Se observó una capa de sellador fluorescente alrededor de las paredes de los conductos radiculares, en todas las secciones.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

El porcentaje de penetración del sellador a 2 mm fue para el grupo N, 15.97%; Grupo E, 22.31%; Grupo NL, 35.28%; Grupo EL, 39.96%.

En el nivel a 5 mm fue para el Grupo N, 34.87%; Grupo E, 57.22%; Grupo NL, 68.47%; y Grupo EL, 76.59%. Las muestras del control negativo no mostraron penetración del sellador en los túbulos dentinarios.

La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia estadística entre los protocolos de irrigación en cada nivel (al nivel de 2 mm, $P=.003$, nivel 5 mm, $P=.001$). La prueba Mann-Whitney mostró que los grupos E,NL y EL tuvieron un porcentaje de significancia más alto en la penetración del sellador que el grupo N tanto a 2 mm como a 5 mm. ($P<.05$)

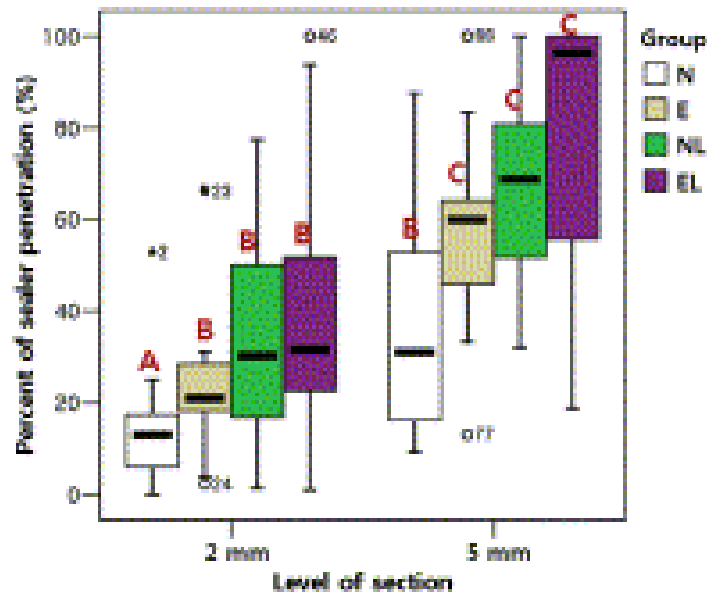


Figura 38. Muestra cómo penetró el sellador dentro de los túbulos dentinarios a 2 y 5 mm del ápice radicular. ($P < .05$).

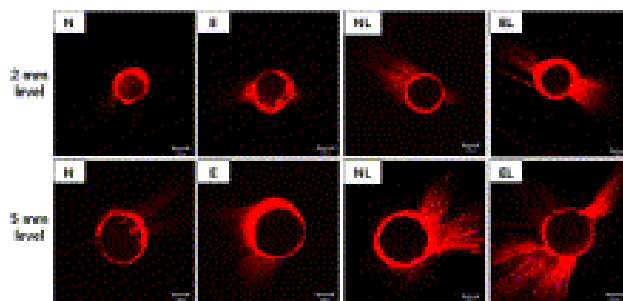


Figura 39. Muestra las imágenes representativas CLSM de cada grupo (magnificación original 50x). Las imágenes superiores representan las muestras a 2 mm y las inferiores a 5 mm del ápice radicular.

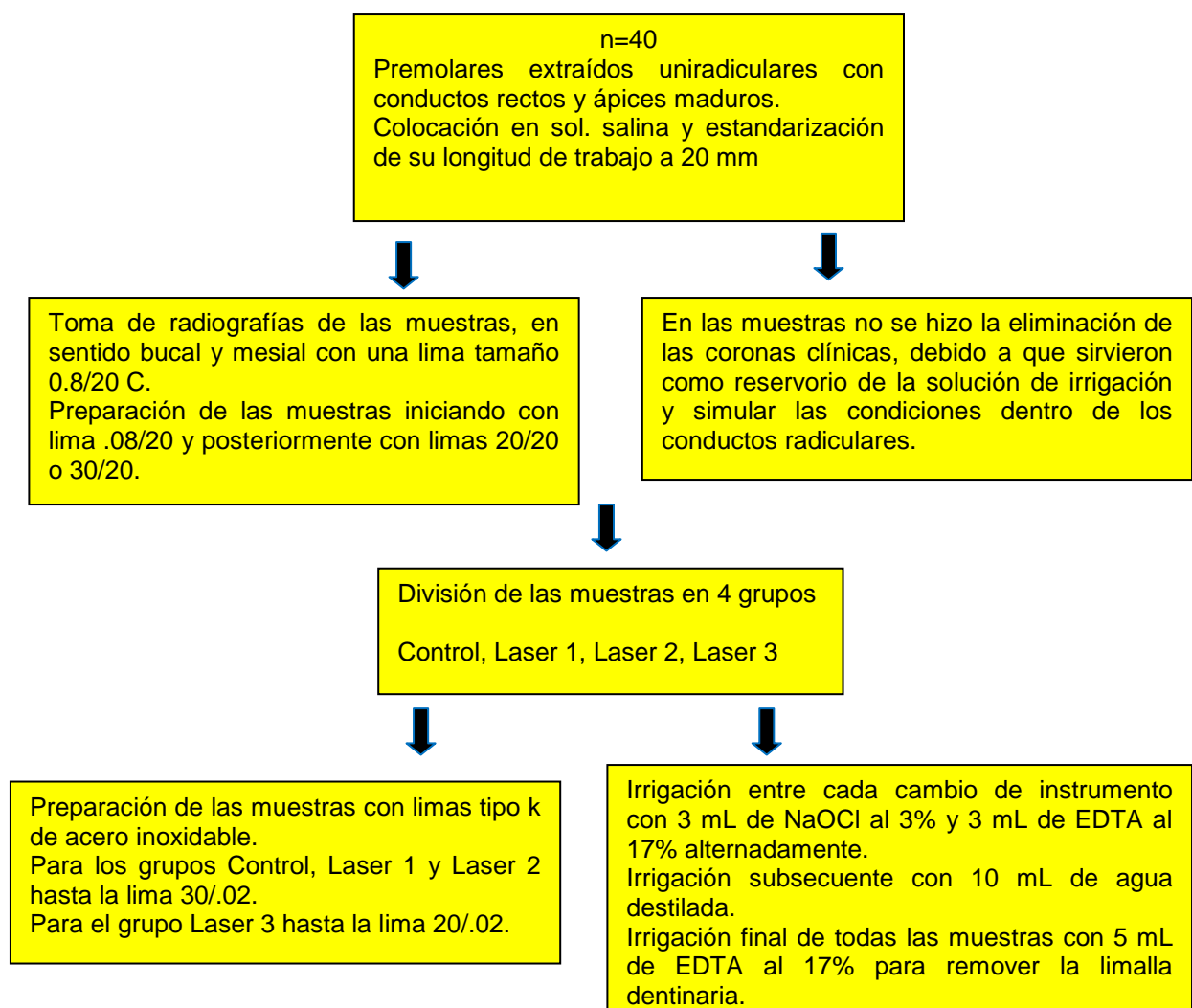
CONCLUSIONES:

En este estudio podemos concluir que el laser Nd:YAG con una longitud de onda 1320 nm, puede ser una buena herramienta para la eliminación de la limalla dentinaria y así permitir el paso del cemento sellador al interior de los túbulos dentinarios, ya que al irrigar únicamente con NaOCl no se obtiene una buena eliminación de la limalla dentinaria y por lo tanto el sellador no penetra hacia los túbulos dentinarios. Sabemos que la penetración del sellador a los túbulos dentinarios es benéfica, para asegurar un buen sellado tridimensional y que las bacterias que hubieran quedado en el interior de los conductos fueran encerradas en su interior y mueran, también para no permitir una posible reinfección del sistema de conductos radiculares. En este estudio se observó una mayor penetración del cemento sellador en los grupos donde hubo irradiación laser (NL, EL) y en el grupo E donde hubo solo aplicación de EDTA. El NaOCl por sí solo no elimina la limalla dentinaria, por lo que el laser tendría esta ventaja sobre este. El autor de este estudio menciona que una posible razón por la que se tuvo un mejor efecto de eliminación de limalla dentinaria utilizando el laser y el NaOCl juntos, es por el potencial de liberación de oxígeno del NaOCl, que puede mejorar la cavitación debido a la generación de vapor de agua y de oxígeno.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

7. Huiz Peeters H. et al. en el 2011, realizó un estudio en el que analizó la remoción de limalla dentinaria usando el laser Er,Cr:YSGG y el EDTA a nivel del tercio apical, ya que la limalla dentinaria puede penetrar dentro de los túbulos dentinarios a una profundidad de 40 μm y esto no permite la penetración de las soluciones irrigantes y de los selladores a los túbulos dentinarios, no permitiendo así un buen sellado de la obturación de los conductos radiculares.

La metodología usada en este estudio, se describe a continuación:



ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Grupo Control n=10

Se sometieron a irrigación ultrasónica pasiva (PUI) con punta de acero inoxidable no cortante (tamaño 20, Irrisafe; Satelec Acteon Mérignac, France), potencia "blue 4", frecuencia 30 KHZ, amplitud de desplazamiento aprox. 30 μ m por 60 seg. La punta de ultrasonido fue introducida 2 mm corto de la Longitud de trabajo. (LW).

Grupo Laser 1 n=10

La solución de EDTA fue activada por 60 seg. Lima apical maestra 30/.02.

Grupo Laser 2 n=10

La solución de EDTA fue activada por 30 seg. Lima apical maestra 30/.02.

Grupo Laser 3 n=10

La solución de EDTA fue activada por 60 seg. Lima apical maestra 20/.02.

Secado de las muestras por 24 hrs. a temperatura ambiente, corte longitudinal de mesial a distal con un disco de diamante sin agua.

Introducción en cada muestra de una punta de papel estéril para eliminar el debris formado durante el proceso de corte.

Laser waterlase MD (Biolase, San Clemente CA) fue usado con una potencia de 1 w y 35 Hertz a través de una fibra de cuarzo, punta (M26) con un diámetro de 600 μ m y longitud de 14 mm.

La fibra se fijó a la pieza de mano del Laser (Er,Cr;YSGG) y la cámara pulpar sirvió como reservorio de la solución de irrigación.

Evaluación con Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) (JSM-6400;JEOL, Tokyo, Japan) en 10 KV.

Magnificación de 1000x fue usado para analizar la limalla dentinaria y una magnificación de 200x fue usada para analizar el debris dentinario.

Una imagen SEM fue grabada en una distancia de 1mm del ápice de cada muestra.

La cantidad de debris y limalla dentinaria remanente en la región apical de cada muestra fue analizada separadamente tomando como referencia las fotografías, por 4 evaluadores usando una escala de 5 puntos.

El Debris dentinario se define como chispas de dentina, remanentes de pulpa que se adhieren ligeramente a las paredes del conducto radicular.

Score 1 indica paredes de los conductos radiculares limpios (solo una pequeña cantidad de debris).

Score 2 indica pequeñas aglomeraciones de debris.

Score 3 indica muchas aglomeraciones de debris cubriendo menos del 50% de las paredes del conducto radicular.

Score 4 indica más del 50% de las paredes del conducto radicular cubierto por debris.
Score 5 indica las paredes del conducto radicular completa o casi completa

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

La limalla dentinaria es definida como una película de debris que es retenida en la dentina u otra superficie después de la instrumentación manual o rotatoria.

Análisis estadístico Cohen Kappa para analizar el acuerdo entre los 4 evaluadores. Las diferencias entre cada grupo fueron analizadas estadísticamente usando Kruskal-Wallis análisis no paramétrico de varianza y la prueba de Mann-Whitney.

Score 1 indica sin limalla dentinaria, todos los túbulos dentinarios están abiertos y limpios.

Score 2 indica pequeñas cantidades de limalla dentinaria.

Score 3 indica limalla dentinaria homogénea cubriendo las paredes de los conductos radiculares. Pocos túbulos dentinarios abiertos.

Score 4 indica limalla dentinaria homogénea cubriendo por completo las paredes del conducto radicular. No hay túbulos dentinarios abiertos.

Score 5 indica una pesada y no homogénea limalla dentinaria cubriendo por completo las paredes de los conductos radiculares.

Figura 40. Esquema que representa la metodología publicada por Huiz Peeters et al. en el 2011, en su estudio de investigación denominado: *“Efficacy of Smear Layer Removal at the Root Tip by Using Ethylenediaminetetraacetic Acid and Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet Laser”*.

Resultados:

Tabla 11. Especifica los diferentes tratamientos en cada uno de los grupos.

Group	Activation	Time (seconds)	Master apical file (ISO)	Irrigant
Control	Ultrasonic	60	30	17% EDTA
Laser 1	Laser	60	30	17% EDTA
Laser 2	Laser	30	30	17% EDTA
Laser 3	Laser	60	20	17% EDTA

El análisis de la superficie de los conductos radiculares en el grupo control, reveló la presencia de una moderada cantidad de debris y limalla dentinaria. El análisis de los dientes en el grupo Laser 1 reveló que no había limalla dentinaria en toda su superficie. Se observó moderada limalla dentinaria en la superficie de los conductos radiculares del grupo del Laser 2 y en el grupo del Laser 3.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis mostró una diferencia significativa entre la cantidad tanto de debris como de limalla dentinaria ($P \leq 0.001$).

La prueba estadística de Mann-Whitney mostró que la limalla dentinaria y el debris para el grupo Laser 1 fue significativamente diferente comparándolos con el grupo control ($P < .001$), grupo Laser 2 ($P = .002$) y grupo Laser 3 ($P = .012$ y $P = .013$). Fueron observados conductos radiculares completamente limpios en el grupo Laser 1. Sin embargo, hubo una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo del Laser 2 y el grupo del Laser 3 con respecto a la remoción de limalla dentinaria ($P = .04$) pero no en términos de remoción de debris ($P > .08$) (Tabla 12).

No hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el grupo del Laser 2 ($P > .05$)

El análisis estadístico del grado de erosión no se desarrolló debido a la pequeña área que fue evaluada en las muestras.

Tabla 12. Muestra el rango de puntuación de la limalla dentinaria en cada grupo después del procedimiento de irrigación.

Group	Mean rank
Control	28.30
Laser 1	10.00
Laser 2	26.95
Laser 3	16.75

Tabla 13. Muestra el rango de puntuación del debris dentinario en cada grupo después del procedimiento de irrigación.

Group	Mean Rank
Control	29.25
Laser 1	10.00
Laser 2	25.20
Laser 3	17.55

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Tabla 14. Muestra la frecuencia y distribución de la puntuación de la limalla dentinaria.

Score	Frequency (percentage)			
	Control	Laser 1	Laser 2	Laser 3
1	1 (10)	10 (100)	3 (30)	5 (50)
2	1 (10)	0	0	4 (40)
3	6 (60)	0	3 (30)	1 (10)
4	1 (10)	0	1 (10)	0
5	1 (10)	0	3 (30)	0

Tabla 15. Muestra la frecuencia y distribución de la puntuación del debris dentinario.

Score	Frequency (percentage)			
	Control	Laser 1	Laser 2	Laser 3
1	1 (10)	10 (100)	3 (30)	5 (50)
2	1 (10)	0	0	2 (20)
3	1 (10)	0	0	1 (10)
4	0	0	2 (20)	1 (10)
5	7 (70)	0	5 (50)	1 (10)

Conclusión:

La eliminación del debris y la limalla dentinaria es un paso fundamental en el proceso de desinfección de conductos, ya que ésta puede penetrar o empacarse dentro de los túbulos dentinarios a una profundidad de hasta 40 μm .

Podemos concluir en este estudio que al utilizar el Laser Er, Cr: YSGG dentro del conducto radicular durante 60 segundos, utilizando el EDTA como solución de irrigación final, se obtiene eliminación total tanto del debris como de la limalla dentinaria a nivel apical de los conductos radiculares, que es la porción crítica o de difícil acceso para la desinfección de conductos. Cuando se realiza un diseño menor a nivel apical (20/.02) como en el grupo Laser 3, pero la duración de la irradiación laser es igual (60 seg) disminuye la eliminación de limalla dentinaria comparada con el grupo Laser 1, pero es mejor la limpieza comparándola con el grupo control o cuando se utilizó menos tiempo

(30 seg) como el grupo Laser 2. Por lo que se deduce que es muy importante tanto el tiempo de irradiación Laser como el diseño a nivel apical para obtener una total eliminación del debris y la limalla dentinaria. Al aplicar el Laser durante el tratamiento de conductos este produce una cavitación, la cual es definida como la formación de vapor o una cavidad que contiene burbujas dentro del fluido. Estas burbujas de vapor pueden causar una expansión en volumen a 1600 veces del volumen original, este proceso permite acceder al irrigante al tercio apical con mayor facilidad, logrando de esta manera la limpieza y eliminación total del debris y limalla dentinaria.

8. PRESENTACIÓN DE CASOS CLINICOS

8.1 METODOLOGÍA:

El siguiente protocolo endodóntico se llevo a cabo en los seis pacientes que utilizaron el LASER Nd: YAG en combinación con agua ozonizada durante el tratamiento de conductos.

A). ANESTESIA Y AISLAMIENTO DE LA PIEZA A TRATAR:

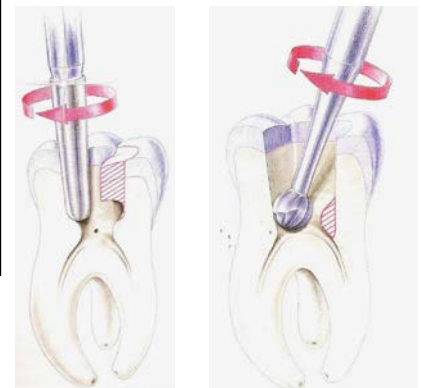
1. Se preparó a cada uno de los pacientes para la aplicación de la anestesia, con el aparato para anestesiarse (CompuDent) y cartuchos de anestesia scandonest al 2% (Clorhidrato de mepivacaína-Epinefrina).



2. Para el aislamiento de la pieza a tratar se utilizó un dique de hule, arco de plástico y la grapa correspondiente.



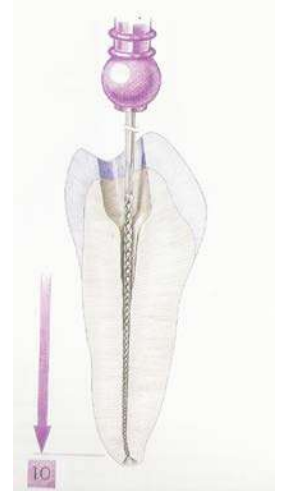
3. Acceso coronario para la eliminación de la pulpa cameral y la localización de los conductos radiculares, auxiliándonos con el explorador de conductos. Se utilizó una fresa de diamante cónica de punta redonda y una fresa de carburo de bola.



B) COLOCACION DEL AGUA A OZONIZAR Y ACCESO RADICULAR CON FRESAS GATES GLIDDEN:

4. Se introdujo una lima K ISO tamaño 0.10 o 0.15 (Flexofile) dentro de cada uno de los conductos para hacer un sondeo y comprobar la permeabilidad de cada uno de ellos.

Esta es la primera lima que tiene contacto en la longitud total del conducto y es llamada lima apical inicial. (IAF)



5. Previamente se coloca agua destilada a ozonizar, introduciendo la cánula del aparato de Ozono (marca Odontozono Carbar's, León) dentro del recipiente que contiene el agua a ozonizar y así poder utilizarla como irrigante dentro de los conductos radiculares.



Se deben determinar 3 factores para la aplicación del gas de ozono: **Intensidad, tiempo y flujo de aire.**

A menor flujo de aire, mayor concentración de ozono por litro de agua, y viceversa a mayor flujo de aire menor concentración de ozono, pero se acelera el proceso.

En este caso que son tratamientos de conductos con necrosis pulpar y lesión periapical, se tomaron en cuenta los sig. datos:

Se deja ozonizar el recipiente de medio a un litro de agua.

Posición de Ozono: 5

Tiempo: 5 min.

Flujo de aire (Lts/min): Posición 2.

6. Se realizó el acceso radicular utilizando las fresas Gates Glidden (Dentsply Maillefer) en forma Crown down, iniciando con la fresa No. 4, posteriormente la No. 3 y terminamos con la No. 2; alternando en cada introducción de las fresas Gates Glidden la irrigación con agua ozonizada, utilizando puntas irrigadoras Endo-Eze marca Ultradent (sustituyendo en este caso la utilización del hipoclorito de Sodio).

7. Se determinó la longitud de trabajo, auxiliándonos con el localizador de forámenes Root Zx, de la marca J. morita y en la toma de radiografías con el radiovisiógrafo Cygnus media.



C) INSTRUMENTACION DE LOS CONDUCTOS CON LA TECNICA ELEGIDA

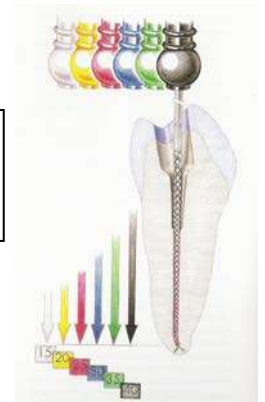
(Fuerzas balanceadas, Crown-down):

8. Se realizó la instrumentación con las limas K manuales Flexo file de acero inoxidable, utilizando la técnica manual de Fuerzas balanceadas, iniciando la instrumentación corono-apical, introduciendo primero limas K de mayor calibre para la instrumentación del tercio coronal y tercio medio y posteriormente de una forma progresiva hacia apical limas de menor calibre y así obtener un libre acceso al tercio apical. Siempre recapitulando entre cada lima que se introduce e irrigando con agua ozonizada.



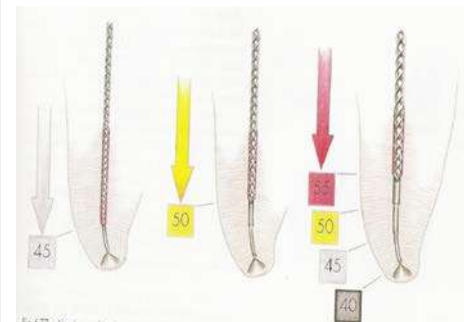
ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

9. Confirmación de la longitud de trabajo con una toma radiográfica y con el localizador de forámenes (Root Zx).



10. Se trabajó el tercio apical empezando con una lima ISO 0.15, el conducto es trabajado hasta la longitud de trabajo y nos extendemos hasta llegar a una lima ISO tamaño 0.40.

Este diseño apical mínimo, es necesario para que la fibra óptica del laser Nd:YAG (de un diámetro de 200 o 300 μm) pueda entrar libremente a través del conducto radicular.



11. Después de que el conducto radicular tiene una conformación adecuada, se realizó el retroceso (técnica step-back) y esto se realizó introduciendo instrumentos en el conducto de mayor calibre a la lima final utilizada, a una longitud de trabajo reducida de 1 mm en forma progresiva hacia coronal, logrando así una conicidad adecuada del conducto.

12. Para evitar la obliteración del conducto con limalla dentinaria, se utilizó un lubricante (EDTA) en este caso, se utilizó el quelante File Eze (ultradent) y la constante irrigación con agua ozonizada.



D) APLICACIÓN DEL LASER Nd: YAG (Fotona Medical Laser).

13. Una vez realizada la preparación de los conductos, se irrigaron con agua ozonizada y se secaron con puntas de papel estériles (marca hygenic) y así la aplicación del Láser Nd: YAG puede empezar. En este estudio, tomando en cuenta los parámetros generales establecidos y los antecedentes de las investigaciones que se han realizado, se decidió establecer en el aparato de laser Nd: YAG los sig. datos:

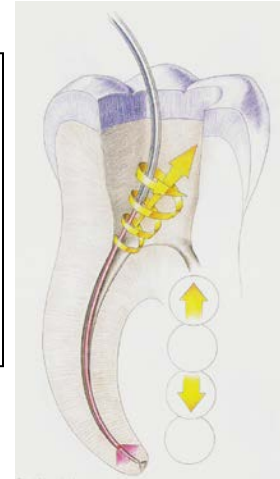
DURACION DEL PULSO:	SP (short pulse)
FRECUENCIA:	20 Hertz
POTENCIA:	1.5 Watts
DURACION:	60 segundos por cada conducto. En tres lapsos de tiempo. Con un intervalo de 15 seg entre cada periodo de enfriamiento.

El laser se preparó haciendo contacto la fibra óptica, con una superficie negra o pigmentada con el fin de aplicar un fino pigmento oscuro al final de la fibra y así tenerla preparada para introducirla dentro de los conductos.

14. Se insertó la fibra (200 μm) en el interior del conducto para la aplicación del láser Nd: YAG, previamente se marcó la longitud de trabajo con un tope y se estableció el punto de referencia, se debe de tener especial cuidado de que la fibra no permanezca en la terminación apical por más de 1 segundo, ya que la temperatura podría aumentar a niveles críticos.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

15. Subsecuentemente, la fibra se introdujo desde apical hacia coronal con movimientos circulares, para cubrir toda la dentina radicular, tratando de que la fibra haga contacto con todas las paredes del conducto y recargándose sobre cada una de ellas.



Laser Nd: YAG (Fotona Medical Laser)



Fibra óptica e irradiación Laser.

16. Se irrigaron los conductos con agua ozonizada para eliminar la limalla dentinaria que se pudo haber formado, restos de pulpa vital o necrótica, sangre etc. y se secaron los conductos con puntas de papel (marca Hygenic) para eliminar burbujas de agua y aire que se hayan formado.

E) APLICACIÓN DIRECTA DEL OZONO EN EL INTERIOR DE LOS CONDUCTOS

17. Posteriormente se aplicó el gas de Ozono directamente en cada uno de los conductos instrumentados, aplicado con una punta (Ultradent) dentro de cada conducto, con los sig. datos:



Posición de Ozono: 5

Tiempo: 10 segundos

Aire (Lts/min): Posición 2

Esto es con el objetivo de matar bacterias remanentes que pudieran estar dentro de los conductos radiculares, ya que el ozono es un potente bactericida.

F) COLOCACION DE HIDROXIDO DE CALCIO (ULTRACAL) POR 8 DIAS

18. Se colocó Hidróxido de Calcio (Ultracal) en el interior de cada conducto y se dejó por 8 días para favorecer la desinfección del conducto y se selló con Cavit para prevenir la invasión bacteriana hasta la siguiente cita.



La experiencia clínica nos muestra que son necesarias 2 sesiones para una óptima desinfección del conducto, con una sola sesión se corre el riesgo de no obtener una completa desinfección del conducto y la dentina circundante.

SEGUNDA CITA:

19. Se anestesió nuevamente al paciente, se aisló con dique de hule y un arco de plástico, utilizando la grapa correspondiente. Posteriormente se eliminó la obturación temporal (Provisit) con una fresa de bola de carburo.

20. Se irrigaron los conductos radiculares con agua ozonizada, para eliminar el Hidróxido de calcio (Ultracal) colocado en la primera cita, se corroboró con las limas K la longitud de trabajo y así nuevamente se realizó la aplicación del láser Nd: YAG y el gas de ozono para la desinfección de los conductos radiculares previamente instrumentados.

21. Se secaron los conductos con puntas de papel (hygenic), de acuerdo al diámetro de la última lima llevada a longitud de trabajo.

F) OBTURACIÓN DE CONDUCTOS (Técnica de Condensación Lateral).

22. Se realizó la obturación de los conductos radiculares con puntas de gutapercha y cemento sealapex utilizando la técnica de condensación lateral, siempre auxiliándonos con la toma de radiografías con el radiovisiógrafo (Cygnus media).

23. Se concluye la endodoncia con una radiografía final y así poder llevar el control de la reparación de la lesión periapical.

El láser Nd:YAG se puede utilizar tanto en casos vitales como en casos necróticos, ya tiene afinidad a la pigmentación ya sea de la pulpa vital o de la pulpa necrótica, por lo tanto puede degradar la materia orgánica en casos vitales y lograr una desinfección cuando la pulpa es necrótica. Pero para fines de investigación de este trabajo se decidió emplear casos necróticos con lesión periapical, para poder comparar por medio de radiografías si la lesión disminuye al paso del tiempo después de la endodoncia.

G) RADIODRAFÍAS DE CONTROL.

24. Una vez obtenida la imagen final, se toman radiografías de control a 1 mes, 3 meses, 6 meses y 9 meses de haber terminado la endodoncia y así poder comparar el proceso de regeneración tisular a nivel de la lesión peripical.

8.2 PRESENTACION DEL CASO CLINICO No. 1

Paciente femenino de 55 años de edad, que presenta una lesión periapical en la pieza dental 22.

Clínicamente el paciente presenta dolor a la percusión y una fístula a nivel apical por una corona mal ajustada.

En el análisis radiográfico se observa una lesión periapical amplia. Se realiza la endodoncia siguiendo el protocolo antes mencionado.



Radiografía de conductometría

1 mes: Clínicamente el paciente presenta dolor a la percusión pero en menor grado, la fístula desapareció.

Esta radiografía se tomó como patrón inicial de referencia para ser comparada con las radiografías de los controles posteriores y así poder cuantificar la evolución en el tamaño de la lesión periapical.

Se observa en la radiografía una lesión apical radiolúcida bien delimitada, en forma ovoide, que se expande a nivel apical de la pieza dental 23.



3 Meses: Clínicamente el paciente está asintomático, la fístula desapareció. En esta toma de radiografía de control se observa la colocación de postes y provisionales.

En el análisis radiográfico, se observó una reducción en el tamaño de la lesión periapical.

La imagen radiolúcida se observa más irregular, expandiéndose todavía a nivel apical de la pieza dental 23.



6 meses. Clínicamente el paciente está asintomático. El Paciente se presenta todavía con postes y provisionales.

En el análisis radiográfico, se observó una marcada reducción en el tamaño de la lesión periapical. La imagen radiolúcida se observa más localizada, no se expande a nivel apical de la pieza dental 23.



9 meses. Clínicamente el paciente está asintomático, la fístula que presentaba desapareció. Se presenta con la rehabilitación protésica de las piezas tratadas con endodoncia.

En el análisis radiográfico, se observó una reducción en el tamaño de la lesión periapical.

La lesión radiolúcida se observa más localizada y más reducida, no se expande a nivel apical de la pieza dental 23.



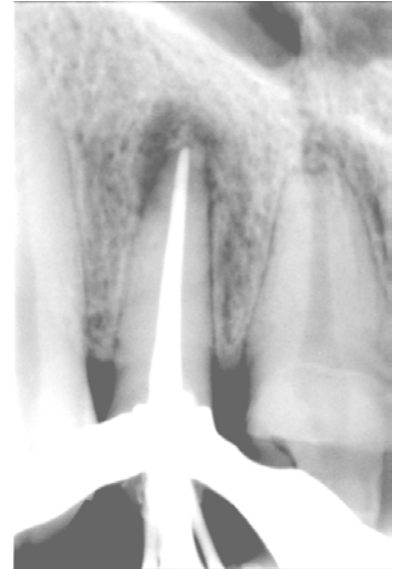
8.3 PRESENTACION DEL CASO CLÍNICO NO. 2

Paciente femenino de 35 años de edad.

Se tomó una radiografía al terminar la endodoncia y poder definir el promedio de la lesión periapical.

Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

En el análisis radiográfico se observa una imagen radiolúcida a nivel apical.



La Paciente no se presentó a la toma de Radiografía de Control a 1 mes y a los 3 meses de haber terminado la endodoncia.

6 meses. Clínicamente el paciente está asintomático. En el análisis radiográfico se observó una reducción en el tamaño de la lesión periapical.



9 Meses. Clínicamente el paciente está asintomático. En el análisis radiográfico, se observó una reducción en el tamaño de la lesión periapical.

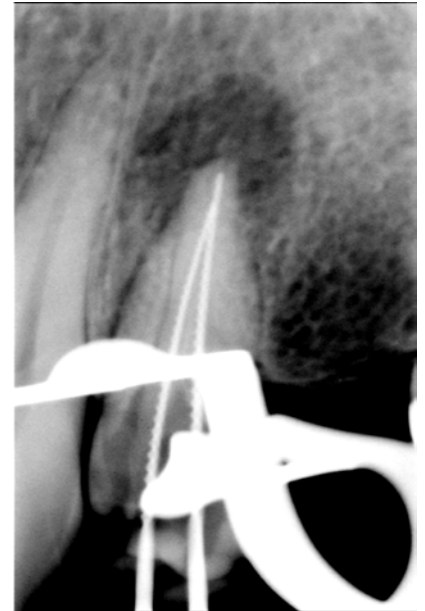


8.4 PRESENTACION DEL CASO CLINICO No.3

Paciente masculino, de 50 años de edad.

Se tomó una radiografía al realizar la endodoncia y poder definir el promedio de la lesión periapical. Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

En el análisis radiográfico se observa una imagen radiolúcida bien definida y redondeada a nivel apical.



1 mes. Clínicamente el paciente está asintomático.

En esta toma de radiografía de Control se observa la colocación de Poste y provisional.

En el análisis radiográfico, se observó la imagen radiolúcida menos delimitada y una reducción en el tamaño de la lesión periapical.



3 meses. Clínicamente el paciente está asintomático.

El paciente se presenta todavía con el poste y provisional.

En el análisis radiográfico, se observó una marcada reducción en el tamaño de la lesión periapical.



El Paciente no se presentó a las tomas de radiografías de control a los 6 y 9 meses, sin embargo, podemos notar la disminución de la lesión periapical a los 3 meses de haber terminado el tratamiento de conductos.

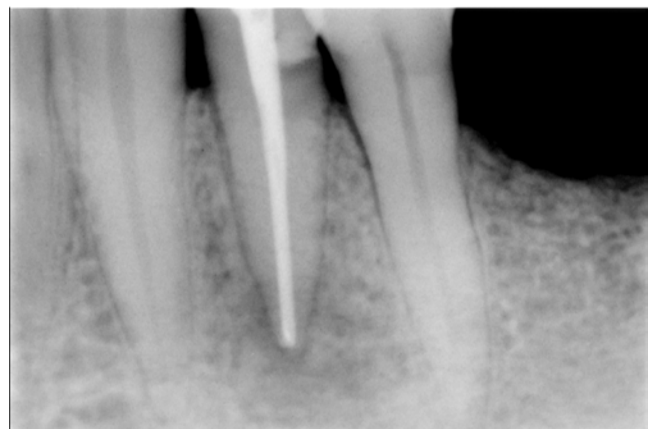
8.5 PRESENTACION DEL CASO CLÍNICO NO. 4

Paciente Masculino de 58 años de edad
Se tomó una radiografía al terminar la endodoncia y poder definir el promedio de la lesión periapical.
Clínicamente el paciente presenta dolor a la oclusión y movilidad dental.
En el análisis radiográfico se observa una imagen radiolúcida a nivel apical.



1 mes. Clínicamente el paciente está asintomático, no hay movilidad dental.

En el análisis radiográfico se observa una lesión periapical con menor radiolucidez y menos delimitada.



3 meses. Clínicamente el paciente está asintomático, no hay movilidad dental.

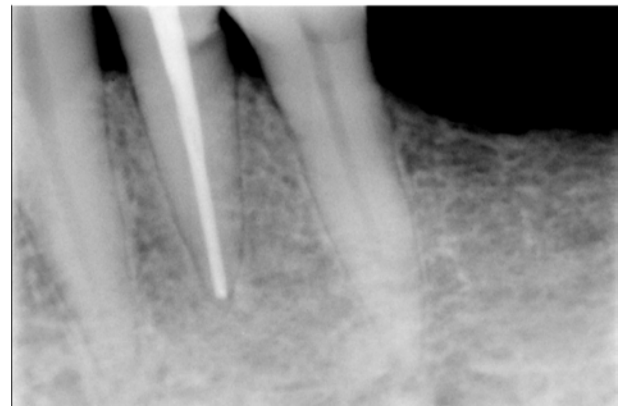
En el análisis radiográfico se observa la casi completa reparación de la lesión periapical.



El paciente no se presentó a la toma de radiografía de control a los 6 meses.

9 meses. Clínicamente el paciente está asintomático.

En el análisis radiográfico se observa una reparación total de la lesión periapical.



8.6 PRESENTACION DEL CASO CLÍNICO NO. 5

Paciente Femenino de 53 años de edad.

Se tomó una radiografía durante la endodoncia y poder definir el promedio de la lesión periapical.

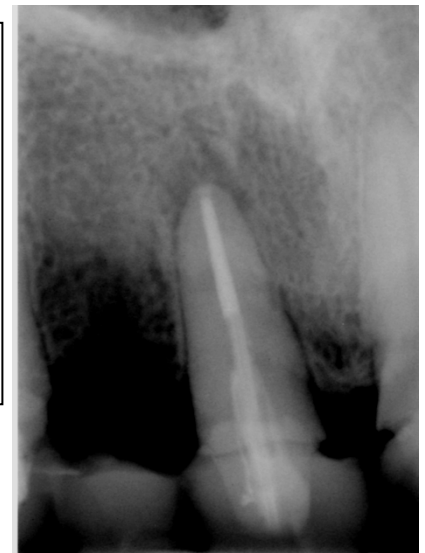
Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.



1 mes. Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

Aquí se observa que la pieza dental ya tiene poste radicular y provisional.

La lesión periapical se observa menos radiolúcida y menos redondeada.



3 meses. Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

Se observan las piezas dentales restauradas con poste radicular y provisionales.

Se observa la lesión periapical menos radiolúcida y menos delimitada o contorneada.



6 meses: Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

No se observa imagen radiolúcida a nivel apical.



9 meses



Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta fístula.

Se observan las piezas dentales restauradas con poste radicular y coronas de porcelana E-max con un buen sellado.

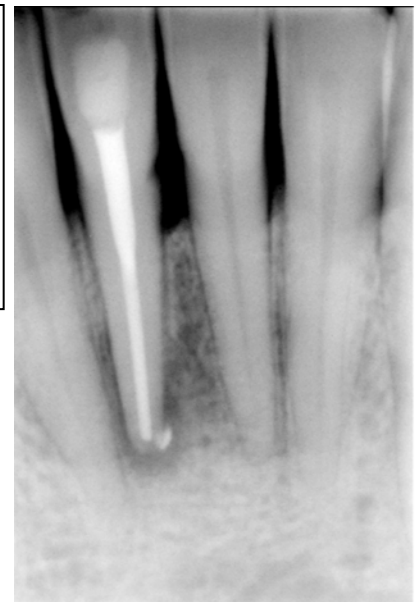
Se observa la lesión periapical totalmente desaparecida.

8.7 PRESENTACION DEL CASO CLINICO No. 6

Paciente Masculino de 50 años de edad, Pieza dental 41
Se tomó una radiografía al terminar la endodoncia y poder definir el promedio de la lesión periapical.
Clínicamente el paciente presenta dolor agudo espontáneo y a la oclusión dental, movilidad dental, cambio de coloración en la corona dental (amarillo-marrón).



1 mes. Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta dolor dental espontáneo, no presenta dolor a la oclusión y la movilidad dental que presentaba anteriormente desapareció, el cambio de color disminuyó (amarillo tenue).



3 meses: Clínicamente el paciente está asintomático, no presenta dolor dental espontáneo, no presenta dolor a la oclusión y no hay movilidad dental que presentaba anteriormente.

El paciente se presenta con su restauración permanente.



El Paciente no se presentó a la toma de radiografía de control a los 6 y 9 meses.

9. CONCLUSIONES.

El Laser Nd: YAG es una excelente herramienta en la desinfección de los conductos radiculares durante el tratamiento de conductos, su fácil aplicación a través de una fibra óptica permite poder introducirla dentro del conducto hasta la longitud de trabajo, de esta manera se podría asegurar la limpieza y desinfección en zonas críticas como es el tercio apical, conductos laterales, accesorios y deltas apicales. Una de las ventajas que presenta el Laser Nd YAG es su capacidad de penetración a 1000 μm a través de los túbulos dentinarios, que permite que se difunda su energía consiguiendo un efecto bactericida más allá de lo que se obtiene con una irrigación con hipoclorito de sodio el cual penetra solo 100 μm .

Diferentes autores en sus estudios de investigación muestran que el Laser Nd: YAG es capaz de eliminar al *Enterococcus faecalis* en un 98% cuando es utilizado a una potencia de 1.5 w y de un 97% cuando se utiliza a 1w, sin embargo con el uso del hipoclorito de sodio se obtuvo una reducción de esta bacteria en un 100% (Wang, Zhang, & Yin, 2007).

Es muy importante el tiempo de exposición laser y el diseño a nivel apical en cada uno de los conductos para obtener una correcta eliminación del debris y la limalla dentinaria, se sugiere una irradiación por 60 segundos, un diseño apical no menor de (30/.02) y la utilización del EDTA, tomando en cuenta estos factores se obtiene la completa eliminación del debris y limalla dentinaria a nivel apical. (Huiz peeters & Suardita, 2011).

También se obtiene una mayor penetración del cemento sellador a nivel apical en conductos curvos, al utilizarse el laser combinado con EDTA (76.59 %) y con el NaOCl (68.47 %), debido a la eliminación adecuada de la limalla dentinaria (Moon, 2012).

Al aplicar el Laser en el interior de los conductos radiculares se obtiene un aumento mínimo de la temperatura tanto a nivel coronal, tercio medio, apical y superficie externa de la raíz, por lo que se atribuye que puede ser usado de una manera segura, que no produce el sobrecalentamiento de los tejidos perirradiculares y no pone en riesgo el hueso alveolar y el ligamento parodontal.

Un punto importante que se debe tomar en cuenta son los periodos de reposo o enfriamiento entre cada intervalo de irradiación Laser, que permite que el calor se disipe lentamente logrando que los tejidos regresen a su temperatura inicial, otro punto importante es el movimiento circular de la fibra óptica dentro de los conductos, que no permitió que el calor se enfocara en un solo punto y la absorción del calor fuera equitativa (Hmud, 2010).

Al utilizar el Laser como agente bactericida comparándolo con el NaOCl en conductos rectos, se obtuvo el mismo porcentaje de eliminación bacteriana (90%), sin embargo al utilizarlo en conductos curvos la eliminación bacteriana disminuyó (70%), esto se atribuye a que la fibra óptica no tuvo la flexibilidad para seguir la curvatura e irradiar toda la longitud de trabajo (Dewsnup N, 2010).

Una de las desventajas que presenta la fibra óptica del Laser es que su forma convencional es cilíndrica y el corte es recto por lo que se transmite en forma paralela a los conductos radiculares y la irradiación a estas paredes es menor y limitada, sin embargo si se hace una modificación haciendo la fibra óptica de forma cónica, la irradiación laser se proyecta lateralmente obteniendo una mayor limpieza y desinfección.

En la experiencia profesional, el Laser Nd: YAG ha sido de gran utilidad en la desinfección de conductos. Al utilizarse en pacientes con una necrosis pulpar y lesión periapical y llevar el seguimiento radiográfico de cada uno de los casos, se puede observar una disminución paulatina de esta lesión, lo que nos indica que hay una reparación tisular exitosa.

ANÁLISIS DEL EFECTO DESINFECTANTE QUE PRODUCE EL LASER Nd: YAG EN COMBINACIÓN CON AGUA OZONIZADA DURANTE EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES.

Este sistema al no presentar una toxicidad tan alta como el NaOCl, nos da la seguridad de no causar daños colaterales en el paciente y la certeza de que si se usa adecuadamente, bajo los parámetros establecidos se obtiene una excelente desinfección de conductos radiculares.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adigüzel, O. (2011). A Literature Review of Self Adjusting File. *International Dental Research* , 1 (1), 18-25.

Ballester M L, Berástegui E, López J, Chimenos E. (2009). Complicaciones médicas del hipoclorito sódico (NaOCL). *DENTUM* , 9 (1), 32-35.

Blanco, C P et al . Fotona Medical Laser. *Latinmed* .

Cardenas-Bahena A., Sánchez-García S, Tinajero-Morales C, González-Rodríguez V. (2012). Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales. *Revista Odontológica Mexicana* , 16 (4), 252-258.

Case P D, Bird P S, Kahler W A, George R, Walsh L. (2012). Treatment of root Canal Biofilms of *Enterococcus faecalis* with Ozone Gas and Passive Ultrasound Activation. *Journal of Endodontics* , 38 (4), 523-536.

Clegg M.S, Vertucci J, Walker C, Belanger M, Britto L.R. (2006). The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. *Journal of endodontics* , 32 (5), 434-437.

De Groot S.D, Verhaagen B, Versluis M, Wu M.K, Wesselin P.R, Van Der Sluis L. (2009). Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *International Endodontic Journal* , 42 (12), 1077-1083.

Delgado Ronan J.R, Gasparoto Thais H, Sipert C.R, Pinheiro C.R, Moraes I.G, García R.B, Bramante C.M, Campanelli A.P, Bernardineli N. (2010). Antimicrobial Effects of Calcium Hydroxide and Chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics* , 36 (8), 1389-1393.

Dewsnup N, Pileggi R, Haddix J, Nair U, Walker C, Herdy Varela C. (2010). Comparison of Bacterial Reduction in Straight and Curved Canals Using Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Laser Treatment versus a Traditional Irrigation Technique With Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* , 36 (4), 725-728.

Dornelles Morgental R, Singh A, Sappal H, Poli Kopper P.M, Vieira Vier-Pelisser F, Peters O.A. (2013). Dentin Inhibits the Antibacterial Effect of New and Conventional Endodontic Irrigants. *Journal Of Endodontics*, 39 (3), 406-410.

Ebensberger U, Pohl Y, Filippi A. (2002). Expression of cementoblasts and fibroblasts on the root surface after extraoral rising for decontamination. *Dental Traumatology* , 18 (5), 262-266.

España-Tost A, Arnabat-Domínguez J, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. (2004). Laser Applications in dentistry. *Revista del Consejo de Odontólogos y Estomatólogos. RCOE* , 9 (5).

Fernández Monjes J, Maresca B.M (2008). Consideraciones sobre el uso del hidróxido de calcio y el ión calcio en endodoncia. *Revista del Ateneo Argentino de Odontología. RAAO* , XLVIII (2). 10-15.

Furze H.A, Gutiérrez R, Marovankis F. (2000). El laser y la odontología. *Revista Asociacion Odontologica Argentina* , 88 (2), 137-140.

Glossary:. (1998). American Association of Endodontics. *Contemporary Terminology for Endodontics*.

Gmeiner J, Schlecht S. (1980). Molecular composition of the outer membrane of Escherichia coli and the importance of protein-lipopolsaccharide interactions. *Archives of Microbiology* , 127 (2), 81-86.

Goncalves Cardoso M, Dias de Oliveira L, Koga-Ito Y. (2008). Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, and endotoxins in root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* , 105 (3), 85-91.

Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Cigdem Z, Kurudirek M. (2008). Evaluation of Root Canal Dentin after Nd:YAG Laser Irradiation and Treatment with Five Different Irrigation Solutions: A preliminary Study. *Journal of Endodontics* , 34 (3), 318-321.

Gutknecht N, Franzen R, Schippers M, Lampert F. (2004). Bactericidal Effect of a 980-nm Diode Laser in the Root Canal Wall Dentin of Bovine Teeth. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* , 22 (1), 9-13.

Haapasalo M. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *Journal Dental Research* , 66 (8), 1375-1379.

Heredia Bonetti J, Rodriguez Sosa S. (2005). Uso de la Clorhexidina en Endodoncia. *Revista del Ateneo Argentino de Odontologia RAOA* , 93 (3), 245-248.

Hmud R, Kahler W.A, Walsh L.J. (2010). Temperature Changes Accompanying Near Infrared Diode Laser Endodontic Treatment of Wet Canals. *Journal of Endodontics* , 36 (5), 908-911.

Huiz Peeters H, Suardita K. (2011). Efficacy of Smear Layer Removal at the Root Tip by Using Ethylenediaminetetraacetic Acid and Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet Laser. *Journal of Endodontics*, 37 (11), 1585-1589.

Inoye S, Takeishi K, Lee N, DeMartini M, Hirashima A, Inoue M. (1976). Lipoprotein from the outer membrane of *Escherichia coli*: purification, paracrystallization and some properties of its free form. *Journal of bacteriology* , 127 (1), 555-563.

Izarbe L. (2005). Nuevo método para blanqueamiento de dientes vitales mediante gases hiperoxidantes. *Revista Maxillaris*, (25) Año III.

Jung H. (1986). A Generalized Concept or Cell Killing by Heat. *Radiation Research* , 106 (1), 56-72.

Katsui N, Tsuchido T, Hiramatsu R, Fujikawa S, Takano M, Shibasaki I. (1982). Heat induced blebbing and vesiculation of the outer membrane of Escherichia coli. *Journal of Bacteriology* , 151 (3), 1523-31.

Lahoud Salem V. (2006). Irrigación Endodontica con el uso de hipoclorito de sodio. *Odontología Sanmarquina* , 9 (1), 28-30.

Lerner R.A. (2002). Ozone is produced by antibodies during bacterial killing. *The Scripps Research Institute* .

Merida H. (1999). Estudio con microscopio electrónico de barrido de la acción desinfectante de diez diferentes irrigantes sobre los conductos dentinarios. V *Interamerican Electron Microscopy Congress* .

Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. (2010). The self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy-A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *Journal of Endodontics* , 36 (4), 679-690.

Montoya Villafañe, H. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. (2da. ed.). Colombia: Universidad de Antioquía.

Moon Y.M, kim H.C, Bae K.S, Baek S.H, Shon W.J, Lee W. (2012). Effect of Laser-activated Irrigation of 1320-Nanometer Nd:YAG Laser on Sealer Penetration in Curved Root Canals. *Journal of Endodontics* , 38 (4), 531-535.

Moritz, A. (2006). *Oral laser applications*. Berlin: Quintessence Verlags-GmbH.

Moritz A. S, Goharkhay K, Schoop U, Kluger W, Mallinger R, Sperr W, Georgopoulos A. (2000). Morphologic changes correlating to different sensitivities of *Scherichia coli* and *Enterococcus faecalis* to Nd:YAG laser irradiation through dentin. *Lasers in Surgery and Medicine* , 26 (3), 250-261.

Nagayoshi M, Kitamura Ch, Fukuizumi F, Nishihara T, Terashita M. (2004). Effect of ozonated water bacteria invading dentinal tubules. *Journal of Endodontic* , 30 (11), 778-781.

Natera A. (2006). Usos del rayo laser en odontología restauradora. Primera parte. Aspectos generales, clasificación, interrelación con los tejidos vivos y precauciones en el uso. *Revista Científica Fórmula Odontológica* , 4 (3).

Noguchi F, Kitamura Ch, Nagayoshi M, Chen K-K, Terashita M, Nishihara T. (2009). Ozonated water improves lipopolysaccharide-induced responses of an odontoblast-like cell line. *Journal of Endodontics* , 35 (5), 668-672.

Pardi G., e. a. (2009). Detección de *Enterococcus faecalis* en dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico. *Acta Odontológica Venezolana* , 47 (1).

Peters O, Boessler C, Paqué F. (2010). Root Canal Preparation with a Novel Nickel-Titanium Instrument Evaluated with Micro-computed Tomography: Canal Surface Preparation over Time. *Journal of Endodontics* , 36 (6), 1068-1062.

Rodriguez Gutierrez G, Alvarez Llanes M. (2005). El Hidroxido de Calcio; su uso clínico en la endodoncia actual. *Archivo médico de Camagüey* , 9 (3).

Rosa Texeira K, Cortés M. (2005). Estado actual de la indicación de antimicrobianos para la medicación intracanal. *Acta Odontológica Venezolana* , 43 (2).

Roy G, Meyers I.A, Walsh L.J. (2008). Laser Activation of Endodontic Irrigants with Improved Conical Laser Fiber Tips for Removing Smear Layer in the Apical Third of the Root Canal. *Journal of Endodontics* , 34 (12), 1524-1527.

Schoop U, Barrylyak A, Goharkha K, Beer F, Wernisch J, Georgopoulos A, y Moritz A. (2009). The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers in Medical Science* , 24 (1), 59-65.

Torres López M, Díaz Álvarez M, Acosta Morales A. (2009). La Clorhexidina, bases estructurales y aplicaciones en la estomatología. *Gaceta Médica Espirituana* , 11 (1).

Tsuchido T, Katsui N, Takeuchi A, Takano M, Shibasaki I. (1985). Destruction of the Outer Membrane Permeability Barrier of Escherichia coli by Heat Treatment. *Applied and Environmental Microbiology* , 50 (2), 298-333.

Versiani M, Pécora D, Sousa-Neto M. (2011). Flat-Oval Root Canal Preparation with Self-Adjusting File Instrument: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of Endodontics* , 37 (7), 1002-1007.

Wang Q.-q, Zhang Ch-f, Yin X-z. (2007). Evaluation of the Bactericidal Effect of Er,Cr:YSGG and Nd:YAG Lasers in Experimentally Infected Root Canals. *Journal of Endodontics* , 33 (7), 830-832.

Yigit Ozer S, Adiguzel O, Kaya S. (2011). Removal of Debris and smear Layer in Curved Root Canals Using Self-adjusting File with Different Operation Times A Scanning Electron Microscope Study. *International Dental Research* , 1 (1), 1-6.

Zaparolli D, Saquy P, Miranda Cruz-Filho A. (2012). Effect of sodium hypochlorite and EDTA irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars. *Brazilian Dental Journal* , 23 (6).

Zavaleta de la Huerta D, España-Tost A, Berini-Aytés L, Gay escoda C. (2004). Aplicaciones del Laser Nd:YAG en odontología. *Revista del Consejo de Odontólogos y Estomatólogos RCOE* , 9 (5), 539-545.

Zehnder M. (2006). Root Canal Irrigants. *Journal of endodontics* , 32 (5), 389-398.