



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**BENEFICIOS DEL USO DE LÁSER DE BAJA POTENCIA  
EN TRATAMIENTOS DE ORTODONCIA.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

LIZ MARIANA DELGADO DELGADO

TUTOR: Esp. MARÍA TALLEY MILLAN

MÉXICO, Cd. Mx.

2024



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.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MI FAMILIA**

POR SER MI PILAR A LO LARGO DE ESTE CAMINO, POR NUNCA DEJAR  
DE CREER EN MI, POR SU APOYO Y AMOR INDONCONDICIONAL

MAMÁ, PAPÁ Y ABUELOS, POR USTEDES SOY LO QUE SOY, GRACIAS.

A MI HERMANO EZEQUIEL, POR TUS ENSEÑANZAS, POR TODO TU  
CARIÑO Y PACIENCIA.

### **A MIS AMIGOS**

POR SIEMPRE CREER EN MI Y AYUDARME A NO RENDIRME A LO LARGO  
DE ESTE CAMINO Y POR TODO LO QUE VIVIMOS JUNTOS EN LA  
FACULTAD

### **A MI TUTORA**

POR SU APOYO Y PACIENCIA, GRACIAS

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>I</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>III</b>
<b>CAPÍTULO 1. LÁSER.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 COMPONENTES.....	2
1.2.1 PRINCIPIOS FÍSICOS .....	6
1.2.2 PROPIEDADES DE LA LUZ LÁSER .....	7
1.3 MODOS DE EMISIÓN.....	7
1.4 TIPOS DE LÁSER.....	8
1.4.1 POR SU POTENCIA.....	8
1.6.2 POR SU MEDIO ACTIVO.....	9
<b>CAPITULO 2. USO DEL LASER EN ODONTOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
2.1 USO DEL LÁSER EN ORTODONCIA.....	14
<b>CAPITULO 3. ALIVIO DEL DOLOR.....</b>	<b>16</b>
3.1 DOLOR.....	16
3.1.1 FISIOLÓGÍA DEL DOLOR.....	16
3.1.2 DOLOR EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA.....	18
3.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA.....	21
<b>CAPITULO 4. ACELERCIÓN DEL MOVIMIENTO DENTAL.....</b>	<b>24</b>
4.1 MOVIMIENTO DENTAL EN ORTODONCIA .....	24
4.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA.....	25
<b>CAPÍTULO 5. DISMINUCIÓN DE LA REABSORCIÓN RADICULAR.....</b>	<b>27</b>
5.1 REABSORCIÓN RADICULAR.....	27
5.1.1 REABSORCIÓN RADICULAR EN ORTODONCIA.....	27

5.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA .....	29
<b>CAPITULO 6. EL LÁSER COMO CENTRO DE OBTENCIÓN DE BENEFICIOS ADICIONALES .....</b>	<b>30</b>
6.1 COSTO DE ADQUISICIÓN.....	30
6.2 RETORNO DE INVERSIÓN.....	30
6.3 PREPARACIÓN DEL PACIENTE.....	.31
6.3.1 CONTRAINDICACIONES.....	.31
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>

# INTRODUCCIÓN

Durante más de tres décadas la ciencia ha ido progresando en diversas disciplinas, y uno de los avances más destacados del siglo XX fue el desarrollo del láser. En los últimos años esta tecnología se ha ido introduciendo en distintas áreas médicas como Fisioterapia, Odontología, Dermatología, Otorrinolaringología, entre otras. En el ámbito de la odontología, cada vez son más los campos de aplicación de los distintos tipos de láser en cuanto a su uso para tratar distintas afecciones bucales.

La palabra “LASER” proviene de las siglas en inglés “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” (Luz Amplificada por Emisión Estimulada de Radiación) y se basa en los principios teóricos que estableció Albert Einstein, lo cual permite obtener luz con propiedades específicas diferentes a la luz ordinaria y con una concentración alta de energía.

Existen los láseres de alta potencia los cuales se consideran quirúrgicos ya que la alta energía que poseen permite cortar, vaporizar o coagular los tejidos. Por otro lado, está el láser de baja potencia, que por sus efectos analgésicos y antiinflamatorios se usan de manera convencional en la práctica odontológica, los más utilizados son los de Arseniuro de Galio, y los Arseniuro de Galio y Aluminio.

A través de los años, en el área de ortodoncia se ha observado un aumento en la demanda en cuanto a la accesibilidad y una mayor necesidad por parte de los pacientes para que los tratamientos sean más cortos y menos molestos. La duración de los tratamientos ortodóncicos depende de diferentes factores como el diagnóstico, la complejidad del caso, plan de tratamiento, tipo de aparatos utilizados, cooperación del paciente, entre otros. Teniendo en cuenta que esto va acompañado de algunos efectos secundarios como reabsorción radicular, molestia y dolor causado por la aparatología y la carga médica.

La investigación ha demostrado que la terapia con láser de baja potencia contribuye a promover procesos de remodelación en el hueso alveolar al incrementar la cantidad de osteoblastos y osteoclastos. El uso de láser de baja potencia en esta área se ha implementado para reducir los efectos secundarios de los tratamientos ortodónticos, mejorando la experiencia del paciente durante el tiempo que dure su tratamiento.

## **OBJETIVO**

Conocer mediante una revisión bibliográfica la terapéutica del láser de baja potencia, su aplicación, mecanismo de acción y los beneficios que tiene su uso en los tratamientos de Ortodoncia.



# CAPÍTULO 1. LÁSER

## 1.1 ANTECEDENTES

Las primeras investigaciones sobre el láser fueron propuestas por Albert Einstein en 1917 (Fig.1), las cuales consistían en cómo los electrones pueden emitir una luz con propiedades específicas, con un alto grado de concentración energética, a partir de una intervención externa. <sup>1</sup>

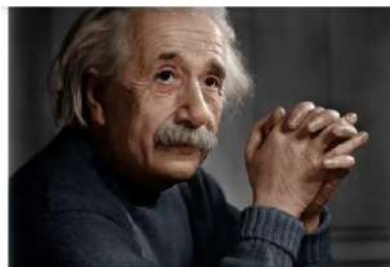


Figura 1. Albert Einstein

Para 1960 Theodore Maiman construyó el primer láser de rubí en Malibú California (Fig.2). Este láser consistía en una barra de rubí de un centímetro de diámetro, a la que se enrolló una lámpara helicoidal de xenón y los extremos fueron recubiertos por una película reflectiva, los cuales funcionaban como espejos. Al producir destellos de luz intensos, que provocan una inversión de población en el sistema emitiendo fotones que completan un gran número de ciclos reflejándose en los espejos dentro de la cavidad, hasta que el dispositivo emitió pulsos con una longitud de onda centrada en el rojo. A partir de esto los avances en este campo han sido continuos, apareciendo diferentes tipos de láseres tales como el láser de diodo en 1962. <sup>1</sup>

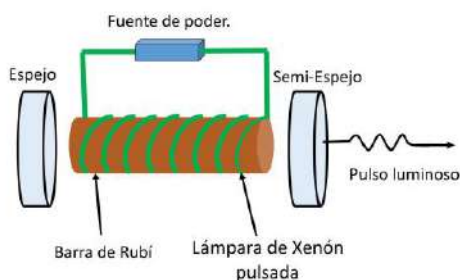


Figura 2. Esquema del láser de rubí



Figura 3. Theodore Maiman

En 1963 el Dermatólogo Leon Goldman fue pionero en el uso de láseres como tratamiento de algunas enfermedades de la piel, posteriormente en 1965 fue quien realizó la primera aplicación “in vivo” utilizando el láser de rubí en el diente de su hermano que era odontólogo. Tras la intervención, el paciente refirió que no había experimentado dolor en ningún momento, ni durante ni después de la exposición al láser. <sup>2,3</sup>

## 1.2 COMPONENTES

El láser tiene 3 componentes fundamentales (Fig.4):

- a) Cavity óptica resonante: esta está formada por dos espejos dispuestos frente a frente, lo cual permite que la luz se desplace de ida y vuelta repetidamente.
- b) Un material (sólido, líquido o gaseoso): llamado medio activo, el cual llena la cavidad entre los dos espejos y amplifica la luz que viaja por él. El efecto amplificador del medio activo es por la emisión estimulada que fue descubierta por Einstein, consiste en que los fotones emitidos por los átomos excitados estimulan la emisión de fotones por otros átomos.
- c) Mecanismo de bombeo: es la parte por la cual se va a aportar energía al medio activo para excitar sus átomos o moléculas a niveles energéticos superiores.<sup>4</sup>

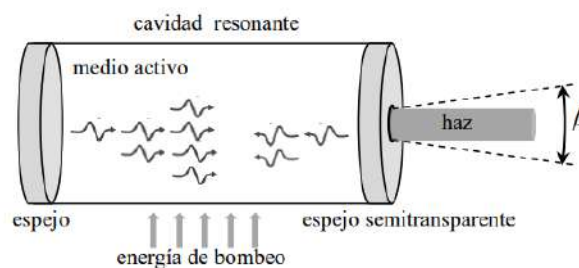


Figura 4. Componentes del láser

### 1.3 PRINCIPIOS FÍSICOS

El funcionamiento del láser se basa en el fenómeno de la emisión estimulada postulada por Albert Einstein. En condiciones normales, los electrones de un átomo tienden a permanecer en su nivel de energía más bajo. Sin embargo, estos electrones pueden sufrir transiciones entre dos niveles energéticos, absorbiendo o emitiendo energía.<sup>5</sup>

Cuando el electrón se encuentra a un nivel excitado y baja a un nivel menos energético de manera espontánea, va a liberar energía en forma de fotón y a esto se le llama emisión espontánea.

Cuando el electrón se encuentra en un nivel excitado y baja a otro nivel de energía no emite fotón. En este caso un fotón con energía va a inducir una emisión de un fotón con la misma energía, polarización y dirección, se le llama emisión estimulada. (Fig.5).<sup>5</sup>

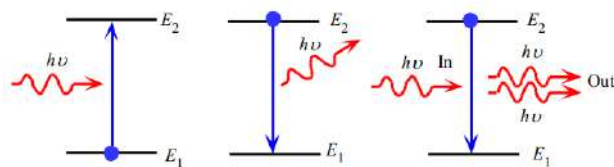


Figura 5. Proceso que sufren los electrones

Si suministramos energía al sistema en forma de energía electromagnética, ya sea mediante descargas eléctricas o luz en forma de fotones, esta energía será absorbida por la fuente de láser y provocará la excitación de los electrones. Cuando un electrón excitado regrese a su estado de reposo, se formará un nuevo fotón. Si este fotón choca con otro átomo, estimulará la excitación de otros electrones, que a su vez liberarán nuevos fotones.

Cuando estos fotones choquen con el espejo, cambiarán su dirección hacia el espejo de salida, que contiene una abertura por la cual emitirá hacia el exterior un haz de fotones y esto conformará el haz de luz láser.<sup>6</sup>

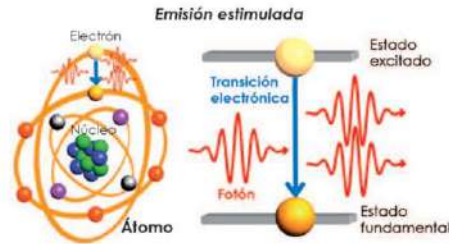


Figura 6. Formación del haz de luz láser

## 1.4 PROPIEDADES DE LA LUZ LÁSER

Las propiedades que permiten generar el haz de luz con longitud de onda definida, fotones paralelos y en fase son (Fig.7):

- Coherencia: una onda electromagnética es coherente cuando su fase no varía a través del espacio, esto es, que los átomos que salgan van a ser iguales a los que pasen por la fuente.<sup>6</sup>
- Cromaticidad: tiene solo una longitud de onda. Emite un intervalo de frecuencias lo suficientemente estrecho para que se considere monocromática.<sup>7</sup>
- Colimación: significa que es unidireccional, el haz de luz no se va a dispersar al momento que sale de la fuente, como sucede con otros haces luminosos.<sup>6</sup>

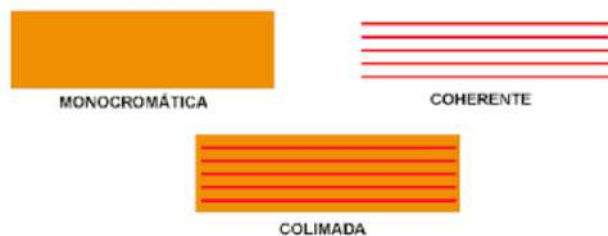


Figura 7. Propiedades de la luz láser

## 1.5 MODOS DE EMISIÓN

Los láseres pueden emitir la energía lumínica de 2 formas como una función del tiempo: constante y pulsado, que a la vez esta última se puede dividir en controlado y de circulación libre.

1) Modo de onda continua:

Cuando el haz se emite a un nivel único de potencia durante el tiempo que el operador esté activando el láser.<sup>8</sup>

2) Modo de pulso controlado:

Cuando existen alternancias de la energía láser, parecido a una luz que parpadea. Los dispositivos quirúrgicos que funcionan con onda continua tienen este elemento de cierre controlado, se producen pulsos muy cortos de microsegundos.

3) Modo de pulso de circulación libre:

En este modo de emisión se permiten grandes picos de energía que duran milisegundos, seguidas de un tiempo en el cual el láser se encuentra apagado, como la duración del pulso es corta, la potencia que recibe el tejido es pequeña.<sup>8</sup>

## 1.5 TIPOS DE LÁSER

### 1.5.1 POR SU POTENCIA

a) Alta potencia:

Este tipo de láser también puede ser llamados de alta energía o quirúrgico, estos tienen un efecto térmico, y son capaces de concentrar una gran cantidad de energía en un área reducida y gracias a esto tiene la capacidad de corte, coagulación y vaporización de los tejidos.<sup>9</sup>

b) Baja potencia

Este tipo de láser también es llamado láser blando o láser terapéutico, este carece del mismo efecto térmico que los láseres de alta potencia, su superficie de acción es mayor, así que el calor se dispersa de modo que produce efectos de bioestimulación celular, regeneración tisular, alivio de dolor y aceleramiento del proceso de cicatrización. La potencia de este tipo de láser no sobrepasa los 0.5 W.<sup>10</sup>

## 1.5.2. POR SU MEDIO ACTIVO

Por su medio activo, podemos clasificar estos láseres en:

a) Líquido:

También es llamado láser de colorante y su medio activo se basa en una disolución de compuestos orgánicos colorantes en líquidos como metanol o agua. Su longitud de onda se encuentra entre 400- 800nm, la excitación se produce mediante bombeo y la emisión en forma de pulso. Este tipo de láser es comúnmente utilizado en Dermatología, al observar que la ráfaga de luz es absorbida por vasos sanguíneos y la pigmentación de la de la piel, es decir que se utiliza para tratar lesiones vasculares.<sup>7,11</sup>

b) Sólido:

Este tipo de láseres se encuentran en esta clasificación debido a que su medio activo es un cristal o vidrio, el cual está cargado con iones para que se emita la radiación láser. Para su bombeo se utiliza habitualmente luz LED o algún otro tipo de láser.<sup>7</sup>

- Er: YAG

Este tipo de láser tiene como medio activo un cristal de YAG (Itrio, Aluminio, Granate) con moléculas de Er (Erbio). Tiene una longitud de onda de 2940 nm, indicado para un uso preciso en tejidos. La energía del láser tiene una profundidad de penetración de 5 $\mu$ , es absorbido por el agua, entonces se produce una ablación con una interacción superficial en los tejidos irradiados, sin que exista algún daño severo a los tejidos adyacentes. Se utiliza en tejidos blandos y duros, tiene uso en procedimientos como alargamientos de corona, remoción de granulomas, remoción de esmalte.<sup>8,12</sup>

- Nd: YAG

Este tipo de láser tiene como medio activo un cristal de YAG (Itrio, Aluminio, Granate) con moléculas de Nd (Neodimio). Tiene una longitud de onda de 1064 nm, con una penetración de 2 a 8 $\mu$ , es absorbido mayormente por melanina, es menos absorbido por hemoglobina y ligeramente absorbida por agua. Es un láser de pulsado de circulación, se utiliza para eliminar tatuajes, eliminación de verrugas, eficaz para producir hemostasia y coagulación, en medicina se utiliza para cortar y en odontología para gingivectomía, alargamiento de corona, lesiones en la mucosa, entre otros (Fig.8).<sup>13,14</sup>

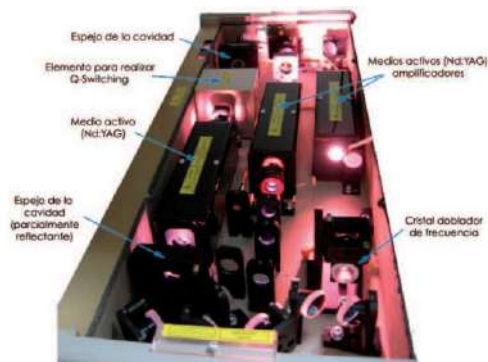


Figura 8. Láser de Neodimio

- Diodos

Estos tipos de láser están constituidos por su medio activo sólido, por un semiconductor, utilizando una combinación de Galio, Arsenio y otros elementos como el Aluminio o el Indio. Su longitud de onda va entre los 810 – 980nm. Se pueden emitir de manera continua o en pulsos, emiten con una potencia entre 0.5 W y 15W (Fig.9).<sup>8,15</sup>

Los láseres de diodo de baja potencia son de baja energía y tienen una potencia media de 1-100 mW, su uso en la medicina está basado en sus efectos de bioestimulación de los tejidos y su acción analgésica.<sup>15</sup>



Figura 9. Láser de diodo. Marca DIAGNOdent.

c) Gaseoso:

Este tipo de láseres utilizan como medio activo un gas o una mezcla de gases.

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El bombeo por el cual este tipo de láser funciona es con ayuda de otro gas, en este caso será nitrógeno, que transfiere la energía al CO<sub>2</sub>. Estos láseres pueden emitir una onda continua o en pulsos de duración variable, su longitud de onda es de 10.600nm y tiene una penetración de 0.5mm. Emiten la energía de manera pulsada y esto permite que tengan un mayor control de la energía, entonces su aplicación será más segura y efectiva.<sup>7,8</sup>

- Helio- Neón:

Compuesto por estos elementos como su nombre lo dice: helio (85%) y neón (15%), este láser fue uno de los primeros que se inventaron, tiene múltiples usos ya que es un láser que no requiere una alta potencia. Su longitud de onda es de 632.8nm tiene una emisión de onda continua, tiene una potencia menor a 1mW. También se le considera un láser de uso terapéutico.<sup>7</sup>



## CAPITULO 2. USO DEL LÁSER EN ODONTOLOGÍA

El láser fue uno de los descubrimientos más innovadores del siglo XX, conforme la ciencia ha avanzado el láser también lo ha hecho y en las últimas décadas se le han dado diferentes utilidades en el área médica, tratando diferentes afecciones en distintas áreas. En el ámbito odontológico, se comenzaron las primeras publicaciones con propiedades analgésicas que podría tener principalmente el láser de baja potencia. Igualmente generó un impacto en casos de remodelación ósea y efectos antiinflamatorios en el periodonto, así como efectos cicatrizantes y hemostáticos.<sup>16</sup>

Han sido diferentes áreas de la Odontología en las cuales el láser ha tenido un gran desarrollo:

### a) Periodoncia

- Al reducir la inflamación gingival después del raspado y alisado radicular, se presenta un pronóstico más favorable.
- En combinación con injertos óseos se puede esperar una aceleración en la regeneración del hueso.<sup>8</sup>

### b) Cirugía

- Se emplea para obtener una mejor cicatrización después de algún procedimiento y minimizar la inflamación postoperatoria (Fig. 10).

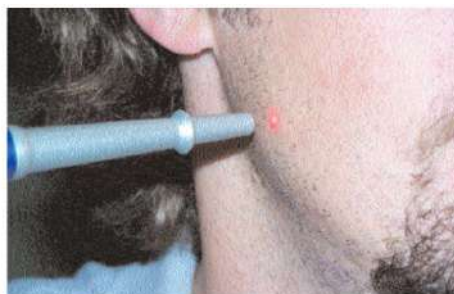


Figura 10. Aplicación del láser del diodo de baja potencia para minimizar la inflamación postoperatoria

c) Extracciones

- Se reduce la fase inflamatoria, disminuye el dolor, se estimulan los fibroblastos de la periferia de la herida y estimula los osteoblastos en el alveolo (Fig.11).<sup>8</sup>



Figura 11. A. Alvéolo inmediatamente después de una extracción dental. B. Alvéolo de la extracción después de la irradiación con láser con empleo de una longitud de onda de 650nm a 30mW, 1 día después de la extracción

d) Endodoncia

- Cuando hay pulpitis se puede aplicar láser sobre el área afectada, teniendo un efecto antiinflamatorio.
- Después de una sobreinstrumentación y sobreobturación, puede estimular la formación de hueso, la resorción ósea apical se puede curar más rápido después de terminar un tratamiento endodóntico.<sup>8</sup>

e) Hipersensibilidad dentinaria:

- Aunque la parte de la hipersensibilidad se maneja en la obliteración de los túbulos dentinarios, se ha demostrado que el láser no modifica a los mismos, pero produce un efecto en la capa odontoblástica, estimula la formación de dentina secundaria y reduce la inflamación.

f) Trastornos temporomandibulares

- La terapia con láser se ha utilizado para reducir los signos y síntomas de la afección, por sus efectos bioestimulantes, regenerativos, analgésicos y antiinflamatorios.<sup>8</sup>

g) Trismus

- El tratamiento consiste en terapia física y farmacoterapia, el láser se puede utilizar como apoyo para disminuir el dolor y promover la relajación de la musculatura facial y facilitar los movimientos mandibulares.<sup>1</sup>

h) Herpes labial

- El láser se aplica en el periodo prodrómico, la ampolla herpética desaparece entre 2 a 3 días. Se puede utilizar en el periodo de latencia para disminuir su recurrencia (Fig.12).<sup>8</sup>



Figura 12. A. Vista preoperatoria de un paciente con una erupción herpética en el labio inferior. La zona se trató con un láser de 808 nm a 500 mW. B. Vista un día después de la operación. Las lesiones han formado costras y

## 2.1 USO DEL LÁSER EN ORTODONCIA

El objetivo de los tratamientos de ortodoncia es poder lograr una oclusión óptima, que impliquen las menores complicaciones y no tengan un periodo de tiempo muy largo, esto involucra varios factores como el diagnóstico, la complejidad del caso, el plan de tratamiento, aparatología y la cooperación del paciente, esto último implica que algunos pacientes asocian el dolor con ortodoncia y esto automáticamente provoca un rechazo al tratamiento.<sup>18,19</sup>

En los últimos años se ha demandado por parte de los pacientes que los tratamientos ortodóncicos sean de menor duración. Cuando un tratamiento es de larga duración puede traer algunos efectos secundarios como gingivitis,

reabsorción radicular, existe un riesgo mayor a caries, manchas blancas, acumulación de biofilm y hasta enfermedad periodontal, es así que el uso del láser ha buscado disminuir estos efectos.<sup>18</sup>

El láser de baja potencia en esta área se ha utilizado por sus efectos analgésicos, antiinflamatorios, aceleración del movimiento dental y regeneración ósea después de una expansión palatina.

Durante el tratamiento de ortodoncia, al colocar la aparatología o posterior a realizar los ajustes correspondientes, las cargas y fuerzas pueden provocar un proceso inflamatorio en el ligamento periodontal, que puede causar dolor, esto provoca una experiencia desagradable y es por ello es por lo que a veces el tratamiento es rechazado por los pacientes. Algunos autores han aprovechado las propiedades analgésicas del láser para tratar estas molestias.<sup>19,20</sup>

El láser de baja potencia se ha utilizado, además, para promover resultados terapéuticos y bioestimulantes, así como la angiogénesis y la mitogénesis, esto debido a diferentes efectos celulares que han demostrado estudios en trabajos *in vitro*.<sup>20</sup>

## CAPITULO 3. ALIVIO DEL DOLOR

### 3.1 DOLOR

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor lo define como “Una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada a una lesión tisular real, potencial o descrita en términos de tal daño”.<sup>20</sup>

El dolor es un mecanismo de defensa, por el cual se detecta y localiza algún proceso que daña a nuestro cuerpo, aunque también puede o no estar vinculado a una lesión patológica.<sup>21</sup>

#### 3.1.1 FISIOLOGÍA DEL DOLOR

Existen dos tipos de receptores de dolor, también conocidos como nociceptores. Estos responden a estímulos tanto térmicos como mecánicos. Los que se comunican rápidamente a través de fibras mielinizadas son las A $\delta$ , mientras que los que están conectados a fibras amielínicas, conocidas como fibras C, tienen una conducción más lenta y responden a estímulos como la presión y temperatura. Los nociceptores son estructuras nerviosas con terminaciones libres y sus cuerpos celulares se encuentran en las raíces dorsales, extendiéndose hasta la médula espinal. <sup>21,22</sup>

Además de desencadenar la señal, los nociceptores también liberan mediadores como la sustancia P, leucotrienos, bradicininas, serotonina, histamina, acetilcolina, tromboxanos, activador de plaquetas, prostaglandinas, factor de necrosis tumoral y citocinas. <sup>21</sup>

Proceso neuronal de la señal del dolor

#### 1. Transducción:

Se refiere al proceso por el cual el estímulo nociceptivo se convertirá en señal eléctrica en los nociceptores, estos responden a diferentes estímulos, ya sean mecánicos, químicos o térmicos. La liberación de neurotransmisores permite el

reflejo axonal, que va a originar cambios reconocidos como indicadores de dolor. El dolor es resultado de la activación de nociceptores debido a la liberación de neurotransmisores y por la disminución del umbral de la respuesta de las fibras nociceptivas.<sup>22</sup>

## 2. Transmisión:

Es la fase de procesamiento de la señal nociceptiva, la información de la periferia es transmitida a la médula espinal, luego al tálamo y finalmente llega a la corteza cerebral; esa información es transmitida a través de las fibras A delta y fibras C.

Los nociceptores van a transmitir la señal a través de la liberación de neurotransmisores específicos como el glutamato y la sustancia P. Las fibras hacen sinapsis en una neurona de segundo orden en la capa superficial de la médula espinal, esta neurona enviará su axón a través de la línea media y formará el fascículo espinotalámico que conduce hasta el tálamo. Ya en el tálamo se inicia la interpretación de los estímulos nociceptivos, que van a seguir a la corteza cerebral (Fig.13).

Las neuronas de segundo orden en el asta posterior de la médula espinal también pueden cambiar los patrones de respuesta en caso de descarga de fibras aferentes (cuando hay una lesión).

## 3. Modulación:

En esta fase se representan los cambios que se producen en el sistema nervioso en respuesta a los estímulos, permite que las señales nocivas recibidas en el asta posterior de la médula espinal sean inhibidas selectivamente debido a que el sistema de modulación del dolor está formado por neuronas intermedias dentro de la capa superficial de la médula espinal y tractos neurales descendentes.<sup>22</sup>

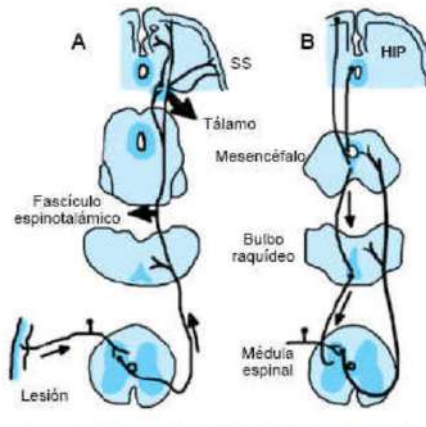


Figura 13. Transmisión y modulación del dolor

### 3.1.2 DOLOR EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA

El dolor experimentado durante el tratamiento de ortodoncia se origina a partir de los movimientos dentales. Cuando se aplica fuerza a los dientes, se activan los receptores sensoriales en los tejidos periodontales, dando como resultado una cascada de procesamiento y transducción del dolor nociceptivo en el sistema nervioso central y periférico. En este proceso se involucran respuestas celulares, vasculares, neurales e inmunológicas que trabajan en conjunto para generar tanto el dolor como la inflamación (Fig.14).<sup>23</sup>

Reacciones que se van a presentar en el proceso de dolor e inflamación:

➤ Reacciones vasculares:

Cuando se ejerce fuerza sobre los dientes, los vasos sanguíneos se comprimen, generando una falta de oxígeno en la zona afectada, lo que resulta en un aumento de la respiración celular sin oxígeno en las células periodontales. Las señales locales desencadenan respuestas de dolor a través de ASIC3, un canal de iones sensible a ácidos que tiene al ion H<sup>+</sup> como su receptor. Después de aplicar la presión, se crea un entorno ácido a nivel microscópico, y ASIC3 se une a las terminaciones sensoriales periodontales, desencadenando así la sensación de dolor.

ASIC3 detecta la sensación dolorosa y la transmite a las neuronas ubicadas en los ganglios del trigémino. Posteriormente, estas neuronas son estimuladas para liberar mediadores que causan una expansión de los vasos sanguíneos en la zona afectada y aumentan la inflamación local. Al mismo tiempo, se activan las terminaciones sensoriales del trigémino, lo que resulta en la liberación de CGRP y la amplificación del dolor ortodóncico.

El microambiente ácido e isquémico que se presenta enciende a fibroblastos y células endoteliales periodontales para que liberen NO (óxido nítrico), el cual aumenta la permeabilidad vascular periodontal y se reclutan neutrófilos, linfocitos y monocitos. Una vez que estas células liberan mediadores inflamatorios, aumentan la inflamación local y es cuando se presenta el dolor.<sup>23</sup>

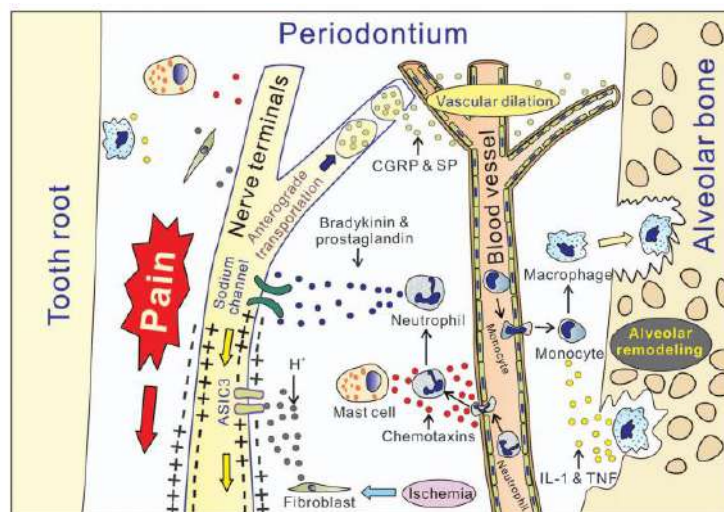


Figura 14. Proceso de dolor en ortodoncia

### ➤ Reacciones celulares

Después de que se produce la inflamación del periodonto, se observa un aumento en la permeabilidad de los vasos sanguíneos, lo que conlleva al reclutamiento e infiltración de diversas células como neutrófilos, mastocitos, macrófagos, células T y monocitos en los tejidos periodontales. Los mastocitos y macrófagos liberan mediadores que facilitan la atracción de leucocitos hacia los tejidos periodontales. Algunos de estos mediadores incluyen la histamina y



el TNF- $\alpha$ , que estimulan la expresión de proteínas de adhesión en las células endoteliales de los vasos sanguíneos, estas proteínas de adhesión permiten que los leucocitos se adhieran y atraviese las paredes vasculares para llegar a los tejidos periodontales.

Una vez que los leucocitos abandonan la circulación sanguínea, se dirigen hacia las áreas inflamadas de los tejidos periodontales hacia el área inflamada en el periodonto, este proceso se rige por sustancias quimiotácticas.<sup>23</sup>

➤ Reacciones químicas:

Las células anteriormente mencionadas liberan una gran cantidad de mediadores inflamatorios, quimiocinas y citocinas en el periodonto, IL-6, IL-1, prostaglandinas, TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$ , M-CSF y VEGF, los cuales trabajan en conjunto para desencadenar y amplificar la inflamación local en las primeras etapas del dolor ortodóncico.

➤ Circuitos neuronales y regulación del dolor ortodóncico.

Los estímulos nociceptivos se transmiten a la corteza somatosensorial a través de neuronas de tercer orden.

Las neuronas de primer orden son neuronas del trigémino que están en los ganglios de este, estas neuronas poseen procesos tanto centrales como periféricos, estos discurren hasta la piel de la cara, periodonto, mucosa oral y forman terminaciones sensoriales que reciben sensaciones mecánicas, químicas y nociceptivas.

Sus procesos centrales hacen sinapsis con neuronas de segundo orden, el núcleo del trigémino, que se encuentra en el bulbo raquídeo, el núcleo del trigémino se extiende por casi toda la médula espinal en sentido cefalocaudal.

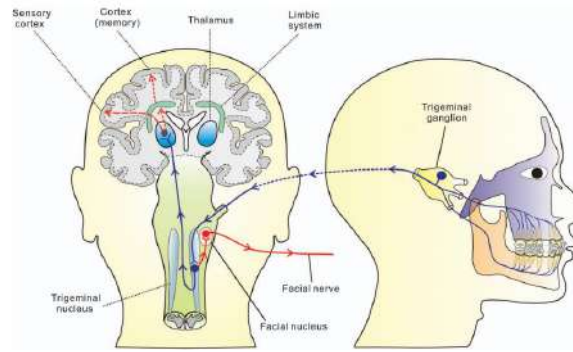


Figura 15. Vías de transmisión del dolor en ortodoncia

Después de que entra a la médula, los axones de las neuronas del trigémino viajan para hacer sinapsis con el núcleo del trigémino, que a su vez manda fibras para formar el tracto trigemotalámico que decusa hacia el lado lateral y asciende para hacer sinapsis con el núcleo ventroposterior del tálamo. Luego el tálamo manda fibras a distintas áreas del cerebro, la amígdala, corteza insular y corteza somatosensorial, estas áreas proyectan fibras para integrar la información del dolor ortodóncico en la corteza sensorial.<sup>23</sup>

### 3.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA

Está documentado que después de la colocación de aparatología y aplicación de fuerzas ortodóncicas se produce un periodo de dolor inicial que dura entre 2-4 días, este dolor es común que comience en las 4 horas siguientes a la aplicación de la fuerza y alcanza su punto más alto al cabo de las 24 horas, este dolor se disipará al cabo del día siete.<sup>20,24</sup>

Ya que el láser tiene efectos analgésicos y antiinflamatorios, es considerado una opción de tratamiento para aliviar las molestias causadas posterior a la colocación de aparatología y aplicación de fuerzas ortodóncicas. Este inhibe la transmisión del estímulo doloroso al interferir en el mensaje eléctrico, actuando sobre las fibras y los receptores del dolor, esto provocará un bloqueo en las fibras de conducción rápida y, lo cual aumenta el umbral del dolor.



Figura 16. Aplicación de láser de baja potencia

La analgesia y la actividad antiinflamatoria se puede dar por la disminución de prostaglandina E2 e interleucina - 1 $\beta$ , debido a la estimulación de la proliferación celular. A nivel celular también se produce una activación de la mitocondria, por lo que se obtiene una mayor producción de ATP, esto se traducirá a un aumento de fagocitosis, síntesis de prostaglandinas, síntesis de proteínas, crecimiento y diferenciación celular.

El láser contribuye a la repolarización de la membrana celular, aumenta las afinidades de unión y se normaliza la situación intra y extracelular, entonces se consigue el efecto de analgesia.<sup>9</sup>

Los efectos del láser de baja potencia van a depender de la onda, intensidad de la dosis, la cantidad de aplicaciones y el tiempo. Diferentes estudios nos mencionan la dosis que se han utilizado para obtener resultados positivos en cuanto al tratamiento para el dolor, se ha descrito la aplicación de láser de baja potencia de diodo con una longitud de onda de entre 810- 830 nm en modo continuo con una potencia de 100- 400 mW (Fig.16).



Figura 17. Puntos de irradiación láser en el primer molar inferior derecho.

## CAPITULO 4. ACELERCIÓN DEL MOVIMIENTO DENTAL

### 4.1 MOVIMIENTO DENTAL EN ORTODONCIA

El movimiento dental es el resultado del cambio dinámico en la forma y composición del hueso y de los tejidos blandos. El tejido dental y periodontal tienen mecanismos de reparación y se adaptarán bajo las fuerzas normales de los aparatos ortodóncicos. <sup>25</sup>

La presión que se mantiene sobre un diente hace que este cambie de posición dentro del espacio del ligamento periodontal, comprimiéndolo en algunas zonas y distendiéndolo en otras. En esta área hay una liberación de citocinas, prostaglandinas y otros mensajeros químicos, el flujo sanguíneo disminuye en el área donde el ligamento periodontal queda comprimido, se mantiene o aumenta en los puntos de tensión del ligamento. Los niveles de oxígeno disminuirán en la zona comprimida y los de dióxido de carbono aumentarán, estos cambios estimularán la liberación de otras sustancias biológicas que posteriormente estimularán la diferenciación y actividad celular (Fig. 18). <sup>25</sup>

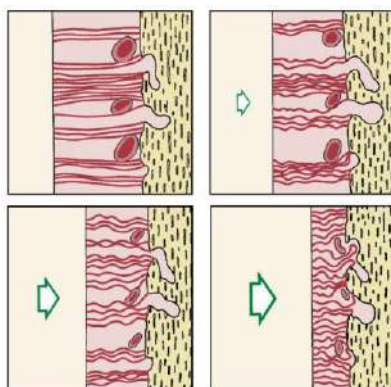


Figura 18. Representación de la compresión de los vasos sanguíneos al aumentar la presión

Las concentraciones de activador del receptor ligando k del factor nuclear (RANKL) y osteoprotegerina (OPG) en el líquido del surco gingival aumentan durante el movimiento ortodóncico, lo que parece indicar que las células del ligamento periodontal sometidas a tensión pueden también inducir a la formación de osteoclastos mediante la regulación al alza de RANKL.

Para que el movimiento dental sea posible, debe haber formación de osteoblastos que puedan eliminar el tejido de la zona adyacente a la parte comprimida del ligamento periodontal. Igualmente se requiere de osteoblastos para formar el nuevo tejido óseo en el área que se ha generado tensión, también para remodelar las zonas reabsorbidas en el lado de presión. Las prostaglandinas estimulan la actividad osteoclástica y osteoblástica, por lo que son adecuadas como mediadoras del movimiento dental.<sup>26</sup>

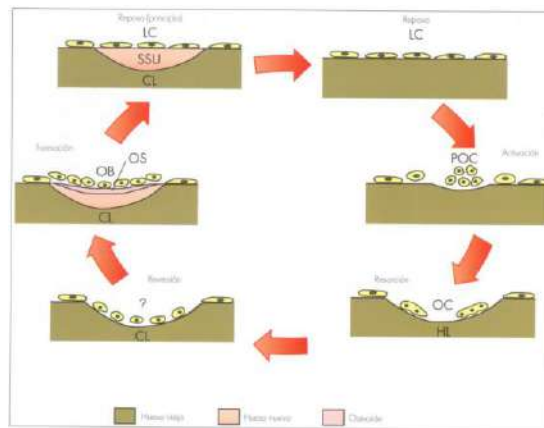


Figura 19. Fases de actividad celular en el remodelado óseo

#### 4.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA

La irradiación con láser estimula la síntesis de ADN y ARN, lo que aumenta la síntesis de proteínas y la formación de ATP. Esto acelera los mecanismos de neoformación y resorción ósea, lo que da como resultado la aceleración del movimiento dental.

La aplicación de láser de baja potencia provoca un aumento de RANKL en el ligamento periodontal, se estimula la proliferación y función de los osteoblastos, aumenta la diferenciación de células precursoras en osteoclastos activados, lo cual aumenta la tasa del movimiento dental.<sup>19</sup>

Se han realizado diversos estudios para confirmar que esta terapia funciona para acelerar el movimiento dental, algunos de ellos no confirman que sea de utilidad para acelerar el movimiento, que se necesitan más estudios para poder confirmar

su utilidad, mientras que otros afirman que hay resultados positivos al utilizar este tipo de terapia a través de estudios en los cuales se comparan grupos placebo y grupos en los cuales si se les aplica el láser y resulta que si hay diferencias en cuanto los milímetros que los dientes se mueven en cierto periodo de tiempo.



Figura 20. Terapia con láser de baja potencia en paciente.

Los estudios que demostraron que el láser si ayuda a acelerar el movimiento dental durante los tratamientos ortodóncicos mencionan que la dosis que se utilizó fue una aplicación por 10 segundos por punto, estos puntos fueron en las regiones apical, media y cervical de la mucosa que recubre las raíces (Fig.21). Se utilizaron láseres de diodos con una longitud de onda de entre 810-940 nm con una potencia de 100 mW. <sup>19</sup>

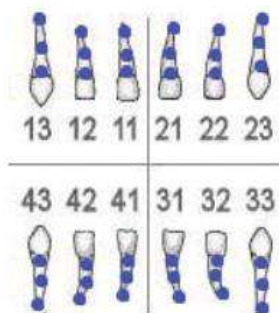


Figura 21. Puntos de aplicación del láser de baja potencia.

## CAPÍTULO 5. DISMINUCIÓN DE LA REABSORCIÓN RADICULAR

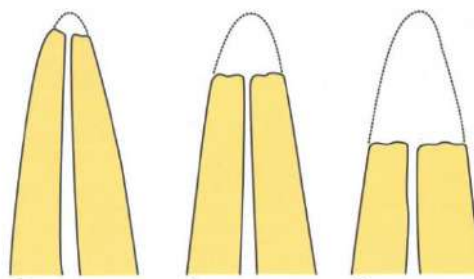
### 5.1 REABSORCIÓN RADICULAR

La reabsorción radicular es un proceso patológico de origen multifactorial que tiene un dominio genético y puede estar relacionado con los tratamientos de ortodoncia, esta se debe distinguir de la reabsorción que es patológica de los procesos de remodelación fisiológica. Este proceso es un fenómeno que no es predecible y debe ser observado radiográficamente.

Esta puede ser externa, en la cual existe pérdida del tejido dentinario y cemento de la raíz, se genera a nivel del ligamento periodontal; la reabsorción es cuando existe una separación patológica de las estructuras dentales mineralizadas, es un daño progresivo o que inicia en las paredes internas de la raíz. <sup>27</sup>

### 5.1 REABSORCIÓN RADICULAR EN ORTODONCIA

La reabsorción radicular es una secuela que suele ser común al finalizar tratamientos de ortodoncia. Las consecuencias pueden variar desde movilidad dental leve que resulta sobre una ligera reabsorción de la raíz hasta la pérdida de dientes por la excesiva de la misma. El acortamiento de las raíces durante los tratamientos de ortodoncia se produce por tres mecanismos diferentes, así se podrá valorar la etiología de esta. <sup>27</sup>



Existen 3 grados de severidad en cuanto a la reabsorción radicular:

Figura 22. Tipos de reabsorción radicular



- a) Reabsorción cementosa o superficial con remodelación.
- b) Reabsorción dentaria con remodelación.
- c) Reabsorción de la raíz apical.

Reabsorción generalizada moderada:

En la mayoría de los casos, en pacientes que se han sometido a tratamientos de ortodoncia se ha revelado alguna pérdida de longitud radicular, la cual tiende a ser mayor en los tratamientos de mayor duración. La reabsorción radicular más frecuente es de los incisivos superiores en comparación con los otros dientes, en la mayoría de los pacientes esta reabsorción suele ser mínima y no alcanza significación clínica.<sup>26</sup>

Reabsorción generalizada grave:

Este tipo de reabsorción no es muy frecuente, algunos pacientes son propensos a presentar reabsorciones radiculares, incluso sin haber estado en tratamiento ortodóncico. Los pacientes que previo al tratamiento, pueden ya presentar una reabsorción y esto significa que el paciente estará expuesto a un riesgo adicional de reabsorción radicular.

Reabsorción localizada grave:

Se refiere a una reabsorción significativa de la raíz de algunos dientes, esto debido a los tratamientos ortodóncicos; por la aplicación de una fuerza excesiva y continua. Así como una duración prolongada del tratamiento.<sup>26</sup>

## 5.2 APLICACIÓN DE LÁSER DE BAJA POTENCIA

Se han realizado diferentes investigaciones en cuanto a su efecto para disminuir la reabsorción radicular durante los tratamientos de ortodoncia. La mayoría de los estudios enfocados a esto se han realizado en distintos grupos de ratas, sometiénolas a fuerzas ortodóncicas y aplicando el láser de diodo con una longitud de onda de 810 nm con una potencia de 100mW, aplicándolo por la parte vestibular y palatina durante 15 segundos. Los estudios nos dicen que el láser puede acelerar el movimiento dental debido al aumento de la actividad de las células osteoclásticas, estimulando el proceso de reabsorción ósea, lo cual conduce a una reducción en las lagunas de reabsorción radicular.<sup>28</sup>

Uno de los estudios que mostró efectos positivos del láser en cuanto a la reabsorción radicular, fue realizado por Doreen et al. en el cual se aplicó un láser de diodo con una longitud de onda de 808 nm con una potencia de 0.18W a modo de pulso en las partes apical, tercio medio, tercio cervical ( por la parte mesial y distal), el tiempo de irradiación fue de 4.5 segundos. Este estudio fue uno de los primeros en demostrar una disminución significativa en la reabsorción radicular por la aplicación del láser de baja potencia.<sup>29</sup>



Figura 23. Puntos de irradiación de láser de baja potencia

Como fue descrito anteriormente, el láser tiene un efecto analgésico y controla la inflamación por su efecto sobre las células que participan en este proceso, aunque actualmente todavía faltan estudios que confirmen que realmente tenga un efecto significativo en cuanto la reabsorción radicular.

## **CAPITULO 6. EL LÁSER COMO CENTRO DE OBTENCIÓN DE BENEFICIOS ADICIONALES**

El uso de láseres debe llevarse a cabo de manera organizada, con una planificación adecuada contribuirá a garantizar una integración exitosa del láser y de cualquier cambio relacionado en la práctica. Para lograr una introducción productiva de láser, es importante que todo el equipo esté comprometido y que cada uno reciba formación en los usos del láser.

### **6.1 COSTO DE ADQUISICIÓN**

El costo es una de las primeras consideraciones para la adquisición de un láser, actualmente el precio de un láser oscila entre los 50,000 a los 200,000 pesos, esto dependiendo del tipo de láser y el fabricante. La relación entre el fabricante y una entidad financiera puede simplificar la transacción, aunque es esencial comparar los honorarios, tarifas y condiciones con otras fuentes de financiamiento.<sup>8</sup>

Otra forma de obtener un láser para su uso en consulta es optar por alquilarlo, aunque este método no es muy común en el ámbito odontológico como lo es en el médico, ya que la odontología se considera una industria “privada” debido a que la mayoría de las consultas son atendidas por una persona.

### **6.2 RETORNO DE INVERSIÓN**

Una vez que el láser es adquirido, se debe producir un retorno de la inversión, esto para quedar igual, no ganar, ni perder. Los ingresos generados por el uso del láser terapéutico deben de cubrir el costo del mismo, así como para el mantenimiento, suministros, y una cantidad extra la cual va a cubrir otros ingresos y de otro modo generar propios ingresos.<sup>8</sup>

Una manera de mantener un equilibrio en cuanto al retorno de inversión es considerar otros beneficios como: nuevos procedimientos a realizar con el láser, procedimientos que no tienen que ser referidos a otro profesional.<sup>8</sup>



Figura 24. Láser terapéutico E-TER



Figura 25. Láser terapéutico LDK100 diller&diller

### 6.3 PREPARACIÓN DEL PACIENTE

El odontólogo ofrecerá al paciente la aplicación del láser dependiendo de las necesidades en cuanto al tratamiento, explicar el motivo por el cual se va a emplear y en que consiste su uso, esto acompañado de un consentimiento informado.

El personal que va a aplicar el láser deberá estar capacitado para poder utilizarlo, conociendo el equipo y la manera en la que debe aplicarlo; en cuanto a la seguridad tanto para el paciente como para el operador, se deberán utilizar lentes protectores, ya que los tejidos oculares podrían verse afectados por la radiación. También es de importancia evitar superficies reflectantes (instrumentos o espejos) cerca de la zona operatoria. <sup>8</sup>

#### 6.3.1 CONTRAINDICACIONES

Mier y Basford nos mencionan las contraindicaciones para el uso del láser terapéutico<sup>9</sup>:

Contraindicaciones absolutas:

- Irradiación directa o indirecta sobre los ojos
- Irradiación de la tiroides
- Presencia de neoplasias
- Epilepsia
- Irradiación en niños por estar en etapa de crecimiento
- Pacientes con marcapasos
- Pacientes con infarto al miocardio reciente<sup>9</sup>

Contraindicaciones relativas:

- Embarazo
- Infecciones bacterianas sin previa receta de antibióticos
- Piel sensible a la luz
- Dolor visceral

Estas contraindicaciones se basan en el efecto que podría tener el láser sobre las células ya sean benignas o malignas.<sup>9</sup>

## **CONCLUSIONES**

El uso del láser de baja potencia ha ido aumentando en las distintas áreas de la Odontología, diferentes investigaciones han demostrado su efecto a nivel celular, lo cual muestra que es efectivo como bioestimulante celular.

Los beneficios del uso del láser de baja potencia en ortodoncia son significativos y han revolucionado de una manera en la que podrían ser utilizados como complemento en los tratamientos ortodóncicos. Su eficiencia y la comodidad que ofrecen en diferentes aplicaciones como el alivio del dolor después de ajustes en aparatología, el aceleramiento del movimiento dental y la reducción de reabsorciones radiculares, aunque de este último punto no exista todavía suficiente evidencia que respalde totalmente su eficacia, se necesitan más estudios en pacientes que lo corroboren.

Es una alternativa la cual puede reducir los efectos secundarios de los tratamientos de Ortodoncia, su integración en esta área representa un avance positivo que tiene beneficios para el paciente y también para el profesional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ibarra H, Pottiez O, Gómez A. El camino hacia la luz láser. Revista Mexicana de Física. Scielo [Internet]. 2018; 64: 100-7. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v64n2/1870-3542-rmfe-64-02-100.pdf>
2. Villa AM, Zuluaga Ál. Láseres en dermatología. Revista CES Medicina [Internet]. 2007; 21(1): 95-109. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2611/261120984010.pdf>
3. Águila M. El láser. Su uso en ortodoncia [Internet]. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. 2020. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2020/art-19/#>
4. La luz láser. Universidad de Valladolid Real Sociedad Española de Física. [Internet]. Disponible en: <https://rsef.es/images/Fisica/P2Luzlaser.pdf>
5. Martínez J. Láseres integrados en dobles tungstos y niobato de litio basados en guías de onda ridge. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. [Internet]. 2015. Disponible en: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/670293/martinez\\_de\\_m\\_endivil\\_varas\\_jon.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/670293/martinez_de_m_endivil_varas_jon.pdf?sequence=1)
6. Banús JM. Física del láser. Archivos Españoles de Urología (Ed impresa) [Internet]. 2008; 61(9): 961-4. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0004-06142008000900003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06142008000900003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
7. Alonso B, et al. El láser, la luz de nuestro tiempo. D.L; 2010. 25-35pp.
8. Convissar R. Láser en odontología: principios y práctica. Barcelona: Elsevier España; 2012. 328p.
9. Trullols C, et al. Aplicaciones del láser blando en odontología. Anales de Odontología [Internet]. 1997; 2:41-651. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/21792/1/130588.pdf>
10. Rosales M, et al. Usos del láser terapéutico en Odontopediatría. Revisión de la literatura. Reporte de casos. International Journal of Dental Sciences [Internet]. 2018;20(3):51-9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/odovtos/ijd-2018/ijd183f.pdf>
11. Pérez J, Yangman M, Gaete M. Eficacia del uso del Láser de Colorante Pulsado para el tratamiento de Rosácea Pápulo Pustulosa: a propósito de un caso. Revista Chilena Dermatológica [Internet]. 2015;31(2): 183-4. Disponible en: [https://www.sochiderm.org/web/revista/31\\_2/20.pdf](https://www.sochiderm.org/web/revista/31_2/20.pdf)
12. Di Stefano R. El láser Er: Yag como alternativa en la práctica odontológica operatoria. Acta Odontológica Venezolana [Internet]. 2004;42(2):72-80. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0001-63652004000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0001-63652004000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
13. Rivera Z, et al. Efectividad del tratamiento con láser Nd- YAG en la reducción del tamaño del poro facial. Medicina Cutánea Ibero-Latinoamericana [Internet]. 2017;45(2):101-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cutanea/mc-2017/mc172c.pdf>

14. Zavaleta D, España A, Berini L, Gay C. Aplicaciones del láser Nd: YAG en Odontología RCOE [Internet]. 2004;9(5):539-45. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1138-123X2004000500005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1138-123X2004000500005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
15. Larrea N, España AJ, Berini L, Gay C. Aplicaciones del láser de diodo en Odontología. RCOE [Internet]. 2004;9(5):529-34. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1138-123X2004000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1138-123X2004000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
16. Belío I, et al. Aplicación del láser terapéutico en algunos movimientos ortodóncicos. Revista Mexicana de Ortodoncia [Internet]. 5(4):231-7. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-ortodoncia-126-pdf-S2395921518300059>
17. Rosales M, et al. Usos del láser terapéutico en Odontopediatría: Revisión de la literatura. Reporte de casos. ODOVTOS- International Journal of Dental Sciences [Internet]. 2018;20(3): 51-59. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/odovtos/ijd-2018/ijd183f.pdf>
18. Yunga Y, et al. Uso del láser de baja potencia en la aceleración del movimiento dental durante el tratamiento ortodóncico: revisión sistemática. [Internet]. Revista Latinoamericana de Ortodoncia Odontopediatría. 2022. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2022/art-68>
19. Cavagnola Zúñiga, Chaple Gil AM, Fernández Godoy E. Láser de baja potencia en Ortodoncia. Revista Cubana de Estomatología [Internet]. 2018; 55(3): 1-11. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0034-75072018000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-75072018000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
20. Lozada García J, Cañete Revé T, Naranjo García A, Castro García RB. Aplicación del láser de baja potencia para el alivio del dolor en pacientes con tratamiento ortodóncico. MEDISAN [Internet]. 2022;21(1):70-82. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v26n1/1029-3019-san-26-01-70.pdf>
21. Del Arco J. Farmacia Comunitaria. Curso básico sobre dolor. Tema 1. Fisiopatología, clasificación y tratamiento farmacológico. ELSEVIER [Internet]. 2015;29(1):36-43. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-X0213932415727485>
22. Piérola Z, Wilfredo J. Bases fisiopatológicas del dolor. Acta Médica Peruana [Internet]. 2007;24(2):35-8. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1728-59172007000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1728-59172007000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
23. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. Int J Oral Sci. 2016;8(2):67-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304399965\\_Current\\_advances\\_in\\_orthodontic\\_pain](https://www.researchgate.net/publication/304399965_Current_advances_in_orthodontic_pain)
24. Wu S, Chen Y, Zhang J, Chen W, Shao S, Zhu L, et al. Effect of low level laser therapy on tooth-related pain and somatosensory function evoked by orthodontic treatment. International Journal of Oral Science [Internet]. 2018;10(22). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29967411/#:~:text=The%20application%>



[20of%20LLLT%20appears,but%20no%20generalized%20QST%20effect](#)  
[S](#)

25. Ravindra N. Biomecánicas y estética. Estrategias en ortodoncia clínica. 1ª ed. AMOLCA;2007.
26. Proffit WF. Ortodoncia contemporánea. 5ª ed. Elsevier España;2013.
27. Macías Villanueva TG, Gutiérrez- Rojo JF, Silva- Zatarain AN. Reabsorción radicular en ortodoncia. 2018;6(18):701-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/tame/tam-2018/tam1818l.pdf>
28. Suzuki SS, Silva A, Suzuki H, Ervolino E, Moon W, Ribeiro MS. Low-level laser therapy stimulates bone metabolism and inhibits root resorption during tooth movement in a rodent model. Journal of BIOPHPTONICS [Internet]. 2016. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/308338946\\_Low-level\\_laser\\_therapy\\_stimulates\\_bone\\_metabolism\\_and\\_inhibits\\_root\\_resorption](https://www.researchgate.net/publication/308338946_Low-level_laser_therapy_stimulates_bone_metabolism_and_inhibits_root_resorption)
29. Doreen N, Chan A, Papadopoulou AK, Dalci O, Petocz P, Darendeliler MA. The effect of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption: a pilot double blind randomised controlled trial. European Journal of Orthodontics. 2018;40(3):317-25.

## REFERENCIAS DE FIGURAS

Figura 1. Disponible en: <https://hipertextual.com/2018/04/albert-einstein-inventor-nevera-giroscopo>

Figura 2. Ibarra H, Pottiez O, Gómez A. El camino hacia la luz láser. Revista Mexicana de Física. Scielo [Internet]. 2018; 64:100-7. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v64n2/1870-3542-rmfe-64-02-100.pdf>

Figura 3. Disponible en: <https://history.aip.org/phn/11606001.html>

Figura 4. La luz láser. Universidad de Valladolid Real Sociedad Española de Física [Internet]. Disponible en: <https://rsef.es/images/Fisica/P2Luzlaser.pdf>

Figura 5. Martínez J. Láseres integrados en dobles tungstatos y niobato de litio basados en guías de onda ridge. [Internet]. Universidad autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias; 2015. Disponible en: [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/670293/martinez\\_de\\_mendivil\\_varas\\_jon.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/670293/martinez_de_mendivil_varas_jon.pdf?sequence=1)

Figura 6. Alonso B, et al. El láser, la luz de nuestro tiempo. D.L.; 2010. 25-35pp.

Figura 7. Disponible en: <http://cpreuni.blogspot.com/2011/02/topicos-de-fisica-moderna-rayo-laser.html>

Figura 8. Alonso B, et al. El láser, la luz de nuestro tiempo. D.L.; 2010. 25-35pp.

Figura 9. Larrea N, España AJ, Berini L, Gay C. Aplicaciones del láser de diodo en Odontología. RCOE [Internet]. 2004;9(5):529-34. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1138-123X2004000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1138-123X2004000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Figura 10. Oltra- Arimon D, España-Tost AJ, Berini- Aytés L, Gay- Escoda C. Aplicaciones del láser de baja potencia en Odontología. RCOE [Internet]. 2004;9(5):517-24. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/rcoe/v9n5/puesta2.pdf>

Figura 11. Convissar R. Láser en odontología: principios y práctica. Barcelona: Elsevier España; 2012. 328 p.

Figura 12. . Convissar R. Láser en odontología: principios y práctica. Barcelona: Elsevier España; 2012. 328 p.

Figura 13. Piérola Z, Wilfredo J. Bases fisiopatológicas del dolor. Acta Médica Peruana [Internet]. 2007;24(2):35-8. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1728-59172007000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1728-59172007000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Figura 14. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. Int J Oral Sci. 2016; 8(2):67-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304399965\\_Current\\_advances\\_in\\_orthodontic\\_pain](https://www.researchgate.net/publication/304399965_Current_advances_in_orthodontic_pain)

Figura 15. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. Int J Oral Sci. 2016; 8(2):67-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304399965\\_Current\\_advances\\_in\\_orthodontic\\_pain](https://www.researchgate.net/publication/304399965_Current_advances_in_orthodontic_pain)

Figura 16. Disponible en: <https://la.dental-tribune.com/news/el-laser-en-ortodoncia-11/>

Figura 17. Heitor M, Quagliato C, Cotrin P, Fialho T, Oliveira RC, Gobbi R, et al. Efficacy of Low- Level Laser Therapy in Reducing Pain in the Initial Stages of Orthodontic Treatment. International Journal of Dentistry. 2022.

Figura 18. Proffit WF. Ortodoncia contemporánea . 5.a ed. Elsevier España; 2013.

Figura 19. Ravindra N. Biomecánicas y estética. Estrategias en ortodoncia clínica. 1.a ed. AMOLCA; 2007.

Figura 20. Disponible en: <https://mafercamargo.com/odontologia-laser/que/>

Figura 21. Casadoumecq AC, Folco A, Iglesias M, Rogé SB, Cavalieri J, Amer M, et al. Fotobiomodulación con láser de baja intensidad en el tratamiento integral ortodóntico: reporte de un caso. Revista de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires [Internet]. 2023; 38(89):23-9. Disponible en: <https://revista.odontologia.uba.ar/index.php/rfouba/article/view/170>

Figura 22. Ravindra N. Biomecánicas y estética. Estrategias en ortodoncia clínica. 1.a ed. AMOLCA; 2007.

Figura 23. Disponible en: <https://depositodentalreisix.com/equipo/quirurgico/e-ter-laser-terapeutico-interactivo-laserterapia-intr-o-light.html>

Figura 24. Disponible en: <https://www.laserdiller.com/producto/ldk100/>

Figura 25. Doreen N, Chan A, Papadopoulou AK, Dalci O, Petocz P, Darendeliler MA. Th effect of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption: a pilot double blind randomied controlled trial. European Journal of Orthodontics. 2018;40(3):317-25.