



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**IRRIGACIÓN ACTIVADA POR LÁSER. REVISIÓN  
BIBLIOGRÁFICA.**

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANO DENTISTA**

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS VARONA CHAMU

TUTOR: Mtra. FÁTIMA ILIANA RÍOS GARCÍA

*Vo. Bo Fátima Ríos  
14/04/23*

MÉXICO, Cd. Mx.

**2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**IRRIGACIÓN ACTIVADA POR LÁSER.  
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

## **Dedicatorias**

*A mis padres: Eduardo y Edmunda.*

*Por apoyarme en cada paso de mi educación ya que ellos son mis pilares.*

*A mis hermanos: Edmundo y Eduardo.*

*Por entender los momentos de necesidad y aportar a su manera cada uno.*

*A mi familia*

*Por apoyarme económicamente durante la formación de la carrera universitaria.*

*A Haydee.*

*Gracias por tu amor y apoyo incondicional que me dieron fortaleza para concluir una etapa más de mi vida.*

*A mi tutora: Fátima Iliana Ríos*

*Por ayudarme a concluir este trabajo de forma satisfactoria.*

## Índice

Introducción .....	7
Objetivo .....	8
1. Capítulo I: Historia del láser .....	8
1.1 ¿Qué es el láser? .....	8
1.2 Principios bajo el funcionamiento del láser .....	10
1.3 Componentes del láser .....	10
1.4 Láser de Er: YSGG .....	12
2. Capítulo II: Bases endodóncicas .....	13
2.1 Anatomía del sistema de conductos radiculares .....	13
2.2 Biopelícula en el sistema de conductos radiculares .....	15
2.3 ¿Qué es el tratamiento de conductos? .....	17
2.4 Métodos para eliminar el barrillo dentinario .....	17
2.5 Soluciones irrigadoras y medicación intraconducto .....	18
2.5.1 Hidróxido de calcio .....	18
2.5.2 EDTA .....	19
2.5.3 Hipoclorito de sodio.....	20
2.6 Irrigación sin la activación de la solución irrigadora .....	11
2.7 Irrigación activada .....	23
2.8 Irrigación activada manualmente .....	23
2.9 Irrigación activada con dispositivos sónicos .....	24
2.10 Irrigación activada con ultrasonido .....	25

2.11 Irrigación activada por láser .....	25
3. Capítulo III: Técnicas con láser .....	29
3.1 Protocolo de uso del láser .....	29
3.2 Técnica LAI .....	29
3.3 Técnica PIPS (Photon-Induced Photoacoustic Streaming) ...	30
3.4 Técnica SSP/SWEEPS .....	31
4. Capítulo IV: Ventajas y desventajas de tratamientos con láser .....	35
4.1 Conductos conservadores .....	35
4.2 Extrusión del irrigante con LAI .....	36
4.3 Reintervención de tratamientos no quirúrgicos .....	36
4.4 Láser preoperatorio con endopostes .....	37
4.5 Bacterias en el conducto radicular y el láser .....	37
5. Capítulo V: Láseres en el mercado .....	39
5.1 Láseres Fotona .....	39
5.2 Siro Láser Blue de la casa Dentsply Sirona .....	40
5.3 Láser Dental D-Laser Blue de Woodpecker .....	42
5.4 Lumenis Opus Duo Dental .....	44
6. Discusión .....	45
7. Conclusión .....	47
Anexos .....	48
Referencias bibliográficas .....	50

## **Introducción**

El rayo láser se desarrolló en 1960 por Theodor Maiman con un láser de rubí, posteriormente se aplicó con fines médicos en distintas áreas.

La aplicación de los diferentes tipos de láseres abrió muchas posibilidades en cuanto a procedimientos médicos, como reducir el tiempo en cirugía o la recuperación de los pacientes. La odontología quiso aplicar esta tecnología en sus procedimientos.

El uso del láser tiene como bases, procesos físicos y biológicos que varían por múltiples factores. En contexto, el haz de luz que se proyecta sobre algún tejido, parte de esa energía lumínica será absorbida y otra se verá reflejada; la radiación tomada por el tejido sufrirá cambios a medida que la luz se dispersa en el tejido, la variable aquí serán los tejidos que absorban dicha energía, la cantidad de este haz que se le exponga, tanto en tiempo como en intensidad.

Los efectos han sido bien descritos desde entonces para cada tipo de láser, pues la energía es distinta en su longitud de onda. La energía foto lumínica producida, causará efectos en los tejidos irradiados, solo la energía absorbida producirá vaporización del tejido y de los microorganismos.

Teniendo en cuenta esto, es fácil pensar que su uso se centra en el tratamiento de conductos radiculares. La variable que usaremos en el contenido es la de tejidos duros. Aunque hay dispositivos que pueden usar las dos formas para trabajar, de forma alternada para cualquier procedimiento endodóncico, por un lado, la eliminación de tejido reblandecido dentro del conducto, su esterilización y por el otro eliminar procesos inflamatorios o infecciosos.

Para estos procedimientos se usan puntas de fibra óptica muy delgadas y con anatomías distintas que pueden introducirse a 2/3 de la longitud total de los conductos radiculares. Las distintas técnicas del láser varían



en protocolo de aplicación para su uso dentro del conducto, favoreciendo un proceso indoloro, rápido y fácil.

Por tales motivos se realizó esta investigación bibliográfica sobre la tecnología láser como activador de irrigantes en el sistema de conductos radiculares, para probar sus características físicas, terapéuticas, ventajas y desventajas de su uso.

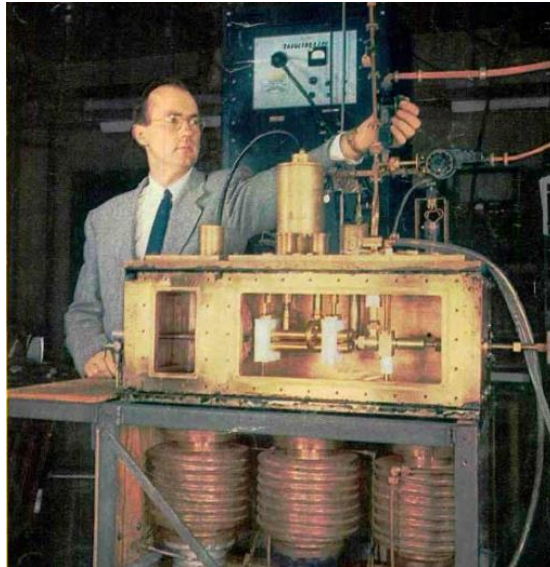
## **Objetivo**

Describir la irrigación activada con láser, como alternativa durante el tratamiento del sistema de conductos radiculares mediante una revisión bibliográfica.

## **1. Capítulo I: Historia del láser**

### **1.1 ¿Qué es el láser?**

En civilizaciones antiguas como Egipto, Grecia y los mayas utilizaron la luz solar como medio terapéutico. Mientras tanto, en la India, las plantas se utilizaban para hacer un extracto que se extendía sobre la piel de las personas con vitíligo y se exponía a la luz solar. Este fue uno de los primeros tratamientos con luz solar, a base de la fototerapia actual. A fines del siglo XIX, el físico danés Niels Finsen inventó un dispositivo a base de agua y cuarzo que producía luz ultravioleta que podía curar la psoriasis y el vitíligo a través de la fototerapia. Finsen fue el primer científico en utilizar la luz artificial como medio terapéutico. Charles Townner desarrolló por primera vez un modelo empírico para amplificar la radiación mediante emisión estimulada para longitudes de onda en la región de microondas del espectro electromagnético MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) en 1954.



**Figura 1.** Charles Townes con el primer prototipo de MASER.<sup>1</sup>

Continuando con su investigación, en 1958 Townes y Arthur Schawlow demostraron que la radiación estimulada podía reproducirse dentro de la región óptica del espectro electromagnético. Sin embargo, no fue hasta 1960 que Theodore H. Maiman construyó el primer láser de rubí con una longitud de onda de 694 nm en el Laboratorio Howard Hughes. Este evento allanó el camino para el desarrollo de diferentes tipos de láseres con diferentes longitudes de onda para diferentes aplicaciones.<sup>i</sup>

En la década de 1970 se comenzó a utilizar el láser en endodoncia, desde entonces investigaciones realizadas en todo el mundo propiciaron la evolución de esta tecnología y culminaron en la aplicación segura del láser en la práctica odontológica. Hasta el día de hoy se sigue innovando en tecnología para formar parte de nuestros protocolos en los tratamientos con el paciente, complementando las técnicas tradicionales.<sup>ii</sup>

---

<sup>1</sup> Figura 1. Charles Townes con el primer prototipo de MASER. (Fotografía). (Internet). Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/fisica/el-rayo-que-surgio-de-la-guerra-fria/>

## **1.2 Principios bajo el funcionamiento del láser.**

El átomo está encerrado por un núcleo, formado por un grupo de protones y neutrones, y por un tren de electrones, particularmente distante, alrededor del núcleo. Los electrones, protones y neutrones son los 3 ejes fundamentales. Los electrones tienen una masa pequeña y carga negativa y los protones tienen masas similares, pero carga eléctrica positiva, los neutrones no tienen carga. Los electrones del átomo, cuya energía depende de su distancia al núcleo, tienen la posibilidad de estar en un estado excitado con una energía superior a la habitual o en reposo. En estado excitado, el electrón almacena cierta cantidad de energía. <sup>iii</sup>

Tan pronto como un fotón choca con un electrón no excitado, el llamado proceso de absorción puede hacer que este último pase al estado excitado. Normalmente, un electrón excitado vuelve a su estado de reposo después de cierto tiempo y emite un fotón a su paso, este fenómeno es conocido como emisión espontánea. Después se podría hacer que un electrón cediera su energía almacenada, cuando un fotón pasa junto a un electrón excitado, vuelve al estado no excitado emitiendo un fotón de luz igual al que lo atravesó al principio, este proceso se llama emisión estimulada y es el motivo del láser. <sup>iv</sup>

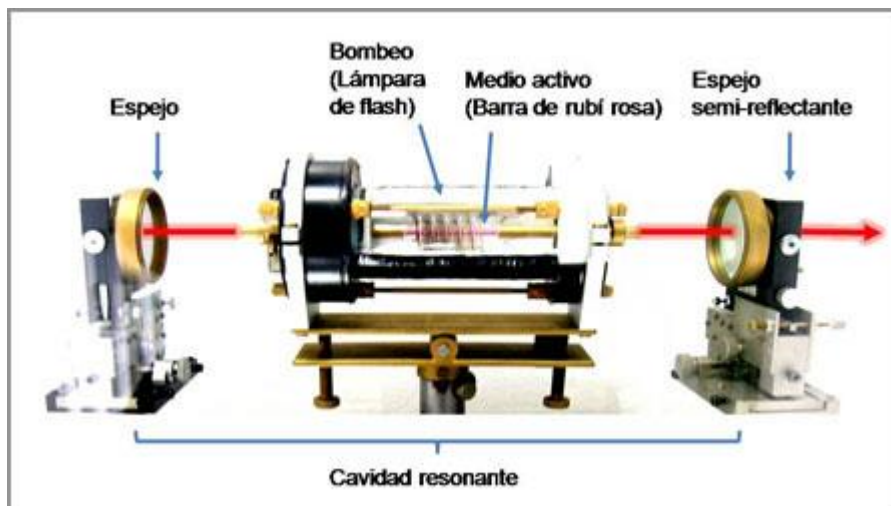
## **1.3 Componentes del láser**

El láser consta de unas tres partes para funcionar:

- Medio activo: se trata de materiales que poseen electrones altamente excitables y que no emiten espontáneamente con rapidez, sino que tienen la capacidad de permanecer excitados

durante un mínimo de tiempo, pueden ser cualquiera de los tres estados de la materia, sólido, líquido y gaseoso.

- Caja: son los electrodos quienes pasarán energía eléctrica por medio de pulsos a la parte activadora con una fuente de excitación.
- Cavity resonante: son 2 espejos paralelos ubicados en los extremos del núcleo. Uno de ellos es reflectante, y el segundo es semirreflectante, es decir, transmite parte de la luz que le llega.



**Figura 2.** La disposición del láser, dentro de una cavidad, con el medio activo, con electrodos y las partes reflejantes dispuestas a los extremos de la cavidad.<sup>2</sup>

Con ayuda de los espejos, alineados de forma perpendicular a la cavidad, la intensidad de excitación del activador completa todas las condiciones previas para que emerja del interior del tubo a través de uno de ellos.

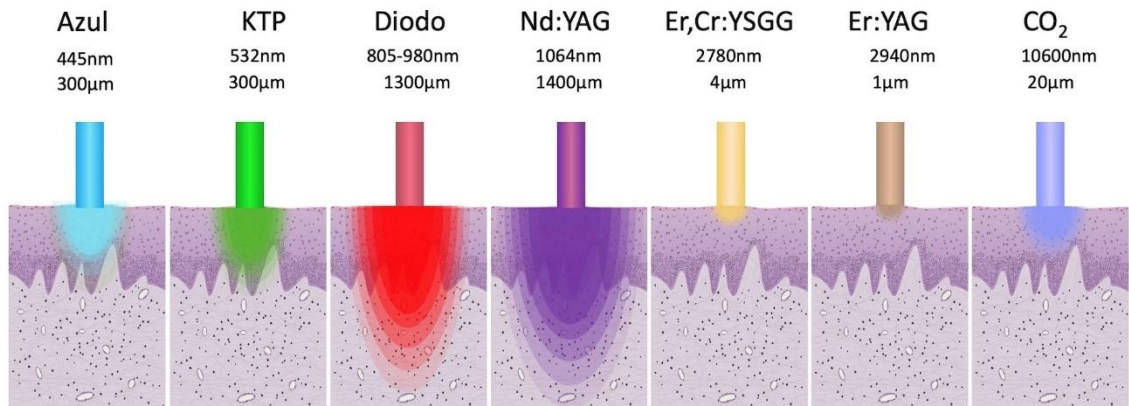
<sup>2</sup> Figura 2. Partes de un dispositivo láser. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.clpu.es/divulgacion/bits/como-funciona-un-laser>

El proceso ocurre con la excitación de gran parte de los electrones durante un corto tiempo, pero algunos de ellos producen emisión espontánea, generando fotones que viajan en todas direcciones, saltando entre ellos y atravesando las partes reflejantes. A su paso por el núcleo, provocan la emisión forzada de nuevos fotones en la misma dirección, que también se reflejan en los espejos, provocando la emisión de nuevos fotones en paralelo. Dado que uno de los espejos es semirreflectante, resulta en radiación de luz altamente monocromática, direccional, coherente y de gran intensidad. Los colores emergentes, van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. <sup>v</sup>

#### **1.4 Láser Er: YSGG**

Los láseres Er: YSGG y Er: YAG están separados por 150 nm y se encuentran en el sector infrarrojo no ionizante e invisible del espectro electromagnético; estas 2 longitudes tienen una ráfaga de pulso libre con un rango de 200 a 300 microsegundos. El láser Er: YSGG está hecho de un medio activo sólido de cristales de granate de itrio, escandio y galio recubiertos con erbio y cromo que produce una longitud de onda de 2790 nm donde el láser Er: YAG tiene 2940 nm.

Cuanto mayor sea la longitud de onda, menor será la frecuencia; esto significa que se debe utilizar una energía, un pulso y un medio de transmisión diferentes para cada láser, aunque la afinidad por el tejido sea la misma que en la situación del agua, por lo que la aplicación clínica es equivalente a la de Er: YAG. Sin embargo, se debe tener en cuenta su incapacidad para producir hemostasia en tejidos blandos; por ello, el método debe realizarse con energía sin agua, para provocar el calentamiento de los tejidos y con ello producir la coagulación de los vasos sanguíneos de la zona a tratar, ya que el corte del láser Er: YSGG es aleatorio y frío, incapaz de generar concentración térmica. <sup>vi</sup>



**Figura 3.** Distintas longitudes de onda de cada uno de los láseres. <sup>3</sup>

## 2. Capítulo II: Bases endodóncicas

### 2.1 Anatomía del sistema de conductos radiculares

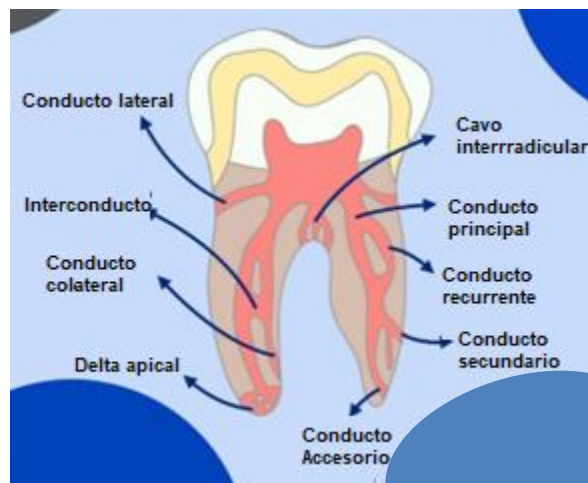
Razonar sobre la anatomía dental nos ayudará mucho en el éxito de nuestro tratamiento de conductos radiculares. Cabe señalar que la forma tridimensional no se verá reflejada en imágenes de 2 magnitudes como en las radiografías. No todo es posible de observar en una radiografía, sin embargo, una buena toma y un proceso de revelado nos deja obtener información acerca de la anatomía pulpar, lo que nos permitirá detectar la presencia de calcificaciones, como nódulos pulpares y agujas cálcicas, y la interacción del techo pulpar con el piso de la cámara pulpar.

El sistema de conductos radiculares es el sitio interno en el diente, ocupado por la pulpa dentaria y delimitado por la dentina en toda su periferia, excepto por una serie de foramen o forámenes apicales. Se puede dividir en; sección coronaria: en la que queda el cuerno pulpar

<sup>3</sup> Figura 3. Distintas longitudes de onda de cada uno de los láseres. (Imagen) (Internet). Disponible en: <https://la.dental-tribune.com/news/laser-en-odontologia-introduccion/>

siguiendo la anatomía externa del esmalte, siguiendo los lóbulos, la cámara pulpar tiene una abertura cónica que permite la entrada del conducto radicular; la segunda, conecta el conducto pulpar externamente al diente, se extiende desde el piso de la cámara pulpar hasta el agujero apical y se divide descendentemente en tercios: cervical, medio y apical. Gluskin, Peters & Peters <sup>VI</sup>, el sector convexo en la base de la cámara pulpar donde comienza la línea divisoria que conecta las entradas se denomina *Rostrum Canalium*. <sup>VII, VIII, IX</sup>

Cada diente tendrá una forma anatómica distinta incluso con el mismo paciente, pero con generalidades similares que lo catalogan en un tipo u otro, esto afecta también en la forma de las raíces y por ende a la complejidad de un tratamiento de conductos radiculares. <sup>X</sup>



**Figura 4.** Nomenclatura de los conductos radiculares. <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Figura 4. Nomenclatura de los conductos radiculares. (Imagen). (Internet) Disponible en: [https://scontent.ftlc1-1.fna.fbcdn.net/v/t1.6435-9/135361113\\_197773668687682\\_7094265596299858472\\_n.jpg?\\_nc\\_cat=109&ccb=1-7&\\_nc\\_sid=8bfeb9&\\_nc\\_ohc=CAPhSjxE-G0AX-PeAZs&\\_nc\\_ht=scontent.ftlc1-1.fna&oh=00\\_AfBYZ9S5adDB-i-6JmYA12IwEJ440nr7b-ZjyIRAcFXIZg&oe=645D9E7F](https://scontent.ftlc1-1.fna.fbcdn.net/v/t1.6435-9/135361113_197773668687682_7094265596299858472_n.jpg?_nc_cat=109&ccb=1-7&_nc_sid=8bfeb9&_nc_ohc=CAPhSjxE-G0AX-PeAZs&_nc_ht=scontent.ftlc1-1.fna&oh=00_AfBYZ9S5adDB-i-6JmYA12IwEJ440nr7b-ZjyIRAcFXIZg&oe=645D9E7F)

## **2.2 Biopelícula en el sistema de conductos radiculares**

La existencia del barrillo dentinario fue descrita por primera vez en 1970 por Erick y Cols mediante la implementación de un microscopio electrónico de barrido. El barrillo dentinario es el área residual de la preparación mecánica del conducto radicular que incluye materia inorgánica (calcio y fosfato) y orgánica, bacterias, células sanguíneas y productos bacterianos: endo y exotoxinas, tejido pulpar residual, dentina y restos necróticos esparcidos por la zona de las paredes radiculares internas. <sup>XI</sup>

La biopelícula es irregular, granular y amorfa, presentando un espesor promedio de 1 a 2 micras, la profundidad de penetración en los túbulos dentinarios es de 40 micras y se produce por acción capilar. <sup>XII</sup> Su superficie sólida no adhesiva adherida a los túbulos dentinarios que forman tapones, posterior otras capas adhesivas. <sup>XIII</sup>

El tejido mineralizado no se elimina adecuadamente sino de forma limitada, originando algunos residuos que se forman a partir de pequeñas partículas de matriz de colágeno mineralizado, que se integran con otros elementos presentes en la pulpa dental en la zona de la dentina conocida como barrillo dentinario o smear layer. <sup>XIV</sup>

Esta capa se adhiere a la zona dentinaria y ocluye los túbulos dentinarios, por lo que el conducto debe someterse a una preparación química y mecánica, que es la fase básica de la terapia endodóncica, y se inspira principalmente en la limpieza y preparación de los conductos radiculares primarios y secundarios, mediante la aplicación de instrumentos rotatorios y soluciones irrigadoras, así como la medicación intraconducto, para eliminar la mayor parte de los desechos, restos de pulpa y microorganismos. <sup>XV, XVI</sup>



Ciertos desechos obstruyen los orificios tubulares de la dentina, formando un tapón de frotis que reduce la permeabilidad de la dentina en un 86 %. Esta supresión residual de frotis es fundamental en los procedimientos del sistema de conductos radiculares, ya que está presente en más del 50 % en las paredes del conducto radicular. <sup>XVII</sup>

En la distribución de los conductos radiculares se evidencia que existen restos de astillas de dentina, tejido pulpar, extensiones odontoblásticas y bacterias, en situaciones donde el diente se encuentra infectado o contaminado por la capa correspondiente al barrillo dentinario, se reduce en gran medida la permeabilidad de la dentina radicular. Por lo tanto, la eliminación del barrillo dentinario es elemental, no solo del sistema de conductos radiculares, sino también de las áreas dentinarias alrededor y en el centro de las paredes internas del sistema de conductos radiculares. <sup>XVIII</sup>

Dentro de las controversias con algunas investigaciones, que destacan en preservar el barrillo dentinario, mencionan que éste puede ser beneficioso al obstruir los conductos con barrillo dentinario, limitando la penetración de microorganismos y como consecuencia minimizando la permeabilidad de la dentina <sup>XIX</sup>, sin embargo, algunos profesionales sostienen que el barrillo dentinario puede contener microorganismos y, por lo tanto, debe eliminarse por completo de la pared. <sup>XIX</sup>

De la misma manera, actúa como barrera física para el paso de irrigantes y fármacos dentro del conducto <sup>XX</sup>, lo que genera almacenamiento de desechos, sellado ineficiente de materiales de obturación que requieren irrigación y resolución de la ruptura del tejido para el saneamiento completo de todo el sistema de conductos radiculares, ya que uno de los principales objetivos de los procedimientos de endodoncia es el sellado

adecuado entre el material de obturación y la pared del conducto radicular.<sup>XXI, XXII</sup>

### **2.3 ¿Qué es el tratamiento de conductos?**

Es la apertura al complejo pulpar, la desinfección y la remoción de los microorganismos y la eliminación del detritus provocado por el trabajo operatorio durante dicho tratamiento. Es decir consiste en el arte y ciencia que tiene como objetivo conservar en equilibrio bucal por mayor tiempo posible los dientes afectados y restaurar la salud de los tejidos periodontales.

### **2.4 Métodos para eliminar el barrillo dentinario.**

La irrigación en el tratamiento endodóncico, consiste en el lavado y aspiración de smear layer y microorganismos presentes en los conductos radiculares.

Por dicho motivo los irrigantes desempeñan un rol fundamental en la eliminación de biopelícula, retiro de desechos, expulsión del smear layer, disolución de tejidos e incluso previenen el empaquetamiento de tejidos infectados en el área apical y periapical.<sup>XXIII</sup>

Eliminar el barrillo dentinario, la biopelícula y los microorganismos que pueden habitar dicha biopelícula, se ha convertido en un gran desafío dentro de los tratamientos endodóncicos, la preparación biomecánica no es suficiente, debido a las características que presentan algunos conductos, como sabemos, la mayoría de los dientes no presentan un solo conducto, al contrario, presentan conductos accesorios, a los cuales no se logra acceder con las limas, es entonces el momento en el cual utilizamos diversas sustancias y herramientas, varias técnicas que nos

ayudan a incidir en las zonas inalcanzables de los conductos, y de esta manera lograr el objetivo de cada tratamiento endodónico, la desinfección completa de los conductos radiculares.<sup>XXIV</sup>

El principal objetivo de la irrigación consiste en promover la limpieza de los conductos radiculares, arrastrando el detritus, mediante el uso de soluciones que puedan invadir todos los espacios del sistema de conductos radiculares.

La mayoría de los irrigantes tienen propiedades de ser bactericidas, pero no existe el irrigante que logre diferenciar, entre actuar sobre la materia orgánica y con la inorgánica, así preservando la necesaria para soporte.<sup>XV</sup>

## **2.5 Soluciones irrigadoras y medicación intraconducto**

### **2.5.1 Hidróxido de calcio**

El hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  es uno de los agentes químicos más utilizados para la medicación intraconducto debido a sus propiedades antimicrobianas y biológicas, capacidad de disolución de tejidos orgánicos, efectos antiinflamatorios, inhibición osteoclástica, además de promover una respuesta favorable en la reparación de los tejidos. Sin embargo, la remanencia de residuos de  $\text{Ca(OH)}_2$  en los conductos radiculares influye significativamente en la fuerza de adhesión y resistencia de la dentina; además afecta la penetración de los selladores endodónicos en los túbulos dentinarios, aumentando la posibilidad de filtración apical.<sup>XVI</sup>

La presencia de tejido necrótico y biopelícula sobre las paredes del conducto radicular impiden que el Hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  logre

penetrar los túbulos dentinarios, por dicha razón es necesario el uso de soluciones irrigantes que cumplan con características específicas para lograr una completa desinfección del sistema de conductos radiculares.

### **2.5.2 Ácido etilendiaminotetraacético EDTA**

Para lograr una correcta desinfección de los conductos radiculares, se requiere el uso de soluciones que permitan eliminar tanto componentes orgánicos como inorgánicos. El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), un quelante con pH de 7-8 que se puede utilizar en una concentración de 15-18%.

Su funcionamiento se basa en que el EDTA extraerá proteínas de la superficie bacteriana y si se expone de manera directa durante un tiempo prolongado conduciría a la muerte bacteriana.

Su interacción con el NaOCl creará complejos de calcio al mezclarse:

- El hipoclorito de sodio pierde su capacidad de disolución de tejidos al combinarse con otras soluciones irrigantes como EDTA.
- Es importante mencionar que el EDTA dejará una capa de colágeno en el lumen del conducto radicular y el colágeno puede ser importante para la unión de bacterias; por lo que, en este momento se puede aplicar una concentración baja de NaOCl para remover dicha capa.

Ninguna solución irrigante es capaz de producir ambos efectos, por lo tanto, se recomienda utilizar medicación intraconducto y soluciones irrigantes con distintas propiedades, sin embargo, dichas soluciones irrigantes podrían generar cambios en la dentina, afectando sus propiedades mecánicas.<sup>XVII</sup>

### 2.5.3 Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio tiene un efecto que al entrar en contacto con las proteínas tisulares forma nitrógeno, formaldehído y acetaldehído, en este momento los enlaces pépticos se fragmentan para disolver las proteínas, permitiendo que el hidrógeno en los grupos amino sean sustituidos por cloro, formando cloraminas; desempeñando la eficacia antimicrobiana.

De acuerdo con el autor Estrela el NaOCL muestra un equilibrio dinámico.

1. Saponificación. Disuelve el tejido orgánico y degrada las grasas, donde transforma los ácidos grasos en sales de ácidos grasos y glicerol, reduciendo la tensión superficial.
2. Neutralización de aminoácidos para formar agua y sal, aunado a que la salida de iones hidroxilo logran una reducción de pH.
3. Formación de ácido hipocloroso. El cloro al disolverse en agua y al exponerse con materia orgánica forma dicho ácido y actúa como oxidante produciendo degradación e hidrólisis de aminoácidos.
4. El hipoclorito actúa como disolvente liberando cloro combinándose con los grupos amino provocando reacción de cloraminación, impidiendo el metabolismo celular.

El hipoclorito presenta un pH de 11 y su eficacia antimicrobiana interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática. <sup>XXVII</sup>

La diversidad de microorganismos que se encuentran presentes en los conductos radiculares constituye un problema clínico, lo cual deriva a fracasos de los tratamientos de conductos radiculares, a causa de la formación de biopelícula, siendo el microorganismo representante de esto el *Enterococcus faecalis*. <sup>XXVIII</sup>

## **2.6 Irrigación sin la activación de la solución irrigadora**

Es necesario enfatizar que la misma anatomía interna radicular dificulta la limpieza, especialmente en la región apical, donde los túbulos dentinarios están dispuestos en menor número y también presentan un menor diámetro en comparación con el tercio cervical y medio. De esta forma para que la irrigación de los conductos radiculares sea efectiva, la solución irrigadora debe alcanzar lo más profundamente posible las proporciones apicales de los dientes.

Una forma de facilitar este proceso es utilización de cánulas de irrigación con calibres diminutos para que la introducción sea lo más cercana a la longitud de trabajo previamente en la fase de la conductometría y para que la inyección del agente irrigador favorezca el movimiento del líquido en el interior del conducto, llevando el smear layer hacia el exterior del sistema de conductos radiculares, siendo esto la irrigación sin la activación de las soluciones irrigadoras.

En cuanto a las jeringas, existen dos vertientes; la primera, implica utilizar jeringas de gran volumen para disminuir el tiempo, pero son más difíciles para controlar la presión estando más expuestos a proyectar el irrigante hacia los tejidos circundantes; y la segunda, se opta por el uso de jeringas de 1 a 5 ml como un compromiso razonable entre el llenado con menor frecuencia y la facilidad de uso, maximizando la facilidad y control.

Las agujas tienen un efecto sustancial para moderar la velocidad de flujo de la solución, así como la presión ejercida al momento de penetrar en los conductos. Mientras que los parámetros como la profundidad de inserción, el tamaño del conducto y la conicidad tienen poca influencia. En cuanto al diámetro, en el pasado se optaba por elegir agujas grandes de 21G a 25G, aunque se observó que no lograban llegar más allá del

tercio coronal, reduciendo su efectividad porque no cumplían con uno de los principios fundamentales para cualquier técnica de irrigación, como lo es permitir al irrigante fluir en todos los tercios de la raíz. De acuerdo con esto, recientemente se implementó el uso de menor calibre como 27G, 30G o 31G, permitiendo cumplir la función de penetrar correctamente.

Existen dos tipos de diseño en agujas; las agujas de punta abierta, dispersan el irrigante verticalmente de manera muy intensa extendiéndose hasta apical; por otro lado, las agujas con conductos cerrados y ventilación lateral en chorro, se formará cerca del lado más próximo al de la punta de la aguja, dirigiéndose apicalmente con una ligera divergencia.

El autor Ryul Kim <sup>XXXI</sup> ha presentado diversos problemas cuestionando la eficacia de este tipo de irrigación sin activación, los cuales se presentarán a continuación:

1. Su acción de descarga es relativamente débil, debido a las extensiones y las irregularidades del conducto, evitando un completo desbridamiento de desechos y bacterias.
2. La localización de la punta de la aguja normalmente se encuentra en tercio coronal en un conducto estrecho y, en la mejor situación, en tercio medio, lo que conlleva a que la irrigación pasiva se limite entre 1.0 mm a 1.5 mm más allá de la punta de la aguja. <sup>XXIX, XXX, XXXI</sup>

Los dispositivos de aspiración son igualmente importantes. La cánula de aspiración debe presentar un calibre mayor al de las puntas de irrigación y deben estar posicionadas cerca de la cámara pulpar de los dientes permitiendo el movimiento activo del agente irrigador en el interior del conducto radicular. <sup>XXXII</sup>



**Figura 5.** Ejemplo de irrigación pasiva.<sup>5</sup>

## **2.7 Irrigación activada**

La sustancia irrigadora activada, significa que se generó movimiento dentro del conducto, a consecuencia de este movimiento, se esparcirá de mejor forma el irrigante dentro del sistema de conductos radiculares.

## **2.8 Irrigación activada manualmente**

El líquido que entra en el conducto radicular llega más eficazmente a grietas y áreas mecánicamente intactas si se agita dentro del conducto. Se recomienda movimientos de agitación con instrumentos endodóncicos pequeños y movimientos manuales, se realiza con limas manuales, cepillos, conos de gutapercha, teniendo más puntos a favor esta última opción. Un cambio de presión mayor dentro del conducto con movimientos verticales, por ejemplo, con un cono de gutapercha que se introduce en el conducto y se retira en repetidas ocasiones. La acción de

---

<sup>5</sup> Figura 5. Ejemplo de irrigación pasiva (Fotografía). (Internet). Obtenido de un caso clínico. Disponible en:  
[https://m.facebook.com/716589368386599/photos/a.2100802646631924/3226326274079550/?type=3&source=57&refid=52&\\_\\_tn\\_\\_=EH-R](https://m.facebook.com/716589368386599/photos/a.2100802646631924/3226326274079550/?type=3&source=57&refid=52&__tn__=EH-R)



entrada y salida del cono generará turbulencias que favorecen al agente irrigante a penetrar de mejor forma a la dentina.

Además de la irrigación convencional, se han propuesto y probado técnicas adicionales para la desinfección endodóncica, entre ellas los sistemas láser y ozono gaseoso.



**Figura 6.** Irrigación activada con un cono de gutapercha.<sup>6</sup>

## **2.9 Irrigación activada con dispositivos sónicos**

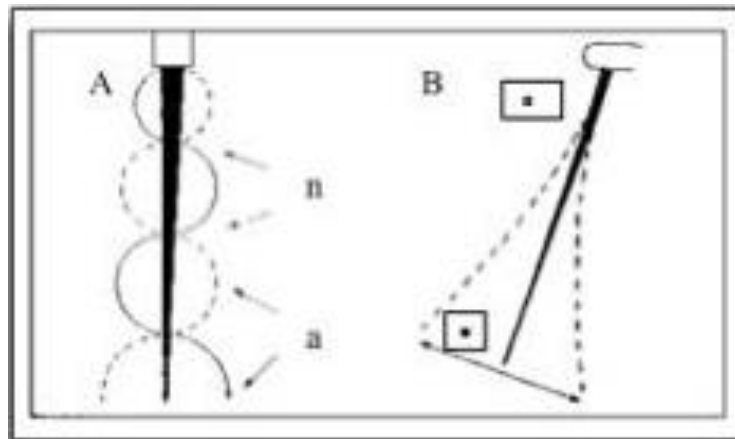
Para el sistema con energía sónica se utilizan puntas de polímero seguras no cortantes en una pieza de mano, de uso sencillo para agitar de forma rápida y vigorosa las soluciones de irrigantes en la zona apical durante el tratamiento endodóncico.

---

<sup>6</sup> Figura 6. Irrigación activada con un cono de gutapercha. (Fotografía). (Internet). Fragmento sacado de un video. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Tn-2KldfsQQ>

## 2.10 Irrigación activada con ultrasonido

Es el sistema sinérgico, en el que la solución irrigadora alcanza sus efectos biológico-químicos cuando se somete a ondas ultrasónicas. Las limas de estos dispositivos crean oscilaciones a frecuencias mayores, con una transmisión de energía acústica que opera de forma transversal, sin embargo, dicha lima no debe tocar las paredes del conducto radicular para no modificar ni realizar cambios en éstas, por lo que se le conoce como irrigación ultrasónica pasiva. <sup>XXIX, XXXI, XXXIII, XXXIV</sup>



**Figura 7.** A) Oscilación de una punta con ultrasonido y B) Oscilación de una punta sónica.<sup>7</sup>

## 2.11 Irrigación activada con láser

Los láseres han sido propuestos como medio para mejorar la eficacia de los irrigantes. La tecnología de haz luminoso ha sido objeto de estudio

<sup>7</sup> Figura 7. A) Oscilación de una punta con ultrasonido y B) Oscilación de una punta sónica. (Imagen). (Internet). Tomado de Lumley A, Walmsley A, Laird W. 1991. Disponible en: [https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_50.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_50.htm)

por su capacidad para limpiar y desinfectar con eficacia los conductos radiculares.

La energía láser puede utilizarse para activar las soluciones irrigadoras de distintas formas; por ejemplo:

- Molecular, por medio de la radiación llevada por el haz de luz chocando con los componentes del irrigante.
- En la desinfección foto activada, por este medio debido al calor generado por la luz del láser.
- En flujo de volumen, el movimiento generado por la fibra del sistema láser activará de forma manual.

El mecanismo de acción se basa en la generación de un efecto de cavitación secundario con expansión y posterior implosión de los líquidos.

Con esta técnica, la punta del láser se coloca solamente en la abertura de acceso coronal de la cámara pulpar y se mantiene sin avanzar al orificio del conducto. La diferencia en penetración y destrucción bacteriana se atribuye a la diferencia de grado de absorción de diferentes longitudes de onda de la luz en la dentina. <sup>XXXII</sup>

En esta técnica, la punta de fibra convencional o de diseño especial se posiciona próximo a la entrada del conducto radicular, minimizando los efectos térmicos secundarios. Debido a la absorción del láser y el calentamiento precipitado de la solución genera efectos fotoacústicos y fotomecánicos provocando la creación e implosión de una burbuja de vapor: su tamaño dependerá de la energía de la salida, duración del pulso y frecuencia del láser. El colapso conducirá una onda de choque que causa burbujas subsecuentes en todo el conducto, asociado a un fuerte esfuerzo cortante favorable para eliminar la capa de smear layer del

sistema de conductos radiculares y alterar la biopelícula bacteriana, produciendo alteraciones morfológicas en las membranas celulares.



**Figura 8.** Ejemplo de la colocación de la fibra para usar el láser intraconducto.

8

Hoy en día existen varias opciones de láseres con longitudes de onda ampliamente usadas en el área de endodoncia, todos funcionan por emisión directa de energía luminosa con los tejidos de cuatro formas:

1. Absorción por los tejidos: la energía luminosa se convierte en energía térmica.
2. Transmisión de los tejidos: no se producen cambios en los tejidos tratados con láser.
3. Reflexión de los tejidos: no hay absorción de energía, lo que no produce efecto térmico.

---

<sup>8</sup> Figura 8. Ejemplo de la colocación de la fibra para usar el láser intraconducto. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://clinidental.es/como-se-usa-el-laser-en-endodoncia/>

4. Dispersión de los tejidos: la luz en diferentes direcciones permite una mayor absorción de energía y da como resultado un efecto térmico, pero en menor medida. <sup>XXXVI, XXXVIII</sup>

El hipoclorito de sodio se considera el mejor aliado ante el uso de esta tecnología lumínica, ya que mejora significativamente la eficacia antimicrobiana, el incremento de turbulencia eleva su temperatura, favoreciendo su eficacia bactericida, así como el contacto de moléculas de cloro activo con restos orgánicos y biopelícula en su interior.

Como hemos señalado, un reto en endodoncia es encontrar alternativas para reducir la toxicidad del NaOCl sin perder su actividad antibacteriana. De ahí que la investigación de posibles efectos sinérgicos entre el láser y las bajas concentraciones de NaOCl se haya convertido en una área de gran interés. <sup>XXXVII</sup> Observaron a través de un modelo in vitro que el efecto antibacteriano del NaOCl al 0.5% contra la biopelícula de *E. faecalis* aumentaba cuando se activaba con un láser Er, Cr: YSGG. Usando microscopía electrónica de barrido se confirmaron los resultados microbiológicos, observándose una pérdida de integridad en las células bacterianas tratadas con LAI, informaron que la activación de NaOCl tamponado al 0.5 % mejoró su capacidad antibacteriana contra la biopelícula de *E. faecalis* de 4 semanas de edad en los dientes extraídos. <sup>XXXIX</sup> Por otro lado, Betancourt y colaboradores <sup>XL</sup> observaron que el efecto bactericida del NaOCl al 0.5 % activado por un láser Er, Cr:YSGG era similar al del NaOCl al 2.5 %, que es 5 veces su concentración inicial. Sin embargo, no todos los artículos coinciden. Christo et al <sup>XLI</sup>. no pudieron detectar ninguna mejora de NaOCl al 0.5 % en biopelículas idénticas. Esto puede deberse a que el estudio se realizó con un láser Er, Cr: YSGG de baja potencia (0.5 W). <sup>XL, XLII</sup>

Las desventajas de este sistema son:

A pesar de que produce una acción beneficiosa en la región apical, debido a que la emisión de haz de luz se dirige longitudinalmente a lo largo del conducto, consecuentemente no todas las paredes son tocadas, sobre todo aquellas que presenten una variación morfológica.

Aumento en la temperatura de calor al entrar en contacto con el tejido, logrando llegar a dañar tejidos perirradiculares. <sup>XLIII</sup>

### **3. Capítulo III: Técnicas con láser**

#### **3.1 Protocolo de uso del láser**

La evolución de LAI: PIPS y SWEEP PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming o Corriente Fotoacústica Inducida por Fotones) y Sweeps (Flujo fotoacústico amplificado por ondas de choque) son los últimos protocolos basados en la activación del irrigante láser. Ambos métodos se basan en el mecanismo de acción de LAI y utilizan un láser Er: YAG (2940 nm). Las diferencias con la técnica LAI tradicional son el uso de pulsos de menor energía y de menor duración. Además, la posición de trabajo de los láseres de fibra es a nivel de la cámara pulpar, y no en el conducto radicular, como en la LAI. La activación del láser en la cámara pulpar permite el tratamiento simultáneo de los conductos de los dientes multirradiculares, evitando la exposición térmica secundaria y reduciendo la posibilidad de extrusión del irrigante hacia los tejidos periapicales. <sup>XXXIX, XLIII</sup>

#### **3.2 Técnica LAI**

En la irrigación activada por láser (LAI), se coloca una fibra de punta plana de 200 micras a nivel de todo el conducto radicular, a 3-5 mm de la constricción apical. En esta técnica, el flujo de riego está envuelto en

una corriente acústica resultante de unas 12 oscilaciones que forman burbujas que implosionan y crean un impacto en la superficie de la raíz. Esta implosión y colapso es generada por cada pulso del láser que genera la excitación de estas burbujas y en cada corriente acústica formada se permite una mejor limpieza del sistema de conductos radiculares. Los estudios han demostrado su eficacia para eliminar el barrillo dentinario; uno de ellos es mencionado en el estudio de Peeters et al.<sup>XLIV</sup> donde observaron que el uso de la técnica LAI fue más efectivo durante 60 segundos que durante 30 segundos y concluyeron que la duración del láser en el procedimiento es crucial cuando se utiliza EDTA al 17% como solución de irrigación activada.

Protocolo: en la técnica LAI, la punta de la fibra se inserta en el conducto radicular a 3 mm de la longitud de trabajo, activando el hipoclorito de sodio al 5,25 % durante 60 segundos con parámetros de 75 mJ, 20 Hz y 1,5 W. (40) (43) Se debe enjuagar con 3 ml de NaOCL al 5,25% activado con LAI durante 1 minuto + 1 ml de EDTA al 17% sin activación.<sup>XLV</sup>

### **3.3 Técnica PIPS (Photon-Induced Photoacoustic Streaming)**

En la técnica PIPS (Corriente Fotoacústica Inducida por Fotones), cuyo mecanismo de acción es una corriente fotoacústica foto inducida, consiste en colocar la punta del láser en la cámara pulpar a la entrada de los conductos radiculares. La técnica PIPS crea un flujo turbulento del líquido de irrigación, lo que permite una desinfección eficiente y una reducción significativa de bacterias en la compleja morfología de la raíz. Varios estudios han informado la eficacia de la técnica PIPS para reducir la contaminación bacteriana en un 100 %, incluido el estudio de Arslan et al.<sup>XLVI</sup> La técnica identificada fue significativamente más eficaz (75 %) que la activación sónica y ultrasónica.<sup>XLVII</sup>

Protocolo: la técnica PIPS utilizó una punta de 400 micras en la cámara pulpar y realizó la activación de 30 segundos con hipoclorito de sodio al 5,25 % posteriormente se neutraliza con solución salina, seguido de una activación de 30 segundos con hipoclorito de sodio al 5,25 %, se neutraliza nuevamente con solución salina, activación de 30 segundos al 5,25 % hipoclorito de sodio, se neutraliza una vez más con solución salina, activación de 30 segundos con EDTA al 17%, finalizando con una irrigación de solución salina. Los parámetros del láser fueron 20 mJ, 15 Hz y 0,3 W.

La técnica PIPS, en resumen, (3 ciclos de 30 segundos de activación con NaOCl al 5.25%, 30 segundos de inactivación (solución salina) y 30 segundos finales de activación con EDTA al 17% que el tiempo de la técnica LAI (60 segundos). <sup>XLII, XLV</sup>

### **3.4 Técnica SSP/SWEEPS**

La transmisión fotoacústica inducida por fotones se logra a través de la alta absorción del pulso láser SSP (Super Short Pulse; 50  $\mu$ s). La variante SWEEPS (Flujo fotoacústico amplificado por ondas de choque), a comparación con la técnica LAI convencional, la transmisión de la burbuja que genera el láser se ve ralentizada por la anatomía del sistema de conductos radiculares lo que retrasa el tratamiento, además de generar más calor puesto se requiere mayor tiempo de exposición o de potencia para poder generar el efecto de cavitación.

Para intensificar el colapso de la burbuja, se propuso usar un modo donde hay un doble pulso del láser justo en el momento antes donde la primera burbuja colapse. La exposición generará un colapso abrupto, que mueve la burbuja y creará una nueva cantidad de burbujas que a su vez estallarán. Las ondas de choque moverán las burbujas de la segunda



radiación más profundo que la primera, por lo tanto, tenemos mayor penetración del irrigante a la zona de los túbulos dentinarios. <sup>XLVIII</sup>

Dentro de los objetivos finales de la técnica SSP/SWEEPS son:

1. Transmisión tridimensional del irrigante a través del sistema de conductos radiculares.
2. Mayor penetración del irrigante, ir más profundo en los túbulos dentinarios.
3. Eliminación de barrillo dentinario de la raíz.
4. Activación química del hipoclorito de sodio de forma más efectiva
5. Desinfección directa (no química). <sup>XLIX</sup>

SWEEPS representa el avance tecnológico de PIPS. La modalidad de pulso súper corto (50 ms; igual que PIPS) se acompaña de la modalidad de pulso único ultra corto (25 ms) que permite una mejor modulación de la energía emitida manteniendo la misma potencia máxima (es decir, 400 W con 10 mJ) o una potencia de pico más potente (800W) con la misma energía que PIPS (20 mJ). <sup>L</sup>

Protocolo: la de irrigación incluye dos ciclos de activación con EDTA al 17 % (30 s) seguidos de un ciclo de solución salina (30 s), luego tres ciclos de activación con NaOCl al 5 % (30 s) y, lo más importante, un tiempo de reposo de 30 segundos entre cada uno de los ciclos.

En un estudio reciente, SWEEPS se asoció con un aumento significativo en la limpieza, principalmente de las zonas del istmo en las raíces mesiales (Yang et al.). Sin embargo, en comparación con PIPS, SWEEPS no mostró ninguna mejora en la penetración de la solución de irrigación en el conducto radicular. <sup>LI, LI</sup>

El estudio de Tomaz Ivanusic <sup>L</sup>, usa el sistema “SKYPLUS” que utiliza las técnicas de SSP y SWEEPS, evidenció que éste tiene mejor desempeño

durante el tratamiento de conductos. Se realizaron distintos experimentos donde se compararon la eficacia de diferentes diseños de puntas de fibra en distintos procedimientos.

- a) Puntas planas: puntas de fibra cilíndricas de punta plana con diámetros de 300 micras (Flat Sweeps 400) a 600 micras (Flat Sweeps 600).
- b) Puntas radiales: puntas cilíndricas terminadas radialmente (cónicas) con diámetros de 400 micras (Radial Sweeps 400) y 600 (Radial Sweeps 600).
- c) Puntas cónicas: puntas cónicas de extremo plano con diámetro de 400 micras (Conical Sapphire 400 y Conical Spphire 600).

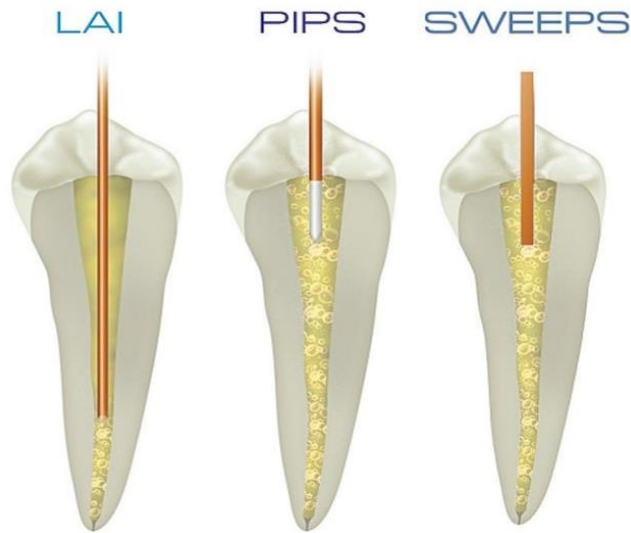
El sistema SWEEPS con el láser Er: YAG conduce a la ebullición explosiva del irrigante, generando burbujas de vapor oscilantes, lo que hace que el líquido se mezcle en regiones distantes de la anatomía compleja del conducto radicular.

Además de usar la técnica para desbridar, desinfectar eficazmente istmos, fondos de saco, conductos laterales y ramificaciones apicales, debido a que con la técnica SSP la velocidad del fluido irrigante es de 1.5 mm/s, suficiente para la fluir en cualquier conducto lateral.

Por último, una comparación en dicho estudio de ultrasonido como técnica irrigadora contra el láser y técnica SSP, muestra la eficacia para eliminar el barrillo dentinario y restos de dentina reblandecida en el conducto radicular con una mayor tasa de éxito al utilizar láser con 5 a 7 segundos de uso, incluso con 60 segundos de utilizar la irrigación con ultrasonido.

Las puntas de fibra planas tienen una onda de choque mayor que las de puntas radiales, esto se traduce que la propagación de la solución irrigadora es mayor con estas puntas.

Por último, el artículo recomienda el empleo de una punta de fibra del menor calibre posible y con la forma cilíndrica (Conical Sapphire 600) con la técnica de SWEEPS para un uso general en endodoncia. Sin embargo, es de considerar que la punta de fibra con punta plana del mismo calibre tiene una mayor duración, esto se basa en el desgaste de la punta radial que es mayormente susceptible a dañarse por las ondas de choque. Para la técnica SSP se recomienda la punta radial, de menor calibre (Radial Sweeps 400) por ser más efectiva. <sup>L</sup>



**Figura 9.** Diferencias del uso de la punta de fibra y el efecto obtenido con cada técnica del láser. <sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Figura 9. Diferencias del uso de la punta de fibra y el efecto obtenido con cada técnica del láser. (Imagen). (Internet). Imagen obtenida de, Sindhuja Panthangi, Uppalapati Vishwaja. Novel sweeps technology in endodontics — A review. Disponible en: <https://www.ijce.in/html-article/14827>

## **Capítulo IV: Ventajas y desventajas de tratamientos con láser**

### **4.1 Conductos conservadores**

Una de las dificultades que tiene el tratamiento de conductos radiculares, es la preparación biomecánica, ya que existen casos donde es una contraindicación la instrumentación con conicidad apicales menores a una lima #50 0.04 o #30 con 0.06, realizándose con una técnica de irrigación activada con ultrasonido de forma pasiva. Con ese ejemplo la técnica requiere una gran amplitud para que pueda introducirse la lima y así oscilar dentro del conducto, sin embargo, esto también significa que el efecto de activación del irrigante se ve directamente influenciado por el movimiento interno de la lima.

En cambio, la activación láser, no requiere tanto espacio. Este agrandamiento de las cavidades es menor con la técnica SSP/SWEEPS. En estos casos conservadores se usa como máximo una conicidad de #20 0.07 o menor, incluso se menciona que puede usarse la anatomía original del sistema de conductos radiculares, para el tratamiento, una visión beneficiosa para el especialista. <sup>LIII</sup>

El uso de la activación láser para los irrigantes es maravilloso para el tratamiento de conductos donde se desea preservar la mayor cantidad de tejido. En contraste con el ultrasonido como activador, donde se usa una lima que se debe insertar hasta el ápice para su función correctamente, se debe ampliar el conducto radicular y también presenta un mayor riesgo de rotura de la lima. <sup>L</sup>

## **4.2 Extrusión del irrigante con LAI**

La cantidad de irrigante extruido apicalmente es comparable en distintos artículos con otros sistemas de irrigación intraconducto. Pero también existen medios científicos que indican que la extrusión es mayor, tanto de detritus, soluciones, bacterias y otros subproductos, que a su vez causan dolor e inflamación postoperatoria lo que puede perjudicar en la cicatrización de los tejidos. Debemos considerar que las variables de técnica y potencia del láser, son un determinante ante cualquier procedimiento. **(Ver Tabla 1 en anexos)** <sup>LIV</sup>

En contraste con el artículo de Tomaz Ivanusic et al <sup>L</sup>, donde indican que el riesgo de extrusión de material es mínimo con la técnica SSP/SWEEPS, su estudio se basó en el uso de agujas irrigadoras con extremo abierto y ventilación lateral, 30 G con velocidades de flujo de 1, 2,3 y 15 ml/min. Los resultados contra la irrigación con láser PIPS y SWEEPS fueron más altos en la extrusión de la medicación intraconducto. Esto se puede explicar debido a que no hay movimiento y fuerza que se ejerza directamente en sentido vertical hacia el ápice, además de minimizar el calentamiento del irrigante evitando su fluidez excesiva para la extrusión.

## **4.3 Reintervención de tratamientos no quirúrgicos**

No hay contraindicaciones mencionadas en los artículos sobre el uso de láser como activador de irrigación después del fracaso de un tratamiento de conductos. La eliminación de la obturación se realiza con un mismo protocolo que un tratamiento inicial o primerizo en el diente. Con una activación de NaOCl al 2.5% y EDTA al 17% con láser de Er: YAG, se aumenta la eficacia de la operación mecánica con NiTi. Aunque

dependerá mucho del tipo de láser y del tipo de obturación con el que haya sido sellado el conducto. <sup>LVI, LVII</sup>

#### **4.4 Láser preoperatorio con endopostes**

El porcentaje de éxito de un poste en los dientes con tratamientos de conductos, está relacionado con la eficacia de unión entre el poste y el conducto radicular. La técnica LAI aumenta la rugosidad de las paredes, como consecuencia, eleva la fuerza de unión con el material de resina para su colocación, aumentando el tiempo de vida y porcentaje de éxito de los postes. El láser recomendado para este tratamiento en específico es: Er, Cr: YSGGG. No obstante, un punto a considerar es que no todos los láseres funcionan igual de bien, pues varían mucho dependiendo también de los postes de fibra, así como el tiempo de irradiación y la distancia de trabajo del láser. <sup>LVI</sup>

#### **4.5 Bacterias en el conducto radicular y el láser**

Las bacterias presentes dentro del sistema de conductos radiculares, asociadas al fracaso de un tratamiento endodóncico, deben ser inactivadas o erradicadas del conducto, por lo que el láser como un potencial bactericida por sí mismo es bastante eficaz, pero sumado a una solución irrigadora, se potencializa aún más. Dentro de las bacterias estudiadas desde el inicio del uso de la tecnología fotolumínica, se encuentran: *Porphyromonas endodontalis*, *Treponema denticola*, *Tannerella forsythia*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Peptostreptococcus micros* y *Enterococcus faecalis*. Wenzler describe en un caso clínico, que el porcentaje reducido de colonias por el uso combinado de NaOCl con el

láser es de más del 90% al compararlo con el uso exclusivo de hipoclorito de sodio al 3%. El protocolo utilizado para la desinfección adyuvante de acuerdo con uno de los siguientes tres protocolos específicos de grupo: enjuague con 5 mL de hipoclorito de sodio 3%; (Speiko–Dr. Speier GmbH, Bielefeld, Alemania) durante 1 min. y con una irradiación láser (SiroLaser Blue; Dentsply Sirona) en modo de onda continua, con un ajuste de potencia de 0,6 W durante 4 × 10 seg. con una punta de fibra de 200 µm conectada (Easy Tip Endo; Dentsply Sirona). <sup>LVII</sup>

En otro estudio reciente del autor Naif Momenah <sup>LVIII</sup>, se recopilaron todos los artículos anteriores al año 2022 para definir la eficacia bactericida del láser en general. En su conclusión incluye que el láser por sí solo no ayuda a eliminar bacterias, por lo que se recomienda combinarlo con una solución irrigante, además de tener cuidado en la selección del láser para este procedimiento debido a la gran variedad que existe de factores que pueden perjudicar el tratamiento de conductos. El más recomendado según su investigación es el láser Nd: YAG (1064nm) en general, pero la falta de un protocolo bien definido para cada caso es aún muy común dentro de los mismos artículos e investigaciones. <sup>LVIII</sup>

## Capítulo V: Láseres en el mercado:

### 5.1 Láseres Fotona:



**Figura 10.** Láser SkyPulse de Fotona. <sup>10</sup>

La marca Fotona, ofrece 4 modelos con el láser Er: YAG con 2940 nm en todos ellos y son capaces de realizar las técnicas SSP/SWEEPS.

SkyPulse*	SkyPulse ENDO	SkyPulse PLUS	SkyPulse MULTI-3	SkyPulse MULTI-4
Wavelength	Er:YAG*	Er:YAG*	Er:YAG* + 2-wavelength diode module**	Er:YAG* + 3-wavelength diode module**
Modes	AutoSWEEPS, R-SWEEPS, SSP ENDO, USP ENDO, SP	AutoSWEEPS, R-SWEEPS, SSP ENDO, USP ENDO, SSP, MSP, SP, LP, VLP, QSP	AutoSWEEPS, R-SWEEPS, SSP ENDO, USP ENDO, SSP, MSP, SP, LP, VLP, QSP, TANDEM	AutoSWEEPS, R-SWEEPS, SSP ENDO, USP ENDO, SSP, MSP, SP, LP, VLP, QSP, TANDEM
Spray	No	Yes	Yes	Yes

\*2940 nm

\*\*Please check the availability of the different diode module options with your local Fotona representative.

<sup>10</sup> Equipo láser Skypulse ENDO de la marca Fotona (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.fotona.com/en/products/5626/skypulse-line/>



**Figura 11. Datos técnicos de láseres Fotona.** <sup>11</sup>

- Cada sistema incluye una interfaz para el usuario con pantalla táctil.
- Tiene un control de parámetros sencillos de usar.
- Se proporciona almacenamiento de memoria para tratamientos preestablecidos.
- Registra los procedimientos realizados con la fecha a modo de calendario o nombre.
- Su modo de uso es con un carro donde está montado el equipo.
- Tiene piezas de mano con punta de fibra o sin ella, intercambiables, incluso para el rango de diodos que se requiera.

Precio estimado de 25,600.00 USD. LIX, LX

## 5.2 Siro Laser Blue de la casa Dentsply Sirona:



<sup>11</sup> Figura 11. Propiedades de los distintos modelos de la marca Fotona (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.fotona.com/en/products/5626/skypulse-line/>

**Figura 12. Equipo Siro Laser Blue y datos técnicos del equipo.** <sup>12</sup>

Datos técnicos	
Longitud de onda y potencia	445 nm +/-5 nm / 0.2 - 3.0 W (CW) 660 nm +/-5 nm / 25, 50 y 100 mW (CW) 970 nm -10/+15 nm / 0.2 - 2.0 W (CW)
Modo de radiación	Modo onda continua, modo pulsado
Frecuencia	1 - 10.000 Hz
Ciclo de trabajo	Variable
Peso	- 1,3 kg (incluyendo pieza de mano y batería)
Dimensiones	- 19,7 cm x 18,2 cm x 18,9 cm

**Figura 13. Datos técnicos del sistema Siro Laser Blue.** <sup>13</sup>

- Usa puntas de fibra desechables estériles (EasyTips).
- Funciones preprogramadas para diferentes tratamientos.
- Permite guardar perfiles individuales, en caso de usar el dispositivo SiroLaser Blue de forma compartida.
- Batería recargable.
- Un mango con interruptor de dedo, sin pedales accionales y mango esterilizable.
- Incluye un mango flexible como guía para algunos tratamientos.
- La ley exige una comprobación de seguridad técnica, en el dispositivo es necesario solo 1 vez cada 2 años.

Precio aproximado 5,100.00 USD. <sup>LXI, LXII</sup>

<sup>12</sup> Figura 12. Equipo Siro Laser Blue. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/instrumentos/laser/sirolaser-blue.html>

<sup>13</sup> Figura 13. Datos técnicos del sistema Siro Laser Blue. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/instrumentos/laser/sirolaser-blue.html>

Volumen de suministro
SiroLaser Blue incluye pieza de mano de acero inoxidable con interruptor táctil integrado
Paquete de batería (ya montado)
Vainas adicionales de la pieza de mano para el servicio alterno
Juego de demostración de puntas de fibras desechables (fibras de demostración no esterilizables): 2 EasyTip 320 µm, 2 EasyTip Endo, 2 EasyTip 200 µm
Doblador combinado
Cortafibras
3 Gafas de protección láser (para el odontólogo, el asistente y el paciente)



Fibras desechables estériles y conductor de luz en varilla de vidrio para diferentes aplicaciones



Fibras desechables en embalaje estéril (EasyTips)



Gafas de protección láser para usuarios



Gafas de protección láser para el paciente

**Figura 14.** Equipo que incluye la compra del sistema Siro Laser Blue más aditamentos. <sup>14</sup>

### 5.3 Láser Dental D-Láser Blue de Woodpecker:



<sup>14</sup> Figura 14. Aditamentos que incluye o no el sistema Siro Laser Blue. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/instrumentos/laser/sirolaser-blue.html>

**Figura 15. Equipo Láser Dental D-Láser Blue.** <sup>15</sup>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Entrada del adaptador de corriente: 100 - 240 Vac, 50 60Hz, 2.5 A.	Modos de emisión: CW (onda continua), cortado de 1 Hz a 20 kHz.
Longitud de onda y potencia: a) 450 ± 20nm: Pmáx = 3W b) 650 ± 20nm: Pmáx = 200mW c) 976 ± 20nm: Pmáx = 5W	Haz de puntería: 650 ± 20 nm / Pmáx <5mW
Clasificación láser: a) 976 nm: clase IV b) 650 nm: clase II c) 450 nm: clase IV	Modos de emisión: CW (onda continua), cortado de 1 Hz a 20 kHz
Peso: 1.5kg.	Batería de litio recargable: 11.1V / 2600mAh x2 (57.7Wh).
	Consumo de tiempo para cargar: aproximadamente 4 h (5 horas para la primera carga)
	Tamaño: 22cm x 20cm x 23cm

**Figura 16. Especificaciones técnicas del equipo D-Láser Blue** <sup>16</sup>

- Con base de un láser de diodo azul con 450nm, 2976 nm en otro modo de trabajo y 650 nm.
- Funciones a través de una pantalla táctil de 5”.
- Incluye puntas de fibra óptica (6 pzas).
- Punta de terapia TMJ (1 pza).
- Punta de blanqueamiento (1 pza).
- Punta de bioestimulación (1 pza).
- Gafas de protección de láser (3 pzas).
- Puntas de fibra y la funda de la pieza de mano se pueden esterilizar en autoclave.

Precio aproximado de 138,000.00 MXN. <sup>LXIII</sup>

<sup>15</sup> Figura 15. Equipo Láser Dental D-Láser Blue. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.tudepositodental.com/equipos-dentales/2345-laser-dental-d-laser-blue-woodpecker-dba.html>

<sup>16</sup> Figura 16. Datos técnicos del sistema Láser Dental D-Láser Blue. (Imagen). (Internet). Disponible en: <https://www.tudepositodental.com/equipos-dentales/2345-laser-dental-d-laser-blue-woodpecker-dba.html>

#### 5.4 Lumenis Opus Duo Dental:



**Figura 17.** Equipo Lumenis Opus Duo Dental. <sup>17</sup>

- Combina el láser de Er: YAG y CO2
- Tiene una longitud de onda de 2.94 micras.
- Hasta un julio por pulso, potencia de 12 vatios.
- Láser de CO2 con onda de 10.6 micras.
- Con 1 julio por pulso y 10 vatios.
- Toma de corriente de 220 CA.
- Incluye piezas de mano: dos anguladas y dos rectas.
- Gafas protectoras.

Precio aproximado de 5,000.00 USD (es un equipo antiguo pero funcional para la técnica LAI convencional). <sup>LXIV</sup>

---

<sup>17</sup> Figura 17. Equipo Lumenis Opus Duo Dental. (Fotografía). (Internet). Disponible en: <https://shinodadental.com/product/opus-duo/>

## **Discusión**

El láser nos ofrece muchas ventajas si es comparado con las técnicas mencionadas en el trabajo, se puede usar para activar distintos irrigantes. Kandaswamy en 2010 menciona el efecto negativo por usar el láser con EDTA pues su efecto se potencializa para eliminar la biopelícula, el smear layer y la dentina peritubular de los conductos. Esto se contrapone a lo escrito por Peeters en 2011 que menciona el uso de la técnica LAI con EDTA durante 60 segundos para mejorar la apertura de los túbulos dentinarios. Sumado a esto la gran discrepancia entre cada autor, Christo et al 2016 y Jaramillo en el mismo año, para usar el láser y obtener resultados óptimos, se debe utilizar el mismo tipo de haz lumínico, la potencia administrada y el tiempo de exposición, además de que el uso del láser puede causar daño tisular si se expone durante mucho tiempo.

Hay que destacar que el uso combinado de la tecnología fotolumínica y el hipoclorito de sodio, nos otorga mayores beneficios, si solo se usan individualmente, Alamo-Palomino et al, en 2015 propuso una concentración de 0.5% para la eliminación de bacterias, con el láser Er, Cr: YSGG. Ocurre otro efecto negativo asociado con el hipoclorito, todos los protocolos usan un alto porcentaje (5.25% o 5%), los cuales aumentan la posibilidad de ocasionar daño tisular en casos de extrusión del irrigante según Ova Peters en su artículo de 2011.

El desarrollo de la tecnología y la técnica PIPS, demuestran que la activación es mejor comparándose con equipos de ultrasonido y

sónicos, Arslan et al en 2018. Debemos considerar la posibilidad de extrusión de las soluciones intraconducto, y Quy Linh et al en 2020 e Ivanusic et al en 2019 mencionan que el láser en sí implica menos riesgo de proyección del irrigante comparado con otras técnicas convencionales, siendo disminuidas en el uso de PIPS y SSP/SWEEPS, mencionado por Jaramillo et al en 2016.

La técnica recomendada con SSP/SWEEPS, es mencionada en el artículo de Ivanusic et al en 2019, en donde se menciona que es posible usar el láser de forma directa intraconducto sin necesidad de irrigante, y no menciona condiciones negativas que contraindiquen su uso. Abdulah et al en 2022 menciona que el láser más utilizado para la desinfección es Er: YAG y al mismo tiempo no lo recomienda usar sin irrigante en casos de tratamientos de conductos.

Dentro de las ventajas que nos otorga, es el poder utilizar cada vez menos limas para ampliar los conductos y debilitar el soporte dentinario, pues las técnicas más recientes explotan las cualidades del hipoclorito de sodio para descontaminar todo el sistema de conductos radiculares, así lo menciona Meza et al en 2022 y Lukac et al en 2020. Sus ventajas se pueden ver aprovechadas en reintervenciones donde se requiere conservar la mayor cantidad de dentina para mantener en boca el diente el mayor tiempo posible, esto es posible debido a la limpieza provocada por las micro explosiones dentro del conducto que otorga la activación con láser, mencionan Quin Huang et al en 2023 y Galler et al en 2019. Así mismo en casos donde se requiera una mayor retención mecánica por el uso de biomateriales adhesivos Arslan en 2018 recomienda su uso. En cuanto a las bacterias el artículo de Meza, menciona que es posible el usar solo el 3% de hipoclorito de sodio con técnica LAI y eliminar así el 90% de las bacterias que se encuentran en los conductos.

La innovación de la tecnología para usar el láser como activador de soluciones irrigadoras intraconducto, ha sido beneficiosa para el ámbito de la endodoncia. Sin embargo se deben pulir puntos clave para empezar a usar el láser como un nuevo estándar para el tratamiento de conductos radiculares.

## **Conclusión**

Existen muchos beneficios por los cuales elegir el uso de este coadyuvante en los procedimientos endodóncicos, tales como la activación del irrigante, el mejoramiento de su fluidez, la capacidad de permeabilidad, el aumento de la temperatura de los irrigantes en el interior del conducto, además, de permitirnos conservar la mayor cantidad de tejido de dentina radicular. Sin embargo, el uso del láser es limitado por distintos motivos, como su costo elevado, y por qué no todos los tipos de láseres se pueden usar en todos los tratamientos, por lo que aumenta el costo para realizar un tratamiento exclusivamente con láseres de inicio a fin. También se debe considerar que el uso del láser no tiene contraindicaciones, pero dependerá considerablemente por el tiempo de exposición y el uso que le dé el especialista en un tratamiento u otro para concluir de forma exitosa el procedimiento.

La tecnología láser sigue en constante evolución, la técnica de SSP/SWEEPS elimina varios problemas que tenía LAI a sus inicios. Se podría usar de forma segura siempre y cuando el especialista este instruido y capacitado. Se necesitan más estudios in vivo o casos clínicos para poder recomendarlo ampliamente como alternativa a otros sistemas de activación de irrigantes, aunque apoyo el hecho de nuevas tecnologías y si se tiene la posibilidad de usarlo, es recomendado siempre que las condiciones sean favorables. Sus alternativas como el



ultrasonido con protocolos establecidos para cada tratamiento hacen muy confiable dicha técnica.

**Anexos:**

**Tabla 1.** Extrusión de material. Obtenida de Quy Linh Do, Alexis Gaudin. The Efficiency of the Er: YAG Laser and Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS) as an Activation Method in Endodontic Irrigation: A Literature Review (Tabla 7 del artículo).

**Descriptive Data Related to Apical Extrusion Effect**

Author	Study Objects	No. of Teeth	MAF	Laser Tip	Laser Settings (Pulse Energy, Repetition Rate, Power, Pulse Widths)	Activation Time	Irrigants	Main Findings
<a href="#">George75 (2008)</a>	LAI (Er:YAG, Er,Cr:YSGG), CI	16	50/0.05	400 µm, n/a	Er:YAG: 200 mJ, n/a, 4 W, 50 ms; Er,Cr:YSGG: 62.5 mJ, n/a, 1.25 W, 50 ms	5 s	Dye	The volume of extruded fluid was similar to conventional 25-G needles, but the fluid was distributed further from the apex
<a href="#">Arslan81 (2015)</a>	PIPS, UAI, CI	64	30/0.09	300 µm, 14 mm	20 mJ, 15 Hz, 0.3 W, 50 µs;  30 mJ, 30 Hz, 0.9 W, 50 µs	30 s	1% Na OCI	PIPS at both 0.3 W and 0.9 W resulted in similar solution extrusion to the conventional irrigation or ultrasonic irrigation

<a href="#">Yost72 (2015)</a>	PIPS, ANP, SI, CI	36	35/0.04	600 $\mu\text{m}$ ,	20 mJ, 15 Hz, n/a, 50 $\mu\text{s}$	PIPS: 3x30 s	6% NaOCl	No difference was found between the 10 mJ and 20 mJ PIPS laser groups. EndoVac demonstrated significantly less potential for apical extrusion than PIPS and Max-i-Probe
			55/0.04	9 mm	10 mJ, 15 Hz, n/a, 50 $\mu\text{s}$	SI: 60 s		
<a href="#">Arslan74 (2018)</a>	PIPS, CI	60	25/0.06	300 $\mu\text{m}$ , 14 mm	20 mJ, 15 Hz, 0.3 W, 50 $\mu\text{s}$	20 s	bidistilled water	PIPS activation was associated with significantly more extrusion debris in curved canals compared with no activation
<a href="#">Azim73 (2018)</a>	PIPS, ANP, XP Finisher, SI, CI	20	40/0.04	n/a	20 mJ, 15 Hz, n/a, n/a	3x30 s	3% NaOCl	PIPS extrudes more irrigant than other systems

CI, conventional irrigation; LAI, laser-activated irrigation; MAF, master apical file; n/a, not available; ANP, apical negative pressure; PIPS, photon-induced photoacoustic streaming; SI, sonic irrigation; UAI, ultrasonically activated irrigation.

## Referencias bibliográficas:

- I. Martínez A. Héctor. Odontología láser. Primera edición ed. México, D. F. : Trillas; 2007.
- II. De Lima M. Manoel. Endodoncia Ciencia y Tecnología México CDMX: AMOLCA; 2016.
- III. Ilsón Soares José, Goldberg F. Endodoncia, técnica y fundamentos Buenos Aires: Médica: Panamericana; 2003.
- IV. Ford T. R. Endodoncia en la práctica clínica. Cuarta edición ed. México, D. F.: MC Graw-Hill Interamericana; 1997.
- V. Gallardo Mario Q, Quel Eduardo. Una nueva historia del láser. SEDICI Repositorio Institucional de la UNLP. 2020.
- VI. Gluskin A. H. Minimally invasive endodontics: challenging prevailing paradigms. Br Dent J. 2014; 216.
- VII. Schäfer Edgar, C. S. Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. Journal of Endodontics. 2016; 42(2).
- VIII. Alovise M. Effects of fiber-glass-reinforced composite restorations on fracture resistance and failure mode of endodontically treated molars. Journal of Dentistry. 2016; 53.
- IX. Díaz A. Effects of a functional food supplemented with probiotics on biological factors related to dental caries in children: a pilot study. European Archives of Pediatric Dentistry. 2020; 21.
- X. Wang Z. S. Y. H. M. Antimicrobial and Antibiofilm Properties of Bioceramic Materials in Endodontics. Materials. 2021; 14(24).
- XI. Ghasemi N. T. Z. The Effect of Photodynamic Therapy on the Smear Layer Removal: a Scanning Electron Microscopic Study. Journal of Dentistry. 2021; 22(3).

- XII. Sierra A. B. L. y L. G. Remoción del barro dentinario y erosión sobre el sustrato al utilizar diferentes soluciones ácidas. *Odontología Samarquina*. 2018; 21(2).
- XIII. Diaz Amanca E. L. ¿Representará alguna mejora el uso del ultrasonido en la remoción del barrillo dentinario? *Revista Estomatológica Herediana*. 2014; 22(3).
- XIV. Violich N. P. C. The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*. 2009; 43(1).
- XV. Monika Marending, H. U. Luder. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine – mechanical, chemical and structural evaluation. *International Endodontic Journal*. 2007; 40(10).
- XVI. Monika Marending F. P. J. F. y M. Z. Impact of Irrigant Sequence on Mechanical Properties of Human Root Dentin. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(11).
- XVII. Saddiyah Rangkuti, Pitaj Bayi, Kualitas Tidur. Pengaruh Pendidikan Kesehatan Pijat Bayi terhadap Kualitas Tidur Bayi Usia. *Journal Kesehatan Masyarakat (JURKESMAS)*. 2021; 1(1).
- XVIII. Guevara Canales J. O. L. S. M. F. Evaluación radiográfica y microscópica de la acción de quelantes en la remoción del barro dentinario. *Revista Cubana Estomatología*. 2014; 51(2).
- XIX. Moradas Estrada M. Á. L. B. El barrillo dentinario y su importancia en endodoncia. *Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España*. 2019; 24(1).
- XX. Karunakar P. Raji. Viola Somon. Evaluation of smear layer removal of radicular Dentin in comparison with different irrigation devices: An in vitro study. *Journal Conservator of Dent*. Junio 2021. 24(3)
- XXI. De Santis Larisa R. G HRJ. Cougars' key to survival through the Late Pleistocene extinction: insights from dental microwear texture analysis. *The Royal Society*. 2014; 10(40).

- XXII. Kandaswamy N. V. Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, 2% povidone iodine, and calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*. 2010; 43(5).
- XXIII. Guido Sebastián Falcón-Pasapera L. Y. G. C. y B. E. F. G. Uso del ozono como coadyuvante en el tratamiento de las enfermedades periodontales. *Revista Médica de Trujillo*. 2021; 16(1).
- XXIV. Matamoros D. G. V. y G. Z. Estudio comparativo de dos soluciones rrigadoras activadas y no activadas para la preparación química del conducto radicular visto al MEB. *Dominio de las Ciencias*. 2017; 3(2).
- XXV. Peralta J. Á. P. y J. L. Medicación intraconducto en reacción periapical crónica en un paciente diabético: control a los 6 meses. 2013; 10(2).
- XXVI. Murakami C. Trends in the prevalence of erosive tooth wear in Brazilian preschool children. *International Journal of Paed Dent*. 2016; 26(1).
- XXVII. Pérez M. I. Revisión actualizada de los sistemas ultrasónicos, sónicos y láser como coadyuvantes en la irrigación endodóncica. 1st ed. Cd. Mx; 2021.
- XXVIII. Alamo-Palomino J, -Huaman G. Efectividad de tres irrigantes sobre el número de colonias de enterococcus faecalis en la preparación de conductos radiculares in vitro / Effectiveness of three irrigants on the number of colonies of enterococcus faecalis in root canal preparation in vitr. *KIRU*. 2015; 12(1).
- XXIX. Peters O. A. Limpieza y conformacion del sistema de conductos radiculares. 11th ed. Madrid: Elseiver Mosby; 2011.
- XXX. Li-Sha Gu J. Ryul Kim. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal Endodontic*. 2009; 35(6).

- XXXI. Lucas W. M. van der Sluis CB. Syringe Irrigation: Blending Endodontics and Fluid Dynamics. 1st ed. Basrani: Endodontic Irrigation; 2015.
- XXXII. Hargreaves L. H. B. y K. M. Vías de la pulpa. 11th ed. Rotstein I, editor. Madrid: Elseiver Mosby; 2011.
- XXXIII. Sgulan Chen J. L. Comparison between ultrasonic irrigation and syringe irrigation in clinical and laboratory studies. *Journal Oral Science*. 2016; 58(3).
- XXXIV. Sluis L. W. M. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*. 2007; 40(6).
- XXXV. Gianluca Plotino N. M. G. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Jjournal Aplly Oral Science*. 2019; 7(27).
- XXXVI. Plotino G. New Technologies to Improve Root Canal Desinfection. *Brazil Dent*. 2016; 27(1).
- XXXVII. Pablo Bentancourt J. A. Laser Activated Irrigation in Endodontics. *International Journal of Odonto Stomatology*. 2021; 15(3).
- XXXVIII. Jain P. Current Therapy in Endodontics. 1st ed. Jain P, editor. Dubai: Wiley Blackwell; 2016.
- XXXIX. Jon D Koch DEJ. Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clinical Oral Investination*. 2016; 20(2).
- XL. Betancourt Pablo J. y M. S. Er,Cr:YSGG Laser-Activation Enhances Antimicrobial and Antibiofilm Action of Low Concentrations of Sodium Hypochlorite in Root Canals. *Antibiotics (Basel)*. 2019; 22(8).
- XLI. Jaramillo David E. y E. A. Root canal disinfection comparing conventional irrigation vs photon-induced photoacoustic streaming

- (PIPS) using a buffered 0.5 % sodium hypochlorite solution. *Evid.-based endod.* 2016; 1(6).
- XLII. De Meyer S. y M. A. M. Effect of laser-activated irrigation on biofilms in artificial root canals. *International Endodontic Journal.* 2017; 50(5).
- XLIII. Huiz Peeters Harry y K. S. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *Journal Endodontic.* 2011; 31(11).
- XLIV. Peters Ove A. y S. B. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal Endodontic.* 2011; 37(11).
- XLV. Arslan D, Kustarci A. Efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming on apically extruded debris with different preparation systems in curved canals. *International Endodontic Journal.* 2018;51(Suppl 1):e65–e72. doi: 10.1111/iej.12816.
- XLVI. Harry Huiz P. y K. S. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *Journal Endodontic.* 2011; 31(11).
- XLVII. Xiaofei Zhu XY. Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. *Photomed Laser Surgery.* 2013; 31(8).
- XLVIII. Matjaz Lukac GO. Determination of Optimal Separation Times for Dual-Pulse SWEEPS Laser-Assisted Irrigation in Different Endodontic Access Cavities. *Lasers in Surgery and Medicine.* 2020; 53(7).

- XLIX. Tomaz Ivanusic M. L. SSP/SWEEPS Endodoncia con SkyPulse Er: YAG Dental Láser. *Revista de la Academia de Láser y Salud*. 2019; 1(1).
- L. Nejc Lukac M. J. Amplification of pressure waves in laser-assisted endodontics with synchronized delivery of Er:YAG laser pulses. *Lasers and Medical Science*. 2018; 33(4).
- LI. K. M. Galler, V. Grubmuller. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *International Endodontic Journal*. Agosto 2019. 52(8).
- LII. Meza F. J. Passive Ultrasonic Irrigation Techniques to be Replaced by. *Journal of Laser-Assited Dentistry*. 2022; 5(5).
- LIII. Quy Linh Do AG. The Efficiency of the Er: YAG Laser and Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS) as an Activation Method in Endodontic Irrigation: A Literature Review. *Journal Lasers Medical and Sciene*. 2020; 11(3).
- LIV. Baddal SCyB. The Effectiveness of Laser-Activated Irrigation on the Apical Microleakage Qualities of MTA Repair HP and NeoMTA Plus in Simulated Immature Teeth: A Comparative Study. *Materials*. 2020; 13(15).
- LV. Qin Huang ZL. Current Applications and Future Directions of Lasers in Endodontics: A Narrative Review. *Bioengineering*. 2023; 10(3).
- LVI. Johannes-Simon Wenzler y Wolfgang F. Impact of Adjunctive Laser Irradiation on the Bacterial Load of Dental Root Canals: A Randomized Controlled Clinical Trial. *ANTibiotics*. 2021; 10(12).
- LVII. Abdullah N. M. y A. Comparison between Laser and Sodium Hypochlorite in the Disinfection during Root Canal Treatment. *Annals of Clinical and Analytical Medicine*. 2022.
- LVIII. Fotona. Fotona Chose perfection. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abrilde 2023. Disponible en:



<https://www.fotona.com/en/products/5626/skypulse-line/>  
<https://www.fotona.com/en/products/5626/skypulse-line/>

- LIX. INDO CM. Central Medical INDO. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abril de 2023. Disponible en: **HYPERLINK** "https://www.centramedicalinndo.com/product/fotona-skypulse-dental-laser/"  
<https://www.centramedicalinndo.com/product/fotona-skypulse-dental-laser/> .
- LX. Sirona D. Dentsply Sirona. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abril de 2023. Disponible en: **HYPERLINK** "https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/instrumentos/laser/sirolaser-blue.html"  
<https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/instrumentos/laser/sirolaser-blue.html> .
- LXI. Store AM. Active Medical Store. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abril de 2023. Disponible en: **HYPERLINK** "http://activemedicalstore.com/products.php?product=SIROLaser-Blue-Diode-Laser"  
<http://activemedicalstore.com/products.php?product=SIROLaser-Blue-Diode-Laser> .
- LXII. Roentgen. Roentgen. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abril de 2023. Disponible en: **HYPERLINK** "https://www.tudepositodental.com/equipos-dentales/2345-laser-dental-d-laser-blue-woodpecker-dba.html"  
<https://www.tudepositodental.com/equipos-dentales/2345-laser-dental-d-laser-blue-woodpecker-dba.html> .
- LXIII. Shinodadental. Shinodadental. [Online]; 2023. Acceso 3 de Abril de 2023. Disponible en: **HYPERLINK** "https://shinodadental.com/product/opus-duo/"  
<https://shinodadental.com/product/opus-duo/> .

