



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**CONSIDERACIONES DE LA APLICACIÓN DEL RAYO  
LASER DE ERBIO: YAG EN OPERATORIA DENTAL.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N O   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

SALVADOR ORTEGA SEGURA

TUTOR: C.D. BASILIO ERNESTO GUTIÉRREZ REYNA



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 dios**

*Por permitirme terminar mis estudios profesionales, por haber guiado mi camino y colocar en el mismo a personas tan queridas.*

### **A mis papas.**

*Prospero Ortega y Ofelia Segura, ustedes mis mejores maestros, les doy las gracias por el simple hecho de haberme dado la oportunidad de vivir.*

*Gracias por su apoyo, consejos, regaños, que me sirvieron para ser lo que soy. Alentarme a seguir adelante y prepararme para los obstáculos que tiene la vida.*

*Hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos, gracias. Deseo que mi triunfo como profesionista lo sientan como propio; porque es la mejor herencia que me pudieron dar.*

*Los AMO y no tengo como agradecerles todo lo que han hecho por mí, sin ustedes nunca hubiera logrado realizar esta meta.*

### **A mi amor.**

*Adriana González, gracias por ser mi motivación, mi impulso, por apoyarme incondicionalmente, por nuestros sueños, nuestras metas, por ser quien eres y estar en mi vida.*

*Por compartir tristezas y alegrías, éxitos y fracasos, por el simple hecho de aguantarme. Gracias por tus palabras de aliento que nunca me dejaron caer, gracias por tu apoyo que me ayudo a cumplir este sueño, gracias por tu amor.*

*“Gracias por ser la mujer de mi vida” en pocas palabras “TE AMO”*

### **A mis hermanos.**

*Fernando, Sergio y Rodrigo, les agradezco su apoyo y participación para que terminara mi carrera, se que puedo contar siempre con ustedes. Los quiero.*

### **A mis amigos.**

*Diego, Moisés, Isaac (The Fantastic Four), Cazares, gracias por haberme brindado su amistad, esperando que dure por siempre. Gracias por ser parte de esta historia.*



---

ÍNDICE.	Paginas.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>II. OBJETIVOS</b>	7
<b>III. HISTORIA</b>	8
3.1 Breve historia del láser	8
3.2 Uso del láser en odontología	8
<b>IV. FÍSICA DEL LÁSER</b>	11
4.1 Propiedades de la luz láser	11
4.2 Campo electromagnético.	13
4.3 Componentes del láser	15
4.4 Medios activos del láser	16
4.5 Emisión de la luz láser	17
4.6 Métodos de impulsión	18
<b>V. INTERACCIÓN DEL RAYO LÁSER CON LOS TEJIDOS VIVOS</b>	19
5.1 Absorción	19
5.2 Dispersión	20
5.3 Reflexión	21
5.4 Transmisión	22
5.5 Efectos de la radiación sobre los tejidos	22
5.5.1 Efectos térmicos del rayo láser	22
5.5.2 Efectos fotoquímicos del rayo láser	23
5.5.3 Efectos no lineales del rayo láser	23
5.6 Interacción de la energía láser con el esmalte	24
5.7 Interacción de la energía láser en dentina y hueso	24
5.8 Interacción de la energía láser en la caries	25
5.9 Interacción de la energía láser en los tejidos blandos con sangrado.	25
<b>VI. MEDIDAS DE SEGURIDAD.</b>	26
6.1 Clasificación para las normas de seguridad	26



---

6.2 Precauciones generales	28
<b>VII. TIPOS DE LÁSER EN ODONTOLOGÍA.</b>	<b>31</b>
7.1 Láser de Argón	31
7.2 Láser de Diodos	32
7.3 Láser de CO <sub>2</sub>	33
7.4 Láser de Nd:YAG	33
7.5 Láser de Er, Cr:YSGG	35
<b>VIII. RAYO LÁSER DE ERBIO:YAG</b>	<b>37</b>
8.1 Generalidades	37
8.2 Características técnicas	39
8.3 Aplicaciones en operatoria dental	44
8.4 Aplicaciones en otros campos de la odontología	45
8.5 Estudios realizados	46
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>54</b>



---

## INTRODUCCIÓN.

En una época no muy lejana, la Odontología se centraba en técnicas mutilantes donde la exodoncia era la opción terapéutica de elección.

Posteriormente, se pasó a una etapa reconstructiva en la cual, si bien se pretendía evitar la exodoncia, los métodos y materiales disponibles llevaban a una mutilación parcial de la pieza dentaria por el gran sacrificio de tejido sano poniendo en práctica los postulados de G.V. Black, con el objeto de extender los límites cavitarios a zonas de autoclisis (extensión por prevención), buscando formas de resistencia de acuerdo a la disposición de los prismas adamantinos, logrando paralelismo o divergencia de las paredes cavitarias según sea el caso, etc.

Hoy en día estamos preconizando una nueva filosofía de Odontología Preventiva o, de ser necesario, mínimamente invasiva, y con el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, podemos hablar de “micro-odontología”.

Para este tipo de procedimientos podemos utilizar la tecnología láser.

A pesar de que el rayo láser fue recién descubierto hacia el año 1960, ya se le han dado diversas utilidades en muchos ámbitos, ya sea para la mecánica, las telecomunicaciones, la holografía, etc. Sin embargo, nadie puede negar que su aplicación más importante es la referida al área médica, en donde su uso es beneficioso en muchos aspectos, ya que gracias a este rayo, diversas enfermedades pueden ser tratadas o curadas, así como su aplicación en el área quirúrgica.

Las investigaciones básicas ofrecen nuevas posibilidades para el avance de la tecnología laser dentro del campo odontológico. Algunas de esas técnicas ya han sido introducidas en la investigación clínica donde se consideran diferentes tratamientos, como son: eliminación de caries, hipersensibilidad dentaria, medición y diagnóstico, efectos analgésicos, cirugía, soldaduras de prótesis dentales y grabado del esmalte.



---

En lo que se refiere a la operatoria dental se ha utilizado en tiempos recientes el láser de Erbio:YAG (Er:YAG)

El láser Er:YAG es un láser en estado sólido, en el cual el medio activo está constituido por un cristal de Itrio-aluminio-granate contaminado con moléculas de metal erbio, capas del corte y la ablación del esmalte, dentina y hueso

Pero para poder entender las aplicaciones del láser Er:YAG, primero se debe comprender cómo funciona y en qué consiste este maravilloso rayo, lo que describe a continuación.



---

## **OBJETIVOS.**

### **GENERALES.**

Mediante este trabajo se da a conocer la alternativa del uso del rayo láser en la práctica odontológica general.

A pesar de ser un procedimiento costoso, puede ser de gran beneficio para los pacientes, ya que se omite el empleo de anestesia y se eliminan los ruidos ocasionados por la pieza de mano, uno de los principales desencadenantes de estrés en el consultorio dental.

### **ESPECÍFICOS.**

Conocer las aplicaciones, las aplicaciones, indicaciones y contraindicaciones, que tiene el rayo láser de Er:YAG en operatoria dental. Así como sus características para su manejo en el consultorio dental.



---

## HISTORIA

### BREVE HISTORIA DEL LÁSER.

La palabra LÁSER es el acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, es decir, Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación.<sup>(1)</sup>

En 1916, Albert Einstein estableció los fundamentos para el desarrollo de los tipos de láser, utilizando la ley de radiación de Max Planck basada en los conceptos de emisión espontánea e inducida de radiación; la cual postula que puede ser estimulada cuando los electrones de un átomo, durante su fase de reposo, pasan a la fase excitada.<sup>(2)</sup>

No fue sino hasta 1954 cuando Charles Townner desarrollo por primera vez, un modelo experimental que amplifica la radiación con una emisión estimulada con longitud de onda dentro del área de microondas del espectro electromagnético, al cual dio el nombre de MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)<sup>(2)</sup>

El primer láser construido fue uno de rubí y funcionó por primera vez el 16 de mayo de 1960. Fue construido por Theodore H. Maiman. Con una longitud de onda de 694 nm. Este hecho abrió el camino para desarrollar varios tipos de láser con diferentes longitudes de onda para diversas aplicaciones.<sup>(2)</sup>

### USO DEL LÁSER EN ODONTOLOGÍA.

Ya en 1963 se habían iniciado los estudios para la utilización del láser en el campo odontológico.

Los primeros láser a ser utilizados fueron los láser de rubí. Eran extremadamente térmicos y carbonizaban la dentina y el esmalte, tanto que los primeros investigadores, entre estos Stern y Sonnaes, expresaron un juicio negativo sobre la utilidad del láser.<sup>(1)</sup>



---

En 1965, el doctor Leon Goldman aplico por primera vez, sin ser odontólogo, el láser de rubí en los dientes de un paciente, sin provocar dolor, ocasionando una pequeña ablación en el esmalte. <sup>(2)</sup>

Los estudios posteriores de Lobene en 1968 sobre la acción del láser CO<sub>2</sub> en esmalte y dentina comenzaron a dar algunos resultados pero estaban todavía muy lejos de poder utilizarlos de manera segura y confiable. <sup>(1)</sup>

Hacia 1974 comenzaron a ser utilizados los primeros láser YAG, los investigadores Yamamoto, Kantola, Stern y Andrian destacaron la posibilidad de utilizar el láser de Nd:YAG en forma favorable. Los estudios sobre el láser de Nd:YAG, obtuvieron excelentes resultados y gran aceptación tanto de los profesionales como de los pacientes. Creyéndose el tipo láser ideal para el tratamiento odontológico. Así el primer láser fabricado especialmente para odontología fue el dLase 300, de American Dental Technologies., por el doctor Terry Myers, con un medio activo de Nd:YAG, transmitido por fibra óptica, con 3 watts de potencia y 30 pulsaciones por segundo. <sup>(1,2)</sup>

Pero afines de los años 80 se produjo la verdadera revolución en el campo del láser con la creación del láser Er:YAG. Las investigaciones por Hibst y Keller en la Universidad de Ulm, destacaron la posibilidad de utilizar esta longitud de onda en forma favorable sobre los tejidos duros tanto para incidir como para ablacionar. El láser de Erblio era el primero que nacía exclusivamente para uso médico. Su interacción selectiva con el agua lo volvió utilizable en el campo odontológico, abriendo una nueva serie de prospectivas terapéuticas. <sup>(1)</sup>



---

En 1998 ingresa al mercado el primer láser de Er:YAG para tejidos duros, todos estos equipos respaldados con sofisticados sistemas de computación, superpulsos, diferentes medios activos, diversas aplicaciones y formas de transmisión: brazos articulados, tubos guía, puntas de zafiro o cuarzo, espejos armados, fibra óptica, etc. Esta última es la mejor opción para transmitir la energía del láser a cualquier parte de la cavidad bucal.<sup>(2)</sup>



---

## FÍSICA DEL LÁSER.

La luz láser es una radiación electromagnética en el rango de energía visible o energía cerca de lo visible, que se produce como resultado de la emisión de luz a partir de incontables átomos o moléculas individuales.<sup>(5)</sup>

Recordemos que la unidad básica de la luz es llamada fotón. Los fotones se comportan como finas ondas similares a las ondas sonoras. Cuando un átomo es estimulado por medio de un fotón de luz, pasa a un nivel de energía superior; esto se llama "**absorción**". Cuando el átomo regresa a su estado fundamental, emite una luz incoherente; esto se llama "**emisión espontánea**". Si este átomo fuese nuevamente bombardeado por un fotón de luz, igual al fotón que inicialmente lo estimuló, pasaría al nivel de energía superior, y al descender al estado original, formaría dos fotones de luz, que serán idénticos en longitud de onda, fase y coherencia espacial; esto se llama "**emisión estimulada**". Ambos fotones son capaces de estimular la emisión de más fotones semejantes a ellos mismos, y cada uno de estos formará una luz con características especiales.<sup>(5)</sup>

La luz producida por un láser consiste de fotones del mismo tamaño, movimiento y dirección, siendo entonces el rayo de luz de alto poder distintivo espectral, con características bien definidas.<sup>(5)</sup>

## PROPIEDADES DE LA LUZ LÁSER.

La luz láser tiene propiedades específicas que describiremos a continuación:

La luz láser es "**monocromática**" ya que los fotones que la forman tienen la misma energía y pertenecen a una misma longitud de onda y mismo color, es decir, tienen una ubicación específica dentro del espectro electromagnético. Hacemos un ejemplo: con un láser verde, podemos perforar una pelota verde que se encuentra dentro de una pelota blanca,

porque la pelota blanca no absorbe la luz verde, sino que la deja pasar.  
(2,3,5)

Además, esta luz es "**coherente**". Esto significa que todas las ondas que conforman el haz láser, están en cierta fase relacionadas una con otra, tanto en tiempo como en espacio. Esto se debe a que cada fotón está en fase con el fotón entrante. (2,3,5)

La luz láser es "**colimada**" (direccionabilidad), o lo que es lo mismo, en una sola dirección, ya que todas las ondas emitidas están casi paralelas y por tanto no hay divergencia del rayo de luz, por lo que permanece invariable aún después de largos recorridos. (2,3,5) (Figura 1)

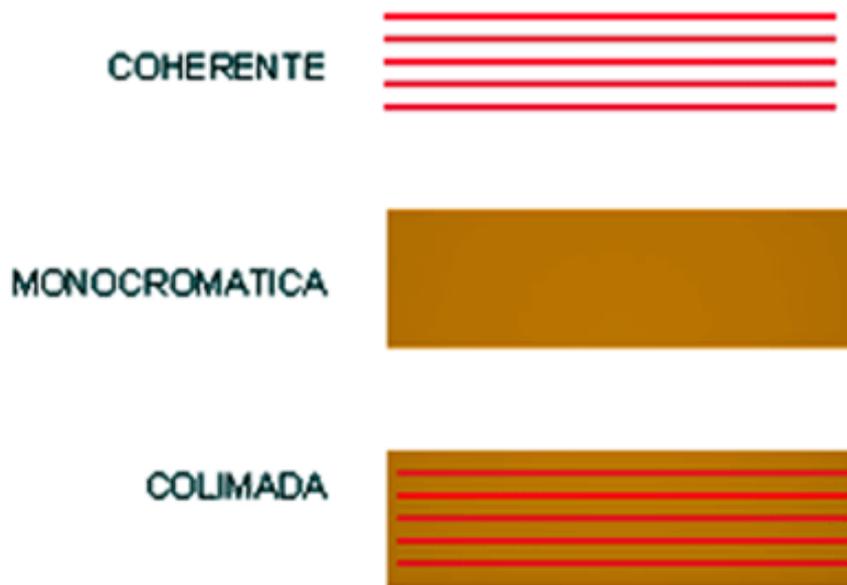


Figura 1: Las principales características de la luz láser son: coherencia, monocromaticidad y colimación.

(Fuente: *Usos del rayo laser en odontología restauradora*)

## CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Los equipos láser disponibles en la actualidad se encuentran en el rango de 360 a 10600 nm de longitud de onda, encontrándose la mayoría de ellos en la porción visible-invisible no ionizante del espectro electromagnético.<sup>(2)</sup> (Figura 2)

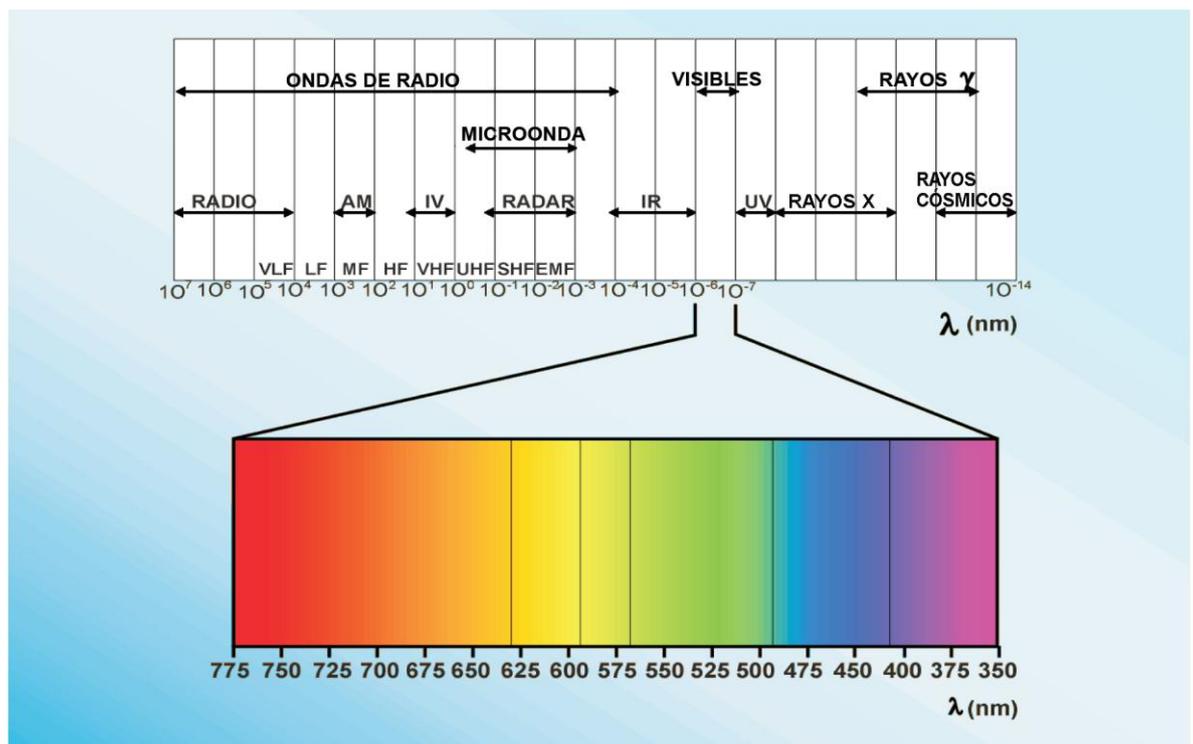


Figura 2: Campo electromagnético. (Fuente: *Láser en odontología*)

El campo electromagnético lo podemos dividirlo en tres áreas diferentes:

1. Un área invisible con radiación ionizante, que puede ser adsorbida por las células y los tejidos, que también puede causar problemas mutágenos, y en la cual se encuentran los rayos gamma, rayos roentgen (rayos X) y la luz ultravioleta.
2. Un área visible en donde se encuentran los rayos de color que el ojo humano puede detectar.
3. Un área invisible con radiación no ionizante que a la vez se divide en dos: una infrarroja y otra que se compone de ondas de radio en donde se encuentran las microondas, las ondas de televisión y las ondas cortas de radio.

El área infrarroja tiene efectos térmicos, y es aquí donde se encuentran la mayoría de las longitudes de onda de los láseres de uso odontológico como los siguientes: Er:YAG, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG, CO<sub>2</sub>, entre otros.<sup>(2)</sup> (figura 3)

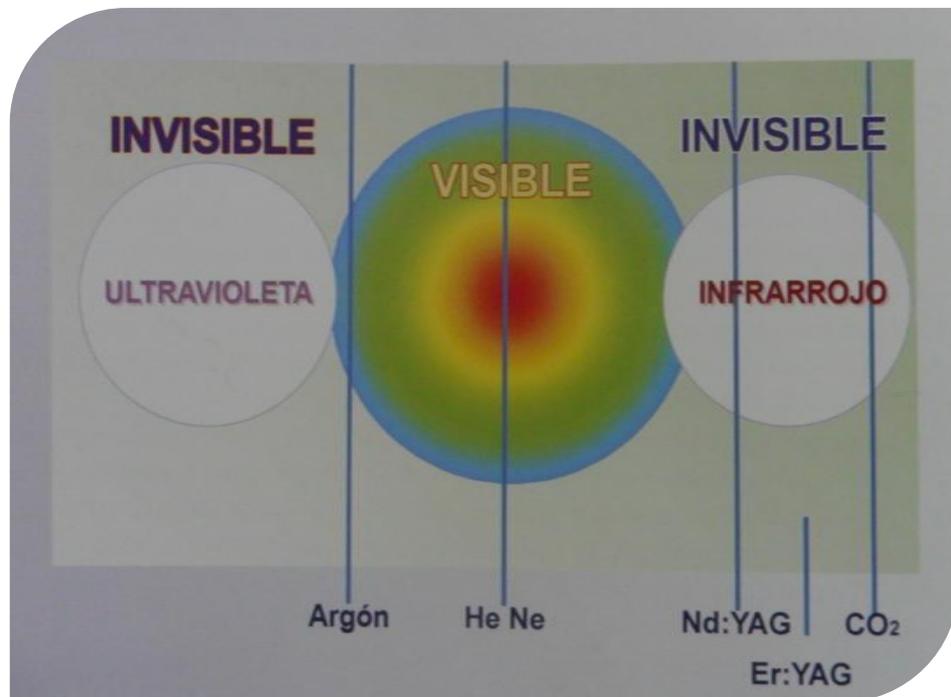


Figura 3: Espectro electromagnético y tipos de láser. (Fuente: *Láser en odontología*)

La longitud de onda es la distancia entre dos puntos de ondas sucesivas entre una cresta a otra. Dicha ondas se miden en unidades (nanómetros o micrones). La luz ordinaria no es coherente, debido a que está compuesta por diferentes longitudes de onda, donde se encuentran todos los colores del área visible; que van desde el violeta hasta el rojo, siendo el violeta el de menor longitud de onda, de unos 380 nm, que se incrementa hasta llegar al rojo con una longitud de 760 nm.<sup>(2)</sup>

Tipo de Laser	Longitud de Onda	Tipo de Luz
- Anhídrido Carbónico, Gas Carbónico o CO <sub>2</sub>	10600 nm	Invisible
- Neodimio: Ytrio-Aluminio-Granate (Nd:YAG)	1064 nm	Invisible
- Argón	488-514.5 nm	Visible
- Helio-Neón (He-Ne)	632.8 nm	Visible
- Erbium: YAG (Er: YAG)	2960 nm	Invisible
- Holmium: YAG (Ho:YAG)	2100 nm	Invisible



---

## COMPONENTES DEL LÁSER.

Todos los láser constan de tres elementos fundamentales:

- Un medio amplificador, constituido por los átomos a excitar. Estos se encuentran en un tubo o una cavidad sellada. Este es el origen de la energía láser.
- Un generador o fuente de energía, destinado a producir la excitación de los átomos del medio amplificador (descarga eléctrica de alta frecuencia).
- Un resonador óptico entre cuyos dos elementos está situado el medio a excitar, y facilita la retroalimentación de la luz que se amplifica. Está conformado por dos espejos altamente pulidos: uno de reflexión total y uno de reflexión parcial. Estos espejos redirigen los fotones incoherentes del medio activo, lo que produce una forma de luz brillante, direccional, monocromática y coherente. (figura 4)
- La fibra óptica: se utiliza sobre todo en algunos láser, dada la dificultad de proyectar en pequeñas zonas la emisión de una lámpara, que suele ser de grandes dimensiones. El principal inconveniente es la pérdida de intensidad de la emisión a su paso por la fibra óptica, sobre todo si no es de calidad apropiada. Por otra parte, debe tratarse de un sistema de doble fibra óptica con dos niveles de refracción en su interior. La salida del haz de la fibra óptica se produce ya con una dispersión en torno a los 25 grados de angulación. <sup>(5)</sup>

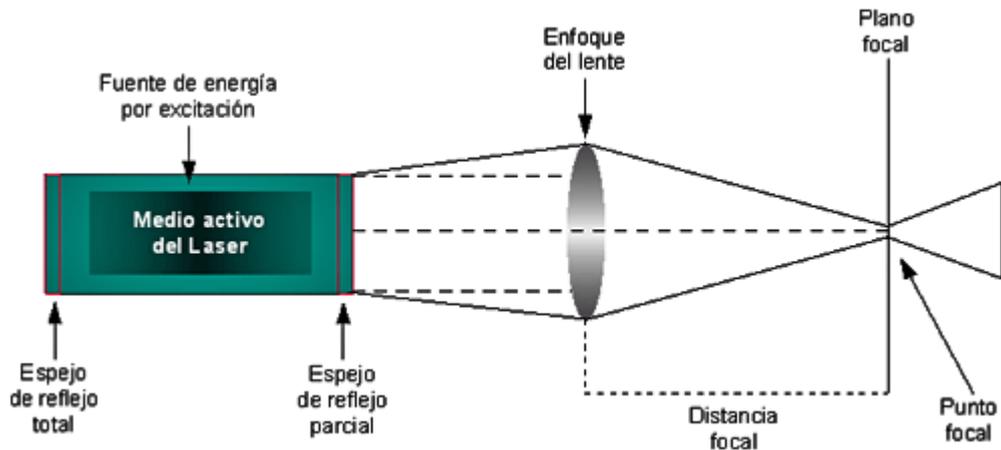


Figura 4: Diagrama de los componentes del Rayo láser. (Fuente: *Usos del rayo laser en odontología restauradora*)

## MEDIOS ACTIVOS DEL LÁSER

Los medios activos del láser pueden ser sólidos, gases, o líquidos.<sup>(2)</sup>

- **Sólidos:** Los láser que trabajan con este medio tienen mayor duración por ser de cristal o diodos (metales); estos pueden durar entre 15 años a 35 años. Los medios activos de cristal/vidrio usan barras de cristal de YAG (itrio, aluminio y granate) recubiertas con otro elemento como el erbio (Er), neodimio (Nd). Los láser con medio activo sólido son:

Er:YAG	Neodimio, itrio, aluminio y granate
Nd:YAG	Erbio, itrio, aluminio y granate
Er,Cr:YSGG	Erbio, cromo, itrio, escandio, galio y granate

- **Gas como medio activo:** Se usan dos tipos de gas: uno como medio activo y otro para enfriar, que consiste en un tubo lleno de gas activo y congelante, cuya duración promedio es de cuatro años. Entre los láser de gas se encuentran los siguientes:

He:Ne
CO <sub>2</sub>
Argón
Kriptón
Xenón

- **Líquido como medio activo:** Este tipo de láser se encuentran en investigación, por lo cual no se profundizara la información. Su característica principal consiste en que disuelve su medio actico en agua o metanol para activar líquido colorante y producir energía. A estos también se les llama sintonizables, pues tienen varias longitudes de onda en un mismo medio activo.

## EMISIÓN DE LA LUZ LÁSER.

La luz láser puede ser emitida de varias formas. Dependiendo del tipo de láser, se puede emitir un rayo de onda "continua" o un rayo "pulsátil". (Figura 5)

Un rayo de ondas continuas consiste en la estabilización de la energía emitida continuamente. Es decir, mientras el láser esté activado, la salida del haz será constante. Los láser que emiten de forma pulsada logran un conjunto de pulsaciones repetidas en serie, ya que la energía es emitida en cortos estallidos; entre las pulsaciones no hay energía que se transmita.<sup>(5)</sup>

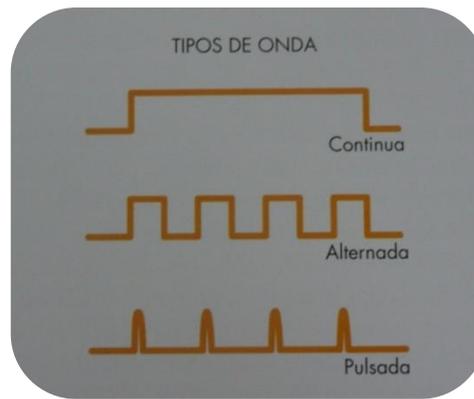


Figura 5: Tipos de onda: (Fuente: *Láser en odontología*)

## MÉTODOS DE IMPULSIÓN.

Existen dos métodos de impulsión del láser de acuerdo a la distancia que existe desde donde es activado el mismo y el objeto. Estas formas de actuar son conocidas con el nombre de "**contacto**" o "**sin contacto**".

En la forma de "contacto" la salida del haz láser está en contacto directo con la superficie de impacto. En la forma "sin contacto", existe una distancia entre la salida del haz láser y el área de choque.<sup>(5)</sup>

## INTERACCIÓN DEL RAYO LÁSER CON LOS TEJIDOS VIVOS.

Para entender los efectos que produce la energía láser en los tejidos biológicos es necesario saber acerca de su interacción en el comportamiento de estos y sus componentes. Cuando el láser impacta con un tejido, la energía fotónica puede tomar varias vías.<sup>(1,2,5)</sup> (figura 1)

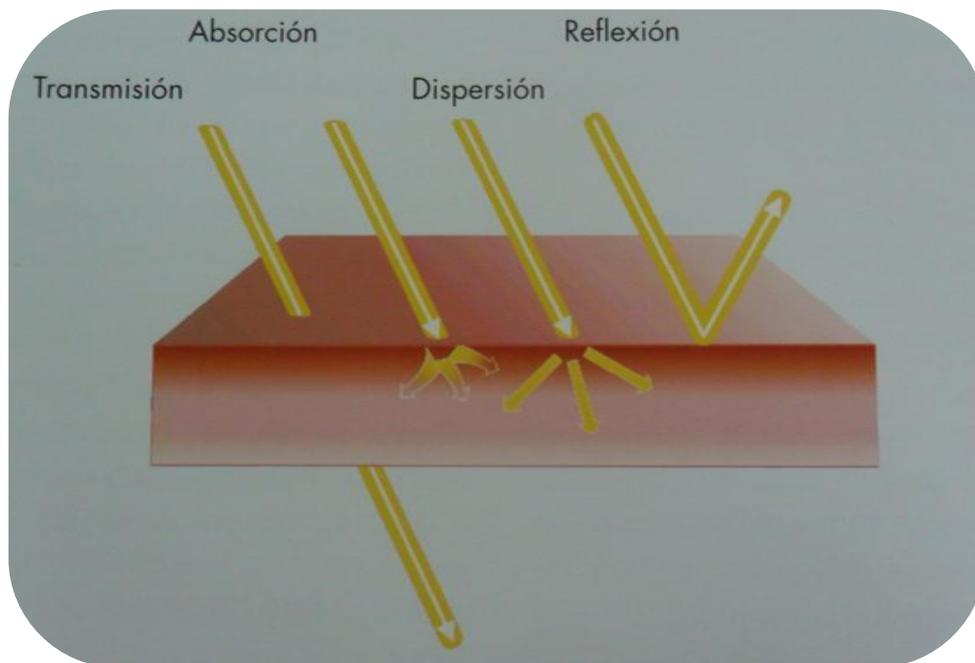


Figura 1: Interacción láser-tejidos. (Fuente: *Láser en odontología*)

### ABSORCIÓN.

La absorción, que se refiere a que tan lejos es absorbido o transferido el rayo dentro del tejido. Si el tejido absorbe la energía del láser, la energía radiante es convertida en energía térmica. El rayo láser presenta diferentes coeficientes de absorción en los distintos tipos de tejidos, este



---

efecto depende en gran parte de la longitud de onda del rayo láser con el que se actúa, el tipo de sustancia y su contenido en agua.

Los tejidos están compuestos de células y moléculas específicas, la radiación puede ser absorbida superficialmente o a profundidad, esto va a depender de la propia radiación y de la concentración de esas células y moléculas a diferentes profundidades dentro del tejido.

La distancia de la transmisión de la energía en el tejido es llamada penetración profunda. Matemáticamente esta es una función de absorción y los coeficientes de dispersión de una específica longitud de onda en el tejido. Simplemente la profundidad de penetración es el nivel de tejido expuesto por una longitud de onda particular. El calor generado por la absorción de la energía del rayo láser en los tejidos vaporiza el área, pero no por la luz directamente. Algunos factores influyen en el efecto de esta energía térmica en los tejidos, incluyendo el tiempo de exposición, tipo de tejido, profundidad de la onda del láser y habilidad del operador.

La temperatura y los efectos sobre los tejidos son grandes cerca del haz de luz y disminuye a medida que la profundidad de la luz se incrementa.

## DISPERSIÓN.

Una segunda vía es la dispersión, entendiéndose este fenómeno como la cantidad de energía fotónica que se dispersa en el tejido. Aquí también se interrumpe la colimación del haz. Esta dispersión depende en parte de la longitud de onda y del tipo de tejido.

La dispersión ocurre cuando la energía luminosa rebota de molécula a molécula dentro del tejido. Es afectada por el grado de absorción; de ser alta minimiza la dispersión. La dispersión distribuye la energía sobre un mayor volumen de tejido, disipando los efectos térmicos. En general, el rayo rojo visible (He-Ne) se dispersa muy poco o casi nada si se compara con el infrarrojo (diodo o semiconductor).

En un estudio realizado por Altshuler y Grisinov, verificaron que la dispersión de la luz en el interior del diente es independiente del ángulo de coincidencia del rayo láser con respecto al esmalte. En los tejidos duros del diente, la luz se propaga a lo largo de la dirección de los prismas del esmalte y de acuerdo con la orientación de los túbulos dentinarios.<sup>(1)</sup> (figura 2)

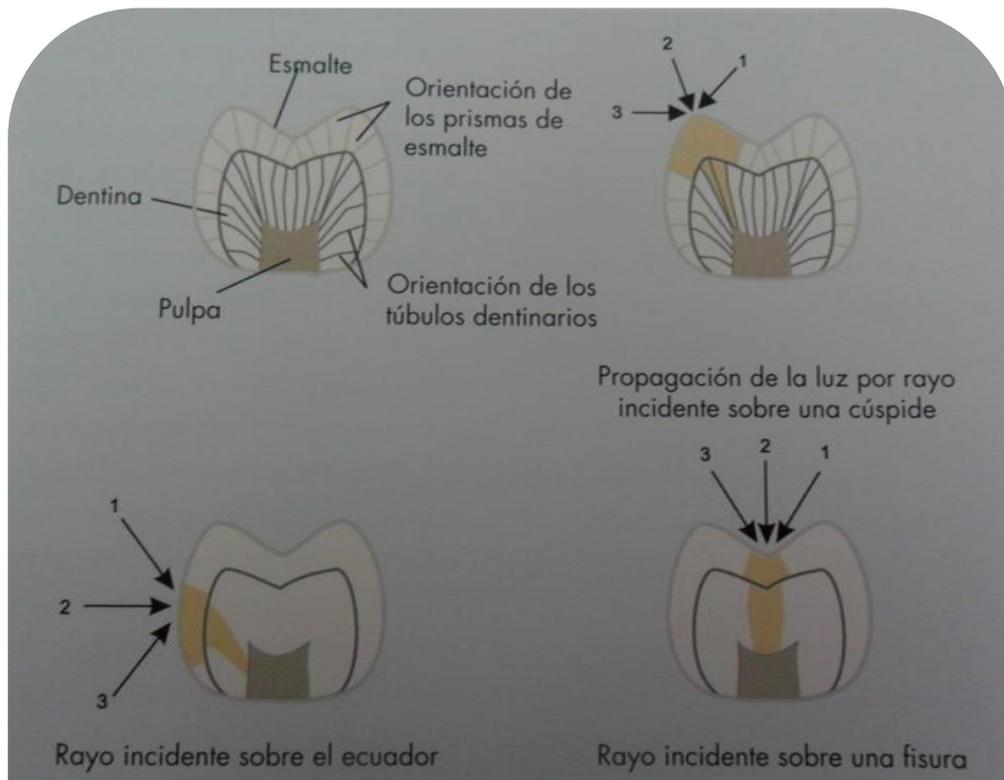


Figura 2: Obtenido de Altshuler y Grisinov. (Fuente: *Láser en odontología*)

## REFLEXIÓN.

Otro fenómeno que ocurre es la reflexión. Este se refiere a si el rayo es reflejado en el tejido y en qué proporción. Puede ocurrir "reflexión especular" cuando la colimación del haz permanece intacta. Ocurre "reflexión difusa" cuando se perturba la colimación del haz, reduciéndose el poder de la densidad de la luz Laser. Su importancia radica en que el rayo que es reflejado, por lo tanto, no es absorbido por lo que no tiene ningún efecto sobre el tejido.<sup>(5)</sup>



## TRASMISIÓN.

Finalmente puede ocurrir transmisión, que se refiere a que tan lejos es transmitida o irradiada la luz láser a través del punto de impacto del mismo en el tejido y debe ser cuantificado. Sus efectos deben ser considerados antes de justificar un tratamiento, debido a que la transmisión es diferente en los distintos tejidos y depende también del tipo de láser que se utilice. <sup>(5)</sup>

## EFFECTOS DE LA RADIACIÓN LÁSER SOBRE LOS TEJIDOS

La energía láser debe ser convertida en alguna otra forma de energía para producir efectos terapéuticos en los tejidos donde impacta.

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

### Efectos Térmicos del Rayo Láser.

El efecto térmico mejor conocido es la vaporización del tejido por la absorción de la luz láser. Se produce por un aumento en las vibraciones internas entrelazadas, que se convierten en energía térmica, destruyendo los tejidos. Cuando un tejido absorbe luz a partir de un láser, ocurre un calentamiento localizado que puede llevar a una desnaturalización proteica, coagulación y vaporización del tejido.

### Efectos Fotoquímicos del Rayo Láser.

Estos efectos son pobremente conocidos, incluyendo la Bioestimulación, pero envuelve la irradiación con láser con un poder medido en miliwatts. La base del efecto fotoquímico es la absorción de la luz con poco o



---

ningún efecto térmico, llevando a un cambio en las propiedades químicas y físicas de los átomos y moléculas. Los procesos fotoquímicos pueden cambiar a efectos fototermiales si la densidad de la energía se incrementa.

### Efectos No Lineales del Rayo Láser.

Cuando el láser se activa con pulsos de duración menor de 1 microsegundo, la conducción de calor puede ser omitida, siempre y cuando se pulse la energía a cierto umbral. En estos casos ocurren una serie de efectos, los cuales no son térmicos, y se denominan fotoablación y fotodisrupción.

En la *fotoablación*, las moléculas pueden ser disociadas a través de una luz de alta energía protónica, llevando a una disociación fotónica simple, la energía de alta densidad y corto pulso de duración lleva a un proceso multifotónico. Esto logra la remoción de finas capas de tejido sin daño térmico en las áreas vecinas de la zona tratada. <sup>(5)</sup>

En la *fotodisrupción*, ocurre una ruptura óptica que se crea cuando se enfoca una luz láser de alta energía y pulso de corta duración, en un punto focal muy pequeño. Esto puede romper el tejido debido a la formación de un "plasma" (una nube de partículas ionizadas con carga global neutra). Este plasma se debe a la ionización de las moléculas. Durante el proceso degenerativo del plasma, emanan ondas de choque secundarias que distribuyen energía con un efecto térmico casi nulo, destruyendo tejidos mecánicamente. Las ondas de choque pueden causar vaporización del tejido o ablación. <sup>(5)</sup>

Cuando el láser actúa sobre un tejido, no produce cambios en la estructura atómica de las células del mismo, y por tanto no hay oportunidad para mutación genética alguna. Esto no es igual para todas las longitudes de ondas del espectro electromagnético. <sup>(5)</sup>

INTERACCION LASER-TEJIDO	
Interacción Tisular	Tipo de Laser
Fototérmico	CO <sub>2</sub> , Nd:YAG, Er:YAG
Fotodisrupción	Nd:YAG
Fotoablación	Excimer, Er:YAG, CO <sub>2</sub>
Bioestimulación	He-En, Diódico

## INTERACCIÓN DE LA ENERGÍA LÁSER CON EL ESMALTE.

El esmalte está formado por materiales orgánicos muy adheridos entre sí con menos de 1 % entre ellos. Cuando la energía es dirigida hacia él se considera que el esmalte es el tejido dental que tiene las propiedades más consistentes de todo los tejidos orales. En el siguiente cuadro se consideran las características de los láser que se utilizan en el esmalte. <sup>(2)</sup>

LÁSER	Trasmisión %	Absorción %	Reflexión %
Er:YAG	Menos de 2	98	Menos de 1
Nd:YAG	80	5	15
Argón	25	10	65
Eximer	Menos de 1	98	Menos de 1
CO <sub>2</sub>	Menos de 2	98	Menos de 1

## INTERACCIÓN DE LA ENERGÍA LÁSER EN DENTINA Y HUESO.

La dentina y el hueso están formados por aproximadamente 25% de material orgánico y el resto de agua; por sus cualidades morfológicas tanto el hueso como la dentina tienen la misma reacción ante la energía láser. Análisis de espectroscopia. <sup>(2)</sup>

LÁSER	Trasmisión %	Absorción %	Reflexión %
Er:YAG	Menos de 3	95	Menos de 2
Nd:YAG	50	30	20
Argón	35	5	60



<b>Eximer</b>	Menos de 4	95	Menos de 1
<b>CO<sub>2</sub></b>	Menos de 3	95	Menos de 2

## INTERACCIÓN DE LA ENERGÍA LÁSER EN LA CARIES.

Se puede presentar en esmalte y dentina con las mismas características; posee un grado de pigmentación que va del rojizo al café, de este al café oscuro y del gris al negro, tiene una textura suave y húmeda. <sup>(2)</sup>

<b>LÁSER</b>	<b>Trasmisión %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Reflexión %</b>
<b>Er:YAG</b>	Menos de 3	95	Menos de 2
<b>Nd:YAG</b>	2	95	3
<b>Argón</b>	10	20	70
<b>Eximer</b>	Menos de 3	95	Menos de 2
<b>CO<sub>2</sub></b>	Menos de 3	95	Menos de 2

## INTERACCIÓN DE LA ENERGÍA LÁSER EN LOS TEJIDOS BLANDOS CON SANGRADO.

El tejido gingival blando y el tejido lingual pueden presentar algún traumatismo mecánico que provoque sangrado a la hora de aplicar la energía láser. Ya que cada longitud de onda reacciona diferente. <sup>(2)</sup>

<b>LÁSER</b>	<b>Trasmisión %</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Reflexión %</b>
<b>Er:YAG</b>	Menos de 1	98	Menos de 1
<b>Nd:YAG</b>	35	45	20
<b>Argón</b>	35	55	10
<b>Eximer</b>	Menos de 1	98	Menos de 1
<b>CO<sub>2</sub></b>	Menos de 1	98	Menos de 1



---

## MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Todos los cirujanos dentistas involucrados en el uso y empleo del rayo láser tienen la obligación de conocer y aplicar las medidas de seguridad.

### CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS NORMAS DE SEGURIDAD.

Con el fin de regular los procedimientos de seguridad en los sistemas láser, se ha propuesto el siguiente esquema de clasificación. <sup>(1,5)</sup>

Láser Clase I: Seguros ante cualquier circunstancia.

Láser Clase II: Tienen un rendimiento continuo limitado de 1 mW, dentro de longitudes de onda visibles. La reacción de parpadeo se considera suficiente para proveer un elemento de protección al ojo humano.

Láser Clase III a: Es una extensión de los láser Clase II pero con un límite superior de rendimiento continuo de 5 mW.

Láser Clase III b: Son aquellos láser que emiten a grandes longitudes de onda con límites de rendimiento continuo de potencia de 0.5 W. Es peligroso verlos en forma directa.

Láser Clase IV: Pertenecen a esta clase todos aquellos láser cuyo rendimiento continuo de potencia esté sobre los 0.5 W. pueden producir daños oculares por radiación directa o reflejada. Son todos los utilizados en odontología para cortar y perforar.



Cuadro 1: Clasificación para las normas de seguridad.

Láser		Daño	Riesgo	Medida de control
Clase I	Sistemas láser que no pueden emitir radiación en exceso de los niveles máximos de exposición permitidos.	Ninguno	Ninguno	-Etiquetas de peligro
Clase II	Láseres emisores de luz visible que no tengan suficiente potencia para producir daños por accidente, pero pueden producir daños por una observación directa del haz durante un período superior a 0,25 segundos	Ocular	Crónico para exposiciones de 1.000 segundos	Carcasa protectora Etiquetas de peligro Indicadores de funcionamiento Gafas de protección
Clase IIIa	Láseres emisores de luz visible que no producen daños por observación indirecta, pero dañan la retina si se focalizan dentro del ojo	Ocular	Crónico para exposiciones mayores de 0,25 segundos	Controles de ingeniería Gafas de protección Controles administrativos Señales de peligro
Clase IIIb	Láseres que pueden producir daños por accidente si se observa directamente el haz o sus reflexiones en distintas ópticas	Ocular Cutáneo	Peligro agudo en contacto con el haz	Controles de ingeniería Gafas de protección Controles administrativos Señales de peligro
Clase IV	Sistemas láser que producen daños graves, por incidencia directa, indirecta ó reflexión difusa, en los ojos y la piel.	Ocular Cutáneo	Peligro agudo en contacto con el haz ó con su radiación difusa	Controles de ingeniería Gafas de protección Controles administrativos Señales de peligro

## PRECAUCIONES GENERALES.

La seguridad del láser no debe ser sobre enfatizada. Cuando se emplea apropiadamente, el láser es un instrumento muy seguro, pero ciertas medidas de seguridad deben ser acatadas estrictamente. (Imagen 1)



Imagen 1: Imagen donde se observa la utilización de anteojos especiales, tanto para el odontólogo operador como para el paciente, según normas de seguridad, previas al accionar el láser. (Fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*)

Más allá del posible daño a la boca, los peligros oculares deben prevenirse con mucho cuidado. La protección de ojos es esencial para el operador, paciente y empleados, y todo aquel que esté presente en el momento que se está aplicando el láser. Los diferentes láser requieren distintos tipos de lentes de seguridad y estos jamás deben ser intercambiados. El láser de Argón requiere lentes de seguridad verde oscuro, así como el láser de CO<sub>2</sub> y el Nd:YAG requieren lentes claros. (Imagen 2)



Imagen 2: Diferentes tipos de lentes protectores

Todo láser utilizado en lugares y períodos errados puede causar daño a la estructura dental. Por lo tanto, ciertos medios defensivos dentales pueden ser necesarios para la protección del diente. Obviamente, se debe tener un extremo cuidado con relación a los gases potencialmente explosivos. Algunos objetos cerca de estos gases pueden ser tocados por el rayo y encenderse, originando fuegos y explosiones. Esta precaución es particularmente importante cuando se emplea anestesia general.

Se debe colocar la protección adecuada sobre los ojos y tejidos del paciente, que no se desean irradiar, de acuerdo con el rayo láser que se esté utilizando y ante todo, se debe evitar la reflexión accidental con los espejos bucales u otra superficie reflectante. También se debe observar extrema precaución en todo lo concerniente a la corriente eléctrica, los interruptores o dispositivos activadores del rayo láser para no encenderlos por error, y en especial, se deben colocar letreros en las puertas donde se efectúe la manipulación cuando el láser esté en uso y tener la puerta del cubículo adecuadamente asegurada evitando así, la entrada de personas sin ninguna protección al área de trabajo. <sup>(5)</sup>(Imagen 3)

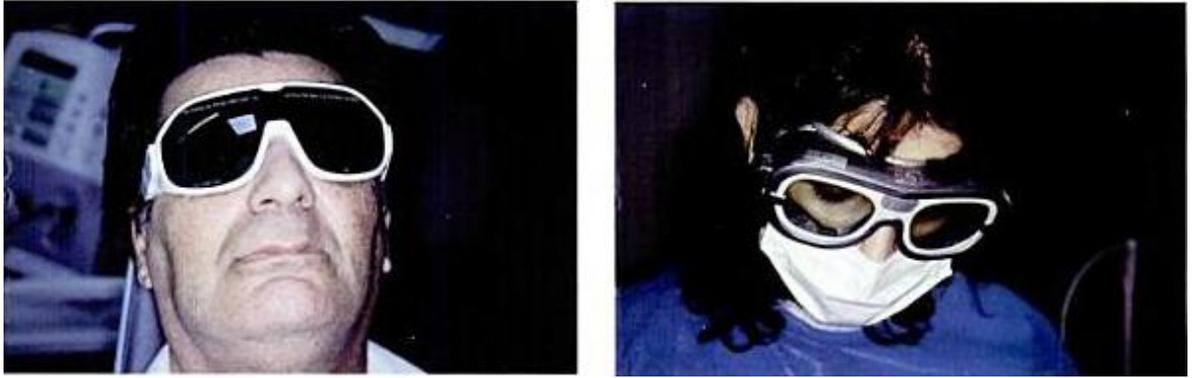


Imagen 3: Protección tanto del paciente como del operador. (Fuente: *Operatoria dental. Integración clínica*)

## TIPOS DE LÁSER EN ODONTOLOGÍA.

En este capítulo se darán a conocer los diferentes láser utilizados en el campo odontológico. Solo se darán las características principales, sin profundizar en cada uno de ellos. Ya que no es el objetivo de este trabajo.

### LÁSER DE ARGÓN 457-488-514-520 NM.

Es un láser cuyo medio activo es el gas de iones de argón. Este láser se encuentra en el área visible no ionizante y tiene dos longitudes de onda que pueden ser visibles para el ser humano: una 488 nm de color azul y otra de 514 nm de color azul verdoso.

De los principales usos del láser de argón de longitud de onda de 488 nm es la fotopolimerización de resinas, así como también la activación de los geles para el blanqueamiento dental. Mientras el de longitud de onda de 514 nm se emplea en cirugía con excelentes resultados en la hemostasia, ya que tiene un mayor nivel de absorción en pigmentaciones rojas; tiene buena interacción con tejidos que contengan hemoglobina, hemosiderina y melanina. Se aplica en tratamientos como: gingivectomías, gingivoplastias, incisiones, alargamiento de corona, entre otras. (Imagen.

1)



Imagen. 1 Aplicación de Láser de Argón en Gingivectomía. (Fuente: *Odontología láser*)

Ninguna de las longitudes de onda del argón son bien absorbidas por los tejidos dentales duros y tiene poca afinidad por el agua. <sup>(1,2)</sup>

## LÁSER DE DIODOS DE 635 NM A 980 NM

Este tipo de láser es producido por un chip semiconductor que funciona como diodo eléctrico. El medio activo está compuesto por dos materiales semiconductores, uno de ellos consiste en una capa de material tipo P (con carga positiva o agujeros de electrones); la otra parte es una capa de material N (con carga negativa o electrones libres).

Estas placas comúnmente son de galio, aluminio y arsénico (Ga: Al: As). Lo que produce una longitud de onda que oscila entre 635 y 980 nm. El láser de diodos puede producir 20 watts de potencia.

En odontología el láser de diodos, se aprovecha su afinidad para los pigmentos oscuros (hemoglobina), produciendo una coagulación profunda; lo cual se emplea en tratamientos como debridación sulcular (remoción del procedimiento o inflamación en el tejido periodontal) (Imagen 2), eliminación de aftas, eliminación de úlceras herpéticas, hemostasia, incisiones, pulpotomías, entre otros. <sup>(2)</sup>



Imagen 2: Láser de diodos quirúrgico. (Fuente: Odontología láser)

## LÁSER DE CO<sub>2</sub> 10600 NM

Fue uno de los primeros en ser utilizados en odontología. El medio activo del láser de CO<sub>2</sub> es una mezcla de dióxido de carbono, nitrógeno y helio. Su longitud de onda se encuentra al final de la porción media infrarroja invisible no ionizante de espectro electromagnético.

Por su corte limpio y rápido se le llama láser bisturí y su energía de corte no produce inflamación e induce la coagulación y reduce el dolor. Se aplica de manera de no contacto y puede emplearse prácticamente en cualquier parte de la cavidad bucal. (Imagen 3)



Imagen 3: Láser CO<sub>2</sub>. (Fuente: Odontología láser)

El láser de CO<sub>2</sub> es altamente absorbido por el agua, además es el láser que se absorbe mejor por la hidroxiapatita. Es muy rápido cortando tejidos blandos y tiene poca penetración; lo cual es utilizado en odontología, sobre todo en cirugía bucal y periodontal. <sup>(2)</sup>

## LÁSER ND:YAG 1064 NM

El láser de Nd:YAG consiste en una barra de cristal de itrio, aluminio y granate (YAG), cubierta con neodimio (Nd). Tiene tres longitudes de onda

(1064, 1320/1340 y 1444 nm). No obstante en odontología solo se usa la longitud de onda de 1064 nm y su forma de emisión puede ser de onda continua por pulso, superpulsos y pulsos libres. (Imagen 4)



Imagen 4: Aparato de rayo láser de Nd:YAG (Fuente: [www.estheq.com](http://www.estheq.com))

Los láser de Nd:YAG pueden aplicarse prácticamente en todos los procedimientos terapéuticos de la cavidad bucal, en tejidos blandos y tejidos duros; es un láser muy utilizado en operatoria dental, el problema principal del láser de Nd:YAG es que no corta ni vaporiza el esmalte. Sin embargo si vaporiza la caries. <sup>(2)</sup>(Imagen 5)



Imagen 5: Láser Nd:YAG. (Fuente: Odontología láser)

El láser de Nd:YAG es útil para grabar o modificar el esmalte y para sellar los túbulos dentinarios. Otras aplicaciones que tiene este láser son:

- Gingivectomía
- Gingivoplastia
- Alargamiento de corona
- Remoción de caries
- Pulpotomía
- Incisión y drenaje de abscesos<sup>(2)</sup>

### LÁSER DE ER, CR:YSGG 2790 NM

La longitud de onda del láser de Er, Cr:YSGG, se encuentra en el área infrarroja invisible y no ionizante del espectro electromagnético, con una emisión de pulsos libres con rango de 200 a 300 microsegundos.

El medio activo del láser de Er, Cr:YSGG es un cristal de itrio, escandio, galio y granate cubierto con erbio y cromo.

Tiene las mismas aplicaciones clínicas que el láser de Er:YAG las cuales se conocerán más adelante en este trabajo. Pero cabe destacar que no tiene la capacidad para producir hemostasia en tejidos blandos; por ello el procedimiento debe llevarse a cabo con energía sin agua, para provocar

un calentamiento del tejido y así producir la coagulación, ya que el corte del láser Er, Cr:YSGG es aleatorio y frío. (Imagen 6)



Imagen 6: Láser de Er, Cr:YSGG. (Fuente: Odontología láser)

## RAYO LÁSER DE ERBIO:YAG (ER:YAG)

### GENERALIDADES.

El láser de Er:YAG es un láser de pulso que posee un elemento sólido en su cavidad de resonancia; específicamente un cristal sintético formado por itrio (Y) y aluminio (A) con impurezas de erbio (Er) y estructura granate (G). Es uno de los más recientes introducidos en el campo odontológico. Su radiación, que se encuentra dentro del rango de la luz infrarroja, tiene una longitud de onda de 2940 nanómetros, la cual se caracteriza por ser muy bien absorbida por el agua, por lo tanto es particularmente indicada para una precisa y localizada ablación de los tejidos biológicos que la contienen. Además, es sumamente afín a la hidroxiapatita, hecho que explica su capacidad de ablación sobre el esmalte, dentina y hueso. <sup>(1,2,14)</sup> (Figura 1)

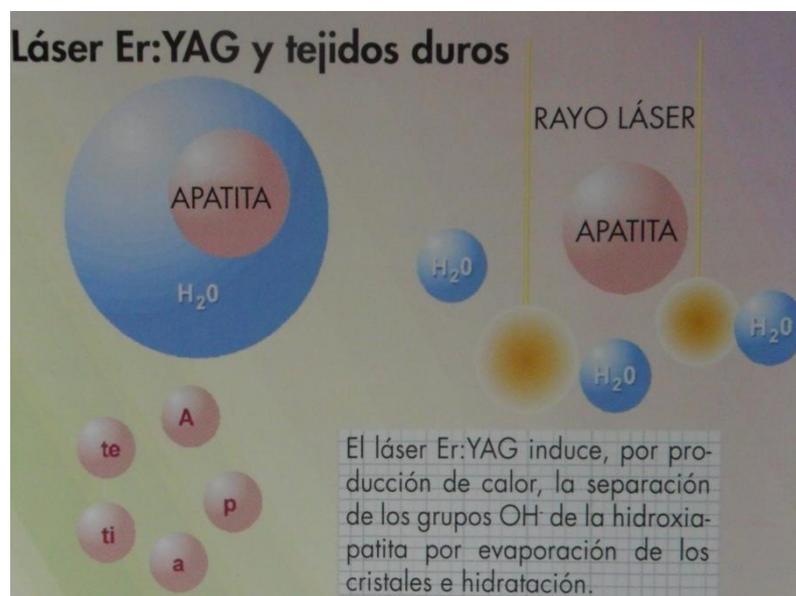


Figura 1: Láser de Er: YAG y tejidos duros. (Fuente: *Láser en odontología*)

Según las normas de seguridad ISO (europeas) y ANSI (estadounidenses), el Er:YAG es un láser clase 4.



---

A principios de 1997, la Food and Drug Administration (F.D.A.) aprobó la utilización del Láser Er:YAG, tras un informe elaborado por cinco profesionales después de tratar 1300 caries en los Estados Unidos, resaltando que tan sólo tres pacientes solicitaron que se les aplicase anestesia. Su aplicación en niños se aprobó en octubre de 1998.<sup>(6,14)</sup>

El Er:YAG es considerado un láser quirúrgico, ya que la base de su aplicación es la interacción con la materia produciendo un efecto fotoablasivo o fototérmico-termoablasivo. La primera descripción de los efectos del Láser de Er:YAG en tejidos duros del diente indicaron que el efecto de ablación de tejidos sanos, así como de tejido cariado, es posible sin el daño termal a los tejidos duros circundantes.<sup>(1,2,6,14)</sup>

Este láser es disparado en forma pulsante, cada impulso se encuentra en el rango de los nano segundos, dicha radiación láser, al ser disparada sobre un tejido, causa una violenta evaporación del agua en el punto irradiado dando como resultado una micro explosión del tejido duro circundante. Este proceso es conocido como ablación.

Produce una pequeña generación de calor dentro de los tejidos subyacentes y una mínima elevación de la temperatura en la pulpa cameral. Por lo tanto, la destrucción, de los tejidos causado por el láser Er: YAG, probablemente no se relaciona con los con los efectos térmicos que producen otros tipos de láser, pero las micro explosiones si están asociadas con la evaporación del agua en el cemento y otros tejidos dentarios duros.

Los primeros trabajos de operatoria dental con el láser de erbio se llevaron a cabo en Alemania en la Universidad de Ulm y en clínicas piloto de ese país. Posterior a esto, han sido muchas las investigaciones y los avances que han surgido, a nivel mundial, del uso del mismo a nivel odontológico. Existe otro tipo de láser de erbio para aplicación sobre tejidos duros y hueso, como lo es el láser de Er,Cr:YSGG de 2790nm. El cual, está constituido por un cristal de Itrio, escandio, galio y granate



contaminado de erbio y cromo, dicho láser no es tema del presente trabajo, pero se conoce que trabaja con similares niveles de longitud de onda cerca de la luz infrarroja e invisible dentro del espectro electromagnético, siendo igualmente efectiva su utilización sobre los tejidos dentarios.<sup>(1,2,6,14)</sup>

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Longitud de onda de 2940 nanómetros.
- Absorbido por las moléculas de agua e hidroxiapatita.
- Frecuencia de repetición de impulsos que oscila entre los 4 y 50 Hz.
- Duración de los impulsos comprendido entre los microsegundos y los nanosegundos.
- Energía comprendida entre algunas decenas de mili joules (Mj) y 1000 Mj.
- Potencia derogada comprendida entre los 0,25 W y los 12 W.<sup>(14)</sup>

Existen diversos tipos de láser de Erbio que se diferencian esencialmente por la diversidad de la longitud de onda de emisión. Esto implica, a causa de la fuerte absorción del agua, notables diferencias en la interacción con los tejidos biológicos. Por ejemplo, el coeficiente de absorción por el agua a una longitud de onda del Cr: Er: SIG (2,79  $\mu\text{m}$ ) es inferior por sobre un 60% con respecto a aquel de 2,94  $\mu\text{m}$  (láser Er: YAG), mientras que el de 2,69  $\mu\text{m}$  (láser Er,Cr:YSGG) es inferior a un 94%.<sup>(6,14)</sup>

Al momento de accionar un haz de luz de láser Er:YAG, éste posee una alta capacidad de absorción por parte del agua y una altísima afinidad por la hidroxiapatita, en comparación con otros tipos de láser presente en el tejido dentario. (Figura 1)

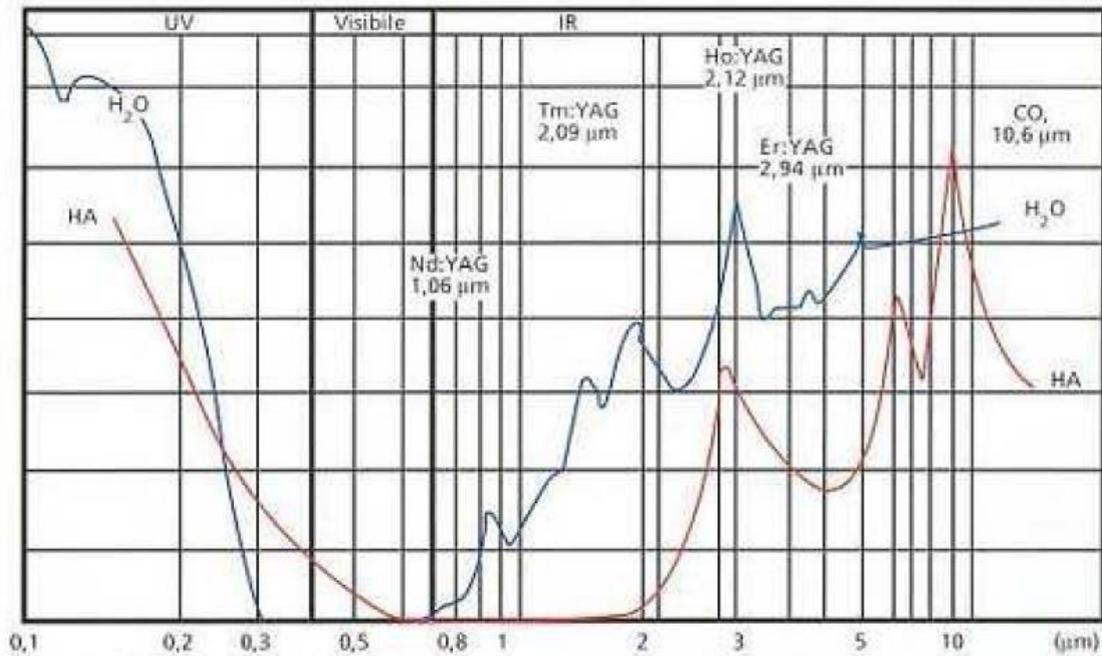


Figura 1. Esquema que ilustra donde se sitúa la absorción de la longitud de onda correspondiente a los 2,94 um a nivel de la hidroxiapatita y el agua (fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*)

Cabe recordar que el esmalte sano está compuesto en un 3,5% de agua mientras que un esmalte cariado alcanza a tener hasta un 12% de agua y que la dentina sana contiene un promedio de 12% de agua en comparación a la dentina cariada que posee hasta un 25% de agua en su composición. Como la dentina tiene un enorme porcentaje de agua, se puede ejercer la ablación mucho mejor que el esmalte; más aún en la dentina cariada donde el porcentaje de agua es superior y también las proporciones orgánicas. Los radicales de hidróxido (OH) de los cristales de apatita junto con el agua de la matriz que los agrupa, en la estructura dentaria, absorben la longitud de onda emanada por el láser de erbio generando un estallido el cual produce a su vez una explosión, junto a los substratos minerales causados por el masivo volumen de expansión del agua y esta expansión masiva causa literalmente la explosión del tejido, proceso ya definido como ablación.

Esta súbita explosión a manera de pulsaciones de energía sobre los tejidos, transfiere un mínimo de calentamiento sobre los tejidos



adyacentes, de lo cual bien se han hecho estudios donde se ha demostrado que la temperatura pulpar no llega alcanzar ni siquiera una elevación de 5°C. El mínimo efecto térmico, hace que el láser Er: YAG sea el ideal para remover las caries en las preparaciones dentarias cuando se acompaña con una irrigación de agua.

Adicionalmente, la estructura dentaria puede ser bien preservada, mientras el tejido cariado se elimina, ya que el esmalte y la dentina sana tienen un bajo porcentaje de agua en su composición estructural lo cual les permite no ser removidos por el láser mientras éste incide sobre el diente.

El esmalte sano puede ser modificado para aumentar su adhesión a los materiales de restauración con una exposición mínima a la energía del láser.

Este láser no está indicado para remover amalgamas u otros metales. Pero sí para remover restauraciones defectuosas de compósitos ya que éste posee en su matriz de composición moléculas de agua.

El láser Er:YAG trabaja a modo de pulsaciones, con una frecuencia de repetición de impulsos comprendida entre los 4 y 50 Hz. De modo convencional en Odontología se usan frecuencias que oscilan entre los 5 y los 20Hz.

El rayo del láser se traslada a través de un brazo articulado (Fig. 4), dentro del cual se encuentran varios espejos de cristal de zafiro, dispuestos paralelos entre sí, hasta la extremidad del brazo, produciendo un reflejo del haz de luz a 90° (generalmente son siete espejos). Otro sistema de transmisión utilizado es el de fibras ópticas, utilizado por otras compañías.(imagen 1)



Imagen 1: Pantalla de computadora del equipo de láser Er:YAG, en donde se gradúa la frecuencia, la energía y la potencia en Wattios, con la cual se va a trabajar.  
(fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*)

El brazo articulado es más complejo en su elaboración pero es más efectivo en su transmisión, y produce el mismo efecto de ablación pero con potencias menores a las requeridas por la fibra óptica.

El manipulador o pieza de mano puede ser de dos tipos:

- A distancia con una ventana de zafiro que permite la salida de la energía localizada en un punto alrededor de los 600- 700 micrómetros. (Imagen 2)



Imagen 2: Manipulo a distancia del láser Er:YAG, donde se aprecia la ventana de zafiro por donde emerge el rayo y las salidas de agua y aire del sistema de enfriamiento focal. (Fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*)

- De contacto con un terminal representado por un zafiro cilíndrico con un diámetro de alrededor de 2 m.m. de diámetro y de longitud variable.

(Imagen 3)



Imagen 3: Imagen donde se aprecia el manipulo de contacto del láser de Er: YAG. (Fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria.*)

El manipulo de contacto se utiliza cuando aún no se tiene mucha experiencia en el manejo del equipo ya que nos recuerda un poco a la turbina con la fresa, pero luego de una semana es fácil lograr adaptarse al uso de la manipulación a distancia ya que el operador (el odontólogo) se ayuda de una luz piloto o guía que sirve para apuntar el láser junto con el

punto de convergencia del spray de agua-aire que sirve para enfriar la zona operatoria. (Imagen 4)



Imagen 4: Imagen donde se observa la posición de la manipulación a distancia, del láser Er: YAG, en la boca de una paciente. (Fuente: *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*)

## APLICACIONES DEL RAYO LÁSER DE ER:YAG EN OPERATORIA DENTAL.

En Odontología Restauradora el láser de Er:YAG es utilizado en la eliminación de caries. Se recomienda utilizar dique de goma y en caso de compromiso estético, trabajar con instrumental rotatorio convencional para hacer un bisel. <sup>(6)</sup>

La eliminación de materiales de obturación como resinas, ionoméridos de vidrio y silicatos es efectiva también a través del Er:YAG, sin embargo está contraindicada su utilización para la remoción de materiales que produzcan gran reflexión de energía o que transmitan calor fácilmente como las incrustaciones metálicas y las amalgamas de plata. <sup>(6)</sup>

La fuerza de adhesión de los materiales de obturación se incrementa al realizar el grabado del esmalte con el Er:YAG, debido a que permite un aumento de superficie (por las rugosidades producidas).



A nivel dentinario, el Er:YAG produce un acondicionamiento que ofrece mayores fuerzas de adhesión que el instrumental rotatorio convencional, mejorando la unión de las resinas. (6, 16, 21)

## APLICACIÓN DEL RAYO LÁSER EN OTROS CAMPOS DE LA ODONTOLOGÍA.

El láser de Er:YAG tiene también numerosas aplicaciones en otras áreas de la odontología. Por ejemplo:

- Endodoncia (facilita la instrumentación manual, preparación biomecánica y secado del conducto)
- Periodoncia (favorece la ablación del cálculo, tratamiento de bolsas periodontales, gingivectomías, gingivoplastias, osteotomías, amputaciones radiculares y efecto bactericida a bajo nivel de energía)
- Implantología (para exponer el tapón de cicatrización del implante y tratamiento de periimplantitis)
- Prótesis (acondicionamiento de la dentina previo al cementado con resinas y remodelado gingival previo a la toma de impresiones)
- Cirugía de tejidos blandos (lesiones planas o exofíticas, toma de biopsias, aftas, exéresis de frenillos y cirugía preprotésica), cirugía de tejidos duros (exostosis, odontosecciones, cirugía periapical y de ATM) y en pacientes especiales (evita complicaciones post-anestesia en pacientes anticoagulados o con problemas cardíacos). (6)

El láser de Er:YAG, en virtud de su alta eficiencia de corte, precisión, ausencia de ruido y vibración, producen menos ansiedad en el paciente, lo cual representa un gran potencial en la clínica odonto



---

## ESTUDIOS REALIZADOS

Los alemanes Keller y Hibst, fueron los primeros en conseguir ablación efectiva sin generar calor excesivo en tejido dentario con el láser de Er:YAG en la Universidad de Ulm. Ellos compararon los efectos de los Láser de CO<sub>2</sub> y de Er:YAG sobre el esmalte y la dentina y encontraron que, aunque el espectro de absorción del Láser de CO<sub>2</sub> y de Er:YAG fuera el correcto para la destrucción de los tejidos duros del diente, el Láser de Er:YAG dio resultados más alentadores. Ellos encontraron que el Láser de CO<sub>2</sub> causó carbonización, fusión y agrietamiento del esmalte no visto con el Láser de Er:YAG. Este láser tiene la capacidad de remover partículas en una microexplosión y vaporización de ellas, en un proceso llamado "ablación". La ablación del esmalte por 10 pulsos del láser de Er:YAG crea un cráter con escamación de las paredes.

Con el Láser de Er:YAG se pueden obtener efectos termomecánicos en tejidos mineralizados. Recientemente un número considerable de investigaciones han reportado el uso de este tipo de Láser. (Keller y Hibst; Frentzen y Koort). En dentina, una zona de necrosis de 1-3  $\mu\text{m}$  de grueso se produce en cavidades poco profundas cuando se utiliza este Láser con un sistema de enfriamiento por agua. En cavidades más profundas se observaron áreas de carbonización y micro grietas. La ablación del esmalte siempre produce agrietamiento y debridación de las zonas profundas. La localización de las zonas de carbonización y agrietamiento no es predecible de forma alguna.

Hoke y col, describieron los efectos del láser de Er:YAG en el esmalte y la dentina cuando es combinado con una fina cortina de agua. Ellos fueron capaces de producir una ablación controlada del esmalte y la dentina en dientes extraídos, manteniendo la textura del diente con un fino rocío de agua. Este método produjo un pequeño aumento del calor en la pulpa sólo cuando era usado a un nivel de energía de 56 mJoule a 10 pulsos por segundo (1°C), cuando se aumentaba esa energía a 95 mJoule esta temperatura se incrementaba considerablemente.

Los investigadores concluyeron que el largo pulso del láser de Er:YAG puede ser un nuevo método muy efectivo para el tallado del diente cuando es usado en combinación con el agua, ya que ofrece una protección térmica contra el daño pulpar por aumento de la temperatura, lo que sugiere una futura investigación sobre los cambios pulpares en dientes vitales por el uso de este tipo de láser. (Imagen 1)



Imagen 1. Cráter en dentina, inducido por un rayo láser de Er:YAG (330 mJ, 5 pulsos). Imagen al microscopio electrónico de barrido X 80. (Fuente: *Usos del rayo láser de Erbium:YAG (Er:YAG) en odontología restauradora. II parte*)

Paghdiwala analizó in vitro el potencial de un Láser de Er:YAG para realizar apicectomías. Lo resaltante de este estudio para la Odontología Restauradora es que se observó que este tipo de láser a un nivel bajo de energía por pulso (70 mJoule), sin utilizar agua, produjo derretimiento y sellado de los túbulos dentinarios y vaporización de la matriz orgánica. La presencia del rocío de agua redujo considerablemente el área de carbonización en la superficie de corte, y el aumento de temperatura. La presencia de agua sobre la zona de trabajo, favorece el fenómeno de ablación, minimiza las sensaciones dolorosas y evita la desecación de los tejidos duros. (imagen 2)

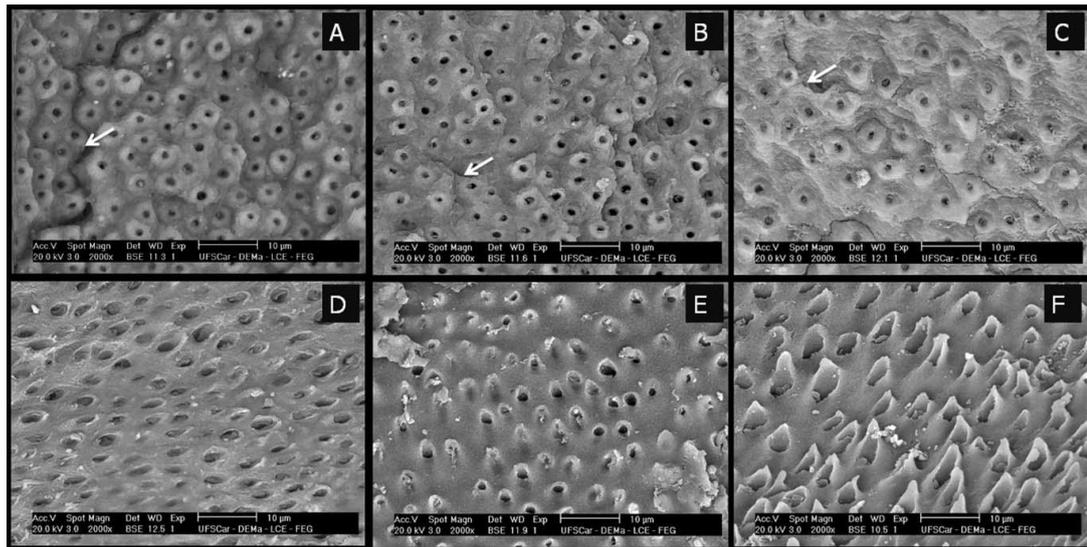


Imagen 2 . Análisis superficial: A, B y C: dentina sana con 4, 6 y 10 Hz, respectivamente, mostraron microfisuras (flechas), el aumento de la eliminación de la dentina intertubular, y la salida del túbulo dentinario, D, E y F: la dentina cariada con 4, 6 y 10 Hz, respectivamente, mostraron la ablación similar de ambos intertubular y peritubular la dentina, con 10 Hz (F) se puede observar la salida del túbulo dentinario débilmente (32000).

Wigdor H., ABT Elliot, Ashrafi S., Joseph T. y Walsh Jr., compararon el uso de instrumental rotatorio con el uso del Láser de Er:YAG sobre la superficie dentaria. El láser de Er:YAG se utilizó a un pulso de 250 microsegundos a una longitud de onda de 2940 nanómetros, el poder de energía por pulso fue de 500 mJoules. No observaron ningún cambio ni diferencia al utilizar cualquiera de los dos instrumentos. La superficie dentinaria tratada con el Láser de Er:YAG presenta algunos restos negros de tejido, pero no existe ningún signo de carbonización. Los dientes tratados con este láser no presentan cambios en su arquitectura odontoblástica y no se observa infiltrado inflamatorio. En ningún caso se observó cambio pulpar alguno, inclusive a niveles de energía altos y en sólo cuatro días, existe formación de dentina reparadora en la zona adyacente al área irradiada por el láser. Esto sugiere que la radiación de Er:YAG estimula la formación de dentina reparadora. Se desconoce la razón de esta estimulación. (Imagen 3)

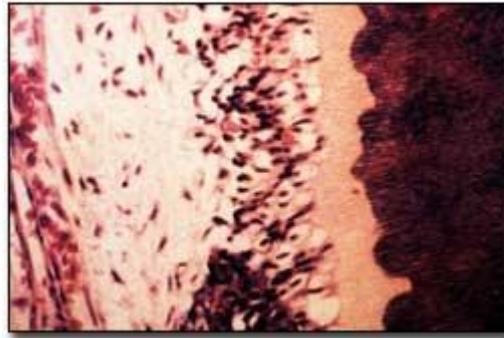


Imagen 3: Efecto del Laser de Er:YAG en el tejido pulpar.

Note la apariencia normal de la capa odontoblástica en el área tratada.

Fotomicrografía X 400. Tinción con Hematoxilina y Eosina. (Fuente: *Usos del rayo láser de Erbium:YAG (Er:YAG) en odontología restauradora. II parte*)

Francischetti, realizó un estudio en 180 pacientes, en los que se realizaron todo tipo de cavidades con Er:YAG que posteriormente fueron obturadas con resina, sin utilizar bases en las lesiones profundas y sin grabar el esmalte o la dentina con ácido fosfórico. En todos los casos se realizó un decorticado alrededor de la cavidad con el mismo láser pero desfocalizado y con energía reducida para evitar microfiltración marginal posterior en las restauraciones. El tiempo promedio de la realización de las cavidades fue de 45 segundos. Ninguna de las restauraciones requirió anestesia. Al cabo de ocho meses todas las restauraciones permanecían en boca y sin recidiva de caries. (Imagen 4)

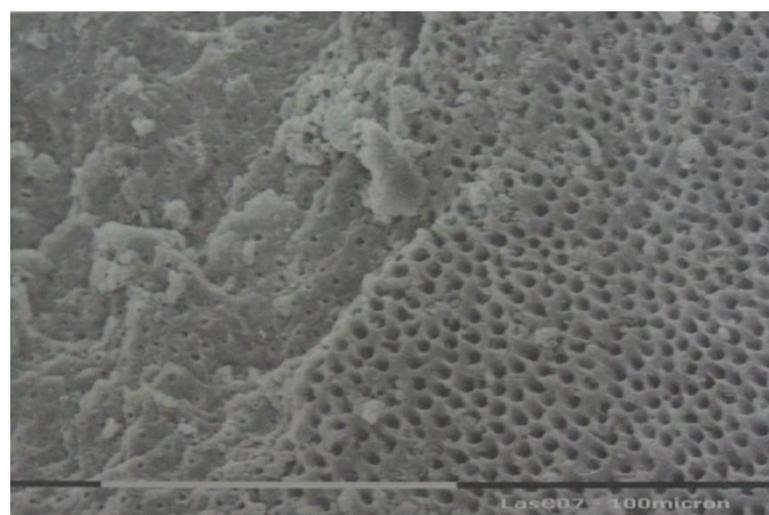


Imagen 4: Límite entre la dentina solo grabada a la derecha; y acabado con láser De Er:YAG a la izquierda.



---

En la conferencia de San Diego de la IADR (International Association for Dental Research) realizada en 2002, se presentaron varios trabajos acerca del Er:YAG.

Bertrand y cols., estudiaron los efectos de la radiación del Láser de Er:YAG sobre la microdureza de la dentina humana, encontrando una disminución del 16,5% de la dureza de la dentina en los casos tratados con láser vs 12,6% en los casos tratados con grabado ácido. La disminución de la microdureza fue de 19,5% cuando la radiación con láser era seguida por grabado ácido.

En otro estudio similar, Svizero y cols., evaluaron la resistencia a caries secundaria en cavidades preparadas con Er:YAG y fresas de diamante, encontrando mayor microdureza en los dientes preparados con Er:YAG, sin diferencias en cuanto al material restaurador utilizado. <sup>(6, 24)</sup>

Ramos R. P. y cols, estudiaron el efecto del láser de Er:YAG en la fuerza adhesiva de la dentina utilizando diferentes sistemas adhesivos, encontrando una disminución en la fuerza de adhesión en todos los casos en los cuales, la superficie dentinaria fue tratada con Er:YAG, sin embargo los niveles variaban dependiendo del material utilizado (adhesivos autoacondicionantes y agentes adhesivos convencionales) . Similares fueron las conclusiones de los estudios de Munck y cols., quienes demostraron que las cavidades preparadas con este láser son menos receptivas a las restauraciones adhesivas que las cavidades preparadas con turbina y los estudios de Golcalves y cols., quienes determinaron que el tratamiento con Er:YAG en esmalte dental, no incrementa la resistencia de adhesión de las resinas. <sup>(6, 21)</sup>

Navarro R.S. y cols., realizaron pruebas de fuerza adhesiva del esmalte y la dentina tratados por Er:YAG y sistema adhesivo autoacondicionante o sistema adhesivo convencional. Encontraron mejores resultados en el esmalte tratado con el sistema adhesivo autoacondicionante, mientras que en la dentina los resultados fueron similares, tanto en los casos tratados con sistemas adhesivos convencionales, como en los casos tratados con el sistema adhesivo autoacondicionante.



Legramandi y cols., recomiendan el uso de grabado con ácido fosfórico, posterior a la aplicación del láser de Er:YAG para obtener mejor unión entre la dentina y las resinas, según los resultados de su estudio acerca de los efectos de este láser en la adhesión de las resinas.

Souyias y cols., estudiaron el efecto del láser Er:YAG y los instrumentos rotatorios en preparaciones de resina, obteniendo microfiltración marginal en menor grado a nivel oclusal y mayor grado a nivel cervical utilizando el Láser Er:YAG para la preparación cavitaria. Ramos A. y cols., evaluaron la microfiltración marginal en restauraciones clase V de dientes primarios preparados con Er:YAG y otros preparados convencionalmente con instrumental rotatorio de alta velocidad, obturados con ionomero de vidrio y resina compuesta. Los menores grados de microfiltración se obtuvieron en los casos tratados con láser de Er:YAG y obturados con resina compuesta.

Chimello y cols., estudiaron el efecto del láser de Er:YAG y el aire abrasivo en la fuerza de adhesión de dos sistemas restauradores, encontrando que, el tipo de tratamiento superficial en la dentina influye en la fuerza adhesiva del sistema restaurador; la sola utilización del Láser de Er:YAG no proporciona una efectiva fuerza adhesiva y el aire abrasivo de óxido de aluminio puede mejorar la adhesión, dependiendo del material utilizado. <sup>(6, 12)</sup>

Otro estudio compara el uso de instrumental rotatorio convencional, aire abrasivo y láser de Er:YAG en cavidades clase V restauradas con resina. Al microscopio electrónico, el mejor sellado marginal en la región oclusal, se obtuvo en las preparaciones con turbina y grabado ácido y en las preparaciones con Er:YAG y grabado ácido convencional. El mayor grado de microfiltración se obtuvo en el grupo preparado con Er:YAG tanto para la eliminación de caries como para el grabado de la superficie. A nivel cervical, los mejores resultados se obtuvieron con la utilización de la turbina y el grabado ácido. Este estudio demuestra que la utilización de aire abrasivo o el láser Er:YAG, no eliminan la necesidad de realizar el grabado ácido. Esto está respaldado por los trabajos de Walden y cols.,



---

quienes estudiaron la fuerza adhesiva en esmalte después de recibir tratamiento y acondicionamiento del Láser de Er:YAG, encontrando que el acondicionamiento con láser no mejora la fuerza adhesiva en el esmalte y el trabajo de Proto y cols., que evaluó la tensión de la fuerza adhesiva de diferentes sistemas en dentina irradiada con Er:YAG, concluyendo que los mejores valores de adhesión se logran con grabado de ácido fosfórico al 37%.<sup>(6)</sup>



---

## CONCLUSIONES.

Dentro de la importancia que tiene este innovador sistema del láser en el campo odontológico, debemos considerar que aunque los avances han sido notorios en la última década aún falta mucho por avanzar tanto en el punto del costo para el operador, el cual repercute en el paciente, como en el desarrollo de la investigación en la aplicación de los demás sistemas láser.

Ofrecerle al paciente lo mejor que la ciencia y la tecnología pueden proveernos, debe ser nuestra obligación. Aunque el alcance de las aplicaciones del láser, lo hacen el instrumento más versátil que jamás haya estado disponible para los odontólogos y a pesar de sus múltiples ventajas biológicas, estéticas y psicológicas, el láser no sustituye conocimientos, tampoco algunas técnicas habituales de tratamiento, ya que no es más que un adelanto tecnológico que avalado por la ciencia, nos permite acercarnos a nuestro verdadero fin: brindarle atención a nuestros pacientes aspirando la calidad total en nuestras preparaciones, sin descuidar nuestro criterio clínico y ético.

Considero de gran importancia los puntos antes mencionados, porque en mi concepto muy personal, el futuro de la odontología, tendrá un gran sustento con el uso del sistema láser. Ya que este tipo de posibilidades terapéuticas abre un nuevo espacio a la profesión, permitiendo, de acuerdo a todo lo expuesto, alcanzar restauraciones más conservadoras, más duraderas y fundamentalmente, logrando una mejor predisposición por parte del paciente, a la consulta odontológica, alejando viejos temores y prejuicios que la hacían particularmente difícil



---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Maggioni M, Attanasio T, Scarpelli F. *Láser en odontología*. Venezuela. Editorial Amolca. 2010.
2. Martínez H. *Odontología láser*. México. Editorial Trillas. 2007
3. Barrancos Mooney J. *Operatoria dental. Integración clínica*. Buenos Aires. 4ta ed. Editorial Medica Panamericana. 2006
4. Coluzzi D, Covissar R. *Atlas of laser applications in dentistry*. Canada. Editorial Quintessence Books. 2007.
5. Natera A. *Usos del rayo laser en odontología restauradora. Primera parte. Aspectos generales, clasificación, interrelación con los tejidos vivos y precauciones en el uso*. Acta Odontológica. 38 (1), 2000.
6. Natera A, Uzcátegui G. *Usos del rayo láser de Erbium:YAG (Er:YAG) en odontología restauradora. II parte*. Acta Odontológica. 40 (2), 2002.
7. Ball K. *Lasers. The perioperative challenge*. St. Louis, Missouri. 2<sup>a</sup> ed. Editorial Mosby. 1990
8. Donado M. *Cirugía bucal. Patología y técnica*. España. 3<sup>a</sup> ed. Editorial Masson. 2002
9. Gay Escoda C. *Tratados de cirugía bucal*. España. 1<sup>a</sup> ed. Ediciones Ergon. 2004
10. Roberson T. *Arte y ciencia de la odontología conservadora de Sturdevant*. España. 5<sup>a</sup> ed. Editorial Elsevier Mosby. 2007



11. Cohen S. *Vías de la pulpa*. España. Octava ed. Editorial Elsevier Science. 2002
12. Canalda C. *Endodoncia. Técnica, clínica y bases científicas*. España. 1ª ed. Editorial Masson. 2001.
13. Lanata E. *Operatoria dental. Estética y adhesión*. Buenos Aires. 1ª ed. Editorial Grupo Guia. 2005.
14. Di Stefano R. *El láser Er: YAG como alternativa en la práctica odontológica operatoria*. Acta Odontológica. 42 (2), 2004.
15. Stiberman I. *Láser en operatoria dental mínimamente invasiva*. La odontología láser. 2002.
16. Shigetani Y, Tate Y, Okamoto A, Iwaku M, Abu-Bakr N. *A study of cavity preparation by Er:YAG laser –Effects on the marginal leakage of composite resin restoration-* Dental Material Journal. 21 (3): 238-249, 2002.
17. Jacobsen T, Norlund A, Sandborgh G, Tranæus S. *Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials*. Acta Odontologica Scandinavica. 69: 65–74, 2011.
18. Nishimoto Y, Otsuki M, Yamauti M, Eguchi T, Sato Y, Foxtan R , Tagami J . *Effect of pulse duration of Er:YAG laser on dentin ablation*. Dental Materials Journal 27(3): 433–439, 2008.



19. Promklay A, Fuangtharnthip P, Surarit R, Atsawasuwana P. *Response of dental pulp cells to Er:YAG irradiation*. Photomedicine and Laser Surgery. 28 (6): 793–799, 2010.
20. Raucchi-Neto W, Chinelatti M, Yoko Ito I, Pécora J, Palma-Dibb R. *Influence of Er:YAG laser frequency on dentin caries removal capacity*. Microscopy Research and Technique. 74: 281–286, 2011.
21. Bertrand M, Semez G, Leforestier E, Muller-Bolla M, Nammour S, Rocca J. *Er:YAG laser cavity preparation and composite resin bonding with a single-component adhesive system: Relationship between shear bond strength and microleakage*. Lasers in Surgery and Medicine. 38: 615–623, 2006.
22. Omae M, Shinnou Y, Tanaka K, Abo T, Nakata T, Suzuki K, Hatsuoka Y, Iwata N, Yoshikawa K, Nishitani Y, Yamamoto K, Yoshiyama M. *XPS analysis of the dentin irradiated by Er:YAG laser*. Dental Materials Journal. 28(4): 471–476, 2009.
23. Bedini R, Manzon L, Fratto G and Pecci R. *Microhardness and morphological changes induced by Nd:Yag laser on dental enamel: an in vitro study*. Ann Ist Super Sanità. 46(2): 168-172, 2010.
24. Hadley J, Young D, Eversole L, Gornbein. *A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation*. JADA. 131: 777-784, 2000.
25. Murdoch-Kinch C, McLean M. *Minimally invasive dentistry*. JADA. 134: 87-95, 2003.



- 
26. Bertrand M, Hessleyer D, Muller-Bolla M, Nammour S, Rocca J.  
*Scanning electron microscopic evaluation of resin–dentin interface after Er:YAG laser preparation.* Lasers in Surgery and Medicine. 35:51–57, 2004.