



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

LÁSER CO<sub>2</sub> EN CIRUGÍA BUCAL.

Tesina de apoyo al video

Que para obtener el título de  
Cirujano Dentista  
presentan:

ALQUICIRA HUERTA GERARDO  
CHÁVEZ TERREROS NAYELI  
MARTÍNEZ PÉREZ FRANCISCO ENRICO

Asesor:

C. D. Carlos Manuel González Becerra.

MÉXICO, D.F.

1995



FACULTAD DE  
ODONTOLOGÍA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Al Honorable jurado.

Jurado.

Presidente:

Florentino Hernández

Vocal:

Carlos M. Becerra G.

Secretario:

Rebeca Cruz González

1er suplente:

Maricela Dupuy

2o suplente:

Carolina Alvarez de la Cadena

Asesores:

C.D. Rocío Chávez Terreros.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rocío Chávez Terreros', written over the printed name.

C.D. Carlos Manuel González Becerra.

Sustentantes.

Alquicira Huerta Gerardo.

Chávez Terreros Nayeli.

Martínez Pérez Francisco Enrico.

A la C. D. Rocío Chávez Terreros:  
Por su asesoría y ayuda incondicional  
para la realización de esta tesina.

GRÁCIAS

GERARDO ALQUICIRA HUERTA.

A mis padres por dejarme ser  
parte de su esfuerzo y poner  
en mi su amor y bendiciones  
gracias.

A mi familia y amigos que siempre  
estuvieron conmigo

A la UNAM y sus profesores, por  
continuar con el arduo trabajo  
de transmitir el conocimiento  
científico y formar mejores hombres.

NAYELI CHÁVEZ TERREROS

A la memoria de mi madre adorada:  
Tu ejemplo y enseñanzas vivan en  
mi siempre. Gracias por ser mi madre.

A mi padre:  
Gracias por tu amor y apoyo he  
podido culminar ésta etapa de  
mi vida. Gracias, te quiero mucho.

A mis Hermanitos:  
Rocio, Mary, Roge.  
Por ser tan lindos y ejemplares; y por  
protegerme a cada momento de mi vida.

Fam. Chávez García:  
A mis primos Jesús y Hugo, por  
su ayuda y atenciones hacia mi.

Fam. Bustamante Terreros:  
Por brindarme su cariño y compartir  
los momentos más importantes de mi vida.



Gloria Terreros Mata:

Por que has permitido ver en tí  
el ser más querido que he perdido.

Gracias. Tia

A mis abuelitas:

Por su cariño y por creer en mi.

A Erika Romero B:

Por su amistad y su comprensión.

A Gerardo Alquicira. Por tu amor,  
me has ayudado a salir adelante

FRANCISCO ENRICO MARTÍNEZ PEREZ.

A mis padres:

Magdalena y Enrique, por ser los pilares  
que me sostienen y por ser mi más grande amor.

A Mauricio, por su optimismo;  
a Larisa, por su fuerza;  
a Enrique; por su escondida dulzura  
y a Paty por ser la niña más tierna del mundo.

A mis abuelos, vivos y muertos,  
especialmente a ti Tito, por que en mi  
puedes ver lo que en mi madre quisiste ver.

A Felipe por ser mi ejemplo y mi luz  
y a Fausto por ser mi guía.

A Bernardo por ser otro hermano más.

A cada miembro de mi familia,  
por que saben como los aprecio a cada uno.

A los Doctores Medina, Mercado y Gómez.  
Por todo su apoyo y enseñanza.

A mis amigos, especialmente a mis compañeros Nayeli y Gerardo.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CONTEXTO HISTÓRICO</b>	3
<b>1.- FÍSICA DEL LÁSER.</b>	
1.1- ¿QUÉ ES EL L.A.S.E.R.?	5
1.2- PRODUCCIÓN DEL RAYO LÁSER.	5
<b>2.- DIFERENTES TIPOS DE LÁSERES Y SUS APLICACIONES.</b>	
2.1.- LÁSERES SÓLIDOS.	8
2.1.1 Láser de Rubí.	8
2.1.2 Láser de Nd:YAG.	9
2.2.- LÁSERES LÍQUIDOS.	11
2.3.- LÁSERES GASEOSOS.	11
2.3.1 Láser Helio Neón.	11
2.3.2 Láser de Argón ionizado.	12
2.3.3 Láser de Bióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).	13
<b>3.- EFECTOS DEL LÁSER CO<sub>2</sub> SOBRE TEJIDOS.</b>	
3.1.- EFECTOS A NIVEL CELULAR.	17
3.2.- EFECTOS SOBRE TEJIDOS DENTALES.	18
3.2.1- Efectos en Esmalte.	19
3.2.2- Efectos en Dentina.	19
3.2.3.- Efectos en Pulpa.	20
3.3.- EFECTOS SOBRE TEJIDOS MUCOGINGIVALES.	22

3.4.- COMPARACIÓN ENTRE INCISIONES POR LÁSER, CRIOCIRUGIA Y BISTURÍ	23
<b>4.- LÁSER CO<sub>2</sub>.</b>	
4.1-ANTECEDENTES DEL LÁSER CO2 EN CIRUGÍA BUCAL.	25
4.2- COMPONENTES DEL LÁSER CO <sub>2</sub> .	26
4.3- APLICACIONES DEL LÁSER CO <sub>2</sub> EN CIRUGÍA BUCAL.	28
4.3.1 Formaciones Angiomatosas.	30
4.3.2 Frenilectomias	30
4.3.3 Cirugía Apical.	31
4.3.4 Cirugía Tumoral.	31
4.3.5 Cirugía Preprotésica.	32
4.3.6 Cirugía Periodontal.	32
4.3.7 Lesiones premalignas como Leucoplasia.	33
4.3.8 Lesiones Aftosas.	34
<b>5.- SEGURIDAD.</b>	
5.1.- CLASIFICACIÓN DE LÁSERES	36
5.2.- SEGURIDAD DENTRO DEL CONSULTORIO DENTAL.	39
<b>CONCLUSIONES.</b>	41
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	42

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes propósitos de la ciencia es crear implementos para simplificar los procedimientos convencionales, en todas las áreas, dando ventajas sobre las técnicas anteriores. Así es como el láser se introduce a todas las áreas tecnológicas y científicas, de tal manera que pueden llegar a niveles más altos.

Teníamos grandes inquietudes e incógnitas, sobre las aplicaciones y la función del rayo láser en la odontología. Es un tema de actualidad e importancia en nuestro campo, pero poco informado y divulgado; incluso en ocasiones se transgiversan los efectos que produce el uso de esta técnica en los tejidos y los riesgos que se pueden correr durante su uso.

Nuestro objetivo es ampliar ésta información y darla a conocer, porque hemos apreciado las ventajas que ofrece la tecnología láser a la odontología, y también desmitificar la imagen que se tiene de las consecuencias de su uso y por ejemplo el pensar que es utilizado como una turbina es erróneo.

Durante la recopilación de nuestra información, nos encontramos con que existe insuficiente material de información en el área odontológica, aunque se ha profundizado más en el área quirúrgica. Consideramos que una de las razones por la cual no existe suficiente información es la inaccesibilidad por el alto costo del equipo láser. Quizá sea posible que con el avance tecnológico el sistema láser esté al alcance del especialista y hasta del cirujano dentista dentro de su práctica general.

El láser es una forma de luz estimulada que es absorbida por diferentes materiales, de ésta manera puede provocar bioestimulación y cambios en los tejidos, como es la vitrificación -cambio morfológico de las estructuras dentinarias- o desencadenando fenómenos como la hemostasia, esterilización de tejidos infectados, regeneración rápida de los tejidos, sin presencia de cicatrización fibrótica o queloide, edemas y dolor.

Es importante mencionar que los efectos producidos en tejido óseo, como inducción a la osteogenesis todavía no se encuentran bien demostrados, aunque actualmente se esta trabajando en ellos. Por eso no profundizamos sobre este tema, durante el desarrollo.

La utilización del rayo para incidir en zonas altamente fibrosas no es recomendable pues. se emplea demasiado tiempo en cortar estos tejidos, debido a que el aparato láser de uso medico tiene mucho menor potencia que otros equipos de uso industrial.

El estudio fue realizado con un láser CO<sub>2</sub>, Láasersat, Satelec. Qué es un láser de uso odontológico , con un rango de potencia de 0.5 a 5 watts, e intervalos de tiempo de 0.1 a 9.9 segundos de emisión continua o pulsada.

Esta tesina es material de información complementario del video "Láser CO<sub>2</sub> en Cirugía Bucal". Las imágenes clínicas serán presentadas durante la información contenida en el video.

## CONTEXTO HISTÓRICO

Cuando se descubrió el láser se observó inmediatamente que era un instrumento con un sinúmero de posibilidades de aplicación en muchas ramas de la ciencia . Este ha sido uno de los pocos descubrimientos científicos del siglo que han tenido una repercusión tan profunda en nuestra vida científica y tecnológica.

En el año de 1917 **Albert Einstein** estudió y predijo el fenómeno de emisión estimulada de átomos, según el cual un átomo que recibe un fotón (partícula de luz) de la misma longitud de onda de la que pueda emitir es estimulado a emitir una partícula de la misma naturaleza.

Posteriormente, a principio de la década de los 50's, se realizó un trabajo fundamental para la evolución del láser; el bombeo óptico, por **Alfred Kastler**; un método en el cual los electrones de los átomos suben al nivel deseado utilizando efectos de resonancia óptica.

Después **Charles H. Townes** y **Herbert Zeigner** en E.U. y simultáneamente en Rusia **Nikolay G. Basov** y **Alexander M. Prokhorov**, construyen un dispositivo que amplificaba las microondas mediante emisión estimulada, al que llamaron **M.A.S.E.R.**, acrónimo de las palabras en ingles, Microwave amplification by stimulated emission of radiation: Emisión amplificada de microondas por la radiación estimulada.

En septiembre de 1957, **Townes** y **Arthur Schowlow**, propusieron un dispositivo similar al máser , pero que emitiera luz en lugar de microondas. Y no es hasta 1960 que **Theodore H. Maiman** logra construir en los laboratorios de aeronáutica

Hughes, en Malibú, California el láser operacional, a partir de cristales sintéticos de rubí siendo este un láser sólido -el primer láser sólido- , y es también en este mismo año en que en los laboratorios Bell Alí Javan, pone a funcionar el primer láser de gas con una mezcla de helio-neón.

En 1964, **Patel** construye el primer láser de CO<sub>2</sub> y **Ralph Stern** y **Reiddar Sognaes** lo introducen a la odontología.

En 1972 se comenzó a diseñar el láser CO<sub>2</sub> para cirugía y se le dio el nombre de sus investigadores **Sharon** y **Kaplan**, se le conoció con el nombre de **Sharplan**.



# 1.- FÍSICA DEL LÁSER.

## 1.1 ¿QUÉ ES EL L.A.S.E.R.?

La palabra L.A.S.E.R. es un acrónimo formado por: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que significa en español, amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. El láser es simplemente una fuente de radiación luminosa cercana al espectro visible con características especiales que le dan una amplia gama de usos por su poder y versatilidad.

Debido a estas características, el láser puede ser introducido a varios campos de investigación científica, tecnológica y médica, así como en la vida cotidiana, por ejemplo, chequeadores de códigos, reproductores de discos compactos, videos láser, telefonía, etc.

## 1.2 PRODUCCIÓN DEL RAYO LÁSER.

Para comprender la producción del rayo láser debemos familiarizarnos con algunos términos y conceptos físicos.

Amplitud de onda: Es la distancia o elongación máxima que existe desde el punto de equilibrio hasta la cresta o valle de la onda.

Longitud de onda: Es la distancia que existe entre cresta y cresta o valle y valle de una onda.

El fenómeno de producción láser se lleva a cabo en un nivel atómico, es decir dentro de ciertos cambios de energía y partículas elementales de la materia. Entre las partículas más importantes que tenemos dentro del átomo está el protón, partícula con carga positiva y al neutrón partícula sin carga eléctrica, ambas forman el núcleo. a su alrededor gira el electrón que es una minúscula partícula con carga negativa y se encuentra en determinados niveles de energía u órbitas,

y ésta es la que se ve implicada en todos los fenómenos de producción de luz. La luz no es más que una forma de energía compuesta por partículas atómicas llamadas fotones. La cual se produce a partir de los fenómenos propuestos por Bohr al hablar de la *téoría de los cuantos*<sup>1</sup>, ésta nos dice que si un átomo gana un cuanto de energía, un electrón pasará de una órbita a otra superior o de más energía, y al perder energía éste bajará a la órbita de menor energía.

Con este principio se establece la producción de la luz, el electrón al ganar un cuanto de energía sube a la órbita siguiente (absorción), pero esto sólo ocurre por un lapso de tiempo muy corto ( $10^{-8}$  segundos), para mantener su estabilidad atómica baja a su órbita anterior y emite un cuanto de energía electromagnética, al que llamamos fotón. Este fenómeno se denomina **emisión espontánea**, el fotón emitido tiene una dirección completamente aleatoria.

El siguiente fenómeno importante de la interacción átomo-fotón es el proceso de **emisión estimulada**, su existencia fue propuesta por Albert Einstein en 1917, y es el proceso fundamental del láser. En él se encuentra la interacción entre un fotón y un átomo que inicialmente está excitado, como resultado de esta interacción el átomo pasa a su estado base emitiendo en el proceso un fotón que tiene las mismas características de dirección y de fase que el fotón inicial. Por lo tanto la radiación electromagnética resulta **coherente**, es decir tiene la misma longitud y amplitud de onda.

Pero esto es sólo el principio del láser: para obtener el rayo, se necesita que se mantengan los electrones en la órbita superior un tiempo considerablemente largo para darle oportunidad al fotón estimulador de llegar. Esto se logra gracias al fenómeno de **bombeo óptico**, provocado por subir constantemente los átomos del cuerpo al estado superior, esos caerán espontáneamente al estado inferior emitiendo luz, en forma independiente y desincronizada. En la emisión estimulada el bombeo óptico logra que la mayoría de los átomos estén constantemente en el

---

<sup>1</sup> Aboites, V. El láser. La ciencia desde México, Fondo de Cultura Económica, México D.F.1991.

nivel superior, éste proceso se denomina inversión de población, y es absolutamente indispensable para producir la emisión láser.

De ésta manera se tiene un material sujeto a bombeo óptico (medio amplificador) en el cual sus átomos tienen una vida media de ese estado superior lo suficientemente larga para permitir la emisión estimulada, y le aplicamos un fotón de la frecuencia adecuada para provocar la emisión estimulada, es fácil ver que se producirá una reacción en cadena, obteniéndose finalmente no un fotón, sino una multitud del mismo tipo, misma fase y frecuencia. Esto proporciona otra característica de la luz láser, la **monocromaticidad**, es decir, la luz producida corresponde a un color puro y dentro del espectro electromagnético, a una misma fase de longitud de onda.

De manera que el proceso sea continuo, se coloca un espejo semitransparente (90%) en un extremo de salida para regresar parte de los fotones y seguir provocando la emisión estimulada. En el otro extremo, de entrada se coloca un espejo completamente reflector (100%). al salir del dispositivo se emiten las ondas coherentes. en una misma dirección, casi paralelas, con un número de haces divergentes muy bajos; a esta propiedad de láser se le conoce con el nombre de **colimación**, muy importante para el control de la dirección del láser.

## **2.- DIFERENTES TIPOS DE LÁSERES Y SUS APLICACIONES.**

En este capítulo se referirán a los láseres más usados actualmente, observando sus principales características y diferentes aplicaciones.

Los principales tipos de láseres que existen se pueden clasificar en; continuos o pulsados por la forma de operación; de alta potencia o de baja potencia, por la densidad del rayo; por el color de la luz que emiten con respecto al espectro electromagnético o según el material del que están hechos.

A continuación se mencionan diferentes láseres clasificados según el estado físico del material que se usó como medio amplificador, y serán:

- a) Sólidos
- b) Líquidos
- c) Gaseosos

### **2.1 LÁSERES SÓLIDOS.**

Son aquellos que su medio activo es un sólido, y dentro de los más importantes se encuentran:

#### **2.1.1 Láser de Rubí.**

Éste fue el primer láser que funcionó en el mundo; utiliza una barra sintética de rubí con cromo, de 1 a 15 milímetros de radio y pocos centímetros de largo. Para

excitar ésta barra se utiliza una lámpara helicoidal de xenón y se dispara por medio de un banco de computadoras. Su rango espectral es rojo, su forma de operación es pulsada y la longitud de onda es de 694 nm.

El láser rubí es utilizado con éxito en áreas industriales, militares, médicas y científicas, pero por el costo de fabricación, la barra sintética de rubí, desde hace años, se ha ido reemplazando por láseres similares, principalmente por el de neodimio. La única diferencia entre estos láseres es su longitud de onda.

Hay que tomar en cuenta que sus aplicaciones pueden ser indistintamente empleadas para neodimio o rubí.

Entre sus aplicaciones industriales se encuentra en la microperforación y producción de componentes electrónicos; holografía interferométrica.

En la milicia como marcadores de blanco, en seguida de un misil o cohete sensor, logrando la destrucción del objetivo. En investigación para la realización de bombas nucleares altamente poderosas; recientemente se usó en programa estadounidense de defensa S.D.I., conocido popularmente como "Guerra de las galaxias".

Es utilizado dentro de la astronomía, por ejemplo para medir la distancia entre la luna y la tierra.

Dentro de las aplicaciones médicas su principal uso es en la dermatología y tumores no neoplásicos. Este láser fue el primero en utilizarse en medicina.

### **2.1.2 Láser Nd:YAG.**

Su nombre se deriva de Neodimiu-Ytrium Aluminium Garnet (neodimio-itrío aluminio gránate). Tiene como elemento activo al neodimio; hospedado en una barra YAG excitada con una lámpara de xenón pulsada igual que el láser de rubí. Su forma de operación es continua o pulsada, su rango espectral es infrarrojo y su longitud de onda es de 1.064  $\mu\text{m}$  y un máximo de poder de 30 w.

Sus aplicaciones tecnológicas, científicas, industriales y militares son similares que el láser de rubí, como se mencionó anteriormente. Aumentando la lectura de láseres compactos.

Hace 30 años que se usa en una amplia área de la medicina. Es absorbido por la pigmentación oscura de los tejidos. En oftalmología se utiliza para, coagulación de retina; en ginecología, oncología, otorrinolaringología y dermatología, entre otras, se utiliza para el tratamiento de tumores, lesiones vasculares profundas, lesiones hemorrágicas como hemangiomas cavernosos. Una de las ventajas es que provoca una hemostasia de vasos sanguíneos de varios centímetros de diámetro. Este láser tiene funciones parecidas al CO<sub>2</sub> provocando una incisión con hemostasia, esterilización de los tejidos, disminución del edema y dolor postoperatorio, acompañado de una rápida cicatrización. Sin embargo tiene un extenso tiempo de exposición, un amplio diámetro del rayo y menor precisión de la acción que causa un mayor daño al tejido circundante por la alta distribución de la energía.

Actualmente se ha diseñado un láser Nd:YAG específicamente para el uso en la odontología. con un poder bajo y pulsado. se utiliza en:

- Parodoncia, frenilectomías, gingivectomías, curetajes, etc.
- Remoción de tumores blandos benignos y malignos.
- Úlceras aftosas.
- Prótesis, operatoria dental (fotopolimerización de composites), etc.

## **2.2 LÁSERES LÍQUIDOS.**

El medio activo de estos láseres es un líquido en el que se encuentra disuelto un colorante como la rodamina 6G. Su ventaja es que se pueden sintonizar a cualquier color deseado desde el infrarrojo hasta el ultravioleta; según el colorante que se use, pero su excitación tiene que hacerse con el haz coherente de otro láser como el argón. Estos láseres son llamados también *Dye lasers* (láseres coloreados).

## **2.3 LÁSERES GASEOSOS.**

Son los más comunes y útiles y su medio activo es un gas como su nombre lo implica. Dentro de estos están:

### **2.3.1 Láser Helio-Neón.**

Fue también el primero de gas en utilizarse, el centro activo son los átomos de neón, la excitación de estos se realiza a través de los átomos de helio, conteniendo una parte de helio por siete partes de neón. Su rango espectral de color es rojo, verde o infrarrojo. Su forma de operación es continua y su potencia típica es de 10 mw.

Sin duda es uno de los más utilizados tanto en la investigación como para fines didácticos o industriales que no requieren de altas potencias luminosas.

Sus principales aplicaciones se encuentran en el área de la metrología construcción, topografía, holografía y la interferometría holográfica, en la industria naval, aeroespacial. es usado en pruebas de resistencia y confiabilidad en un elemento mecánico.

El láser helio-neón es utilizado conjuntamente con el láser CO<sub>2</sub> al que nos referiremos posteriormente en este estudio como Lasersat CO<sub>2</sub>, Satelec™. Le sirve como guía de impacto, además actúan sus propiedades terapéuticas antes mencionadas.

### **2.3.2 Láser de Argón ionizado.**

El láser argón data de la década de los 70's, su medio activo es un gas ionizado de argón, su rango dentro del espectro electromagnético esta dentro del azul al verde, su forma de operación es continua o pulsada y su potencia es de 10 mW. Requieren una corriente muy grande de amperes para poder ionizar el gas. La corriente tan alta resulta a muchas restricciones de tipo práctico, que no tienen otros láseres, por ejemplo: es necesario enfriarlo con agua y el tubo debe tener una construcción muy complicada y especializada. Además la vida de estos láseres es corta en comparación de otros. Una ventaja es la gran potencia con la que cuenta.

El láser argón puede proporcionar una potencia continua de hasta 100w y también pueden ser operados pulsadamente, por lo tanto se les ha encontrado diversas aplicaciones médicas, técnicas y científicas. Su uso en fotoimpresión y litografía es muy difundido; es usado para la cinética de reacciones químicas que solo se producen por radiación láser.

En la medicina se comienza a emplear en la década de los 70's en innovadores tratamientos de lesiones extensas. El láser es absorbido por la sangre y los tejidos pigmentados, proporcionando una hemostasis mayor que el láser CO<sub>2</sub>, y un control de los vasos de 1 a 2 milímetros de diámetro, este se puede usar en lesiones superficiales por que no tiene la penetración tan profunda del Nd-YAG; las lesiones vasculares como hemangiomas, telangiectasias y tatuajes son bien eliminados con este tratamiento. Una desventaja de este láser es que el operador necesita usar lentes de color rojo o anaranjado que pueden alterar su visión. El láser provoca problemas en el control del sangrado por que su acción es detenida por la hemoglobina.

Destaca, particularmente en la oftalmología para la fotocoagulación y soldando pequeñas áreas del globo ocular. el ojo es transparente a la luz entre



aproximadamente 0.38 y 1.4  $\mu\text{m}$ . a menores longitudes de onda el cristalino y la cornea absorben las radiaciones; a mayores longitudes de onda son las moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  presentes en el ojo las que absorben la luz. Por medio de radiación láser es posible actualmente tratar casos como desprendimiento de retina.

Es importante mencionar que además de las aplicaciones anteriores, este láser es ampliamente utilizado, a veces incluso en forma muy peligrosa e irresponsable, en los *laser-shows* (discotecas).

### **2.3.3 Láser de Bióxido de Carbono.**

Es sin duda alguna el láser más utilizado en los procesos industriales, así como en cirugía, comunicaciones (enlaces entre satélites), detección remota, crecimiento de cristales, etc.

El láser de bióxido de carbono es el más importante de los láseres moleculares. El medio activo es una mezcla de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y helio ( $\text{He}$ ). Dentro del espectro se encuentra en el rango infrarrojo invisible, y tiene un color rojo-anaranjado que se debe al helio.

Su forma de operación puede ser continua o pulsada y la potencia típica es de 100 w o más. Su longitud de onda es de 10.6  $\mu\text{m}$ , es tan alta que puede cortar muy fácilmente una gran variedad de materiales, incluyendo metales.

Existen actualmente una gran variedad de láseres  $\text{CO}_2$ , diferenciados, por las características de su amplificador (tubo con 2 espejos).

El medio activo en el resonador proporcionan una longitud de onda y un espectro de absorción que determina el campo de acción o aplicación de cada uno de ellos. Debido a las altas potencias proporcionadas por estos láseres se han difundido su acción a la industria metal-mecánica, plástica, textil, entre muchas otras.

Son usados en endurecimiento, corte, soldadura y perforación de metales; en la industria electrónica y automotriz, siendo esta última muy favorecida; también se ha usado en la meteorología y en la construcción naval. En estas aplicaciones el láser está sincronizado con sistemas automáticos computarizados tales como los robots-láser.

El láser CO<sub>2</sub> destaca en la tecnología médica por que su luz se puede concentrar en puntos más pequeños que la mayor parte de las cinco mil o más clases de células del cuerpo humano. por lo tanto no es sorprendente que el láser haya encontrado aplicaciones no solo en el tratamiento de lesiones, sino también en técnicas de diagnóstico como la fluorescencia inducida por el láser, la broncoscopia, que se ha mejorado de manera que ayuda a detectar tumores pulmonares desde las primeras fases. El oftalmoscopio, es un instrumento muy reciente, donde la imagen de la retina se agranda por medios electrónicos y de esta forma, queda preparada para ser observada en un monitor de televisión. Otro instrumento de diagnóstico es el velocímetro Doppler de láser que puede medir los distintos fluidos del cuerpo y la laparoscopia.

La cirugía el láser CO<sub>2</sub> cuenta con muchas ventajas entre las cuales encontramos, control de la hemostasia, una atraumática y precisa incisión sin tocar el tejido, la posibilidad de llegar a lugares inaccesibles, esterilización del campo operatorio y un postoperatorio sin complicaciones ni molestias como edema, dolor y cicatrización sin fibrosis o queloides.

Por estas razones se ha utilizado en ramas de la medicina como son: dermatología, exfoliación fototérmica, tratamiento de cicatrices superficiales, lentigo senil, nevos, tatuajes, queloides, etc. Ampliamente en cirugía plástica; ginecología, en procedimientos quirúrgicos de cervix uterino, últimamente en tratamiento de esterilidad dando buenos resultados; en proctología por la rapidez de la cicatrización y la inaccesibilidad de la zona; en procedimientos quirúrgicos

intraabdominales, por que el rayo puede ser transmitido a través de una fibra óptica. La facilidad de aplicación de las ondas guiadas y selladas, permiten un excelente acceso al campo quirúrgico, por ejemplo en la cirugía de vejiga urinaria; en oncología, para la eliminación de tumores; en otorrinolaringología, en el tratamiento de tonsilectomías, en el tratamiento de tumores benignos y malignos, granulomas de las cuerdas bucales, pólipos, nódulos y laringitis hipertróficas. Se utiliza muy frecuente en combinación con la microcirugía.

**Tabla 1.** Clasificación de láseres por el estado físico de su medio amplificador<sup>1</sup>.

	SISTÉMA	ELEMENTO ACTIVO	REGIÓN ESPECTRAL O COLOR	FORMA DE OPERACIÓN	POTENCIA TÍPICA
<b>SÓLIDOS</b>	RUBÍ	Cromo de barra de rubí	Rojo 694.3 nm	Pulsada	-
	Nd-YAG	Neodimio	Infrarojo 1.06µm	continua o pulsada	1 W
<b>GASEOSOS</b>	He-Ne	Neón	Rojo, verde o infrarojo 632.8 nm	continua	10 mW
	ARGÓN Ar+	Argón	Verde, azul 488 nm-514 nm	continua o pulsada	10 mW
	CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> , He	Bióxido de carbono	Infrarojo 10.6 µm	continua o pulsada	100 W

<sup>1</sup> Malacara, Daniel. Óptica tradicional y moderna, La Ciencia desde México; Fondo de cultura Económica, 1a edición. 1989

### 3.- EFECTOS DEL LÁSER CO<sub>2</sub> EN TEJIDOS.

Una comprensión de los efectos del láser CO<sub>2</sub> en los tejidos es importante para que el cirujano pueda producir el efecto deseado, para las diferentes necesidades quirúrgicas

Cuando cualquier material inerte o viviente es sujeto a radiación láser se produce una interacción, donde existe una coincidencia, entre la frecuencia de incidencia de los fotones y la frecuencia intrínseca de la materia irradiada.

La energía del láser CO<sub>2</sub> es una radiación térmica que se absorbe completamente por el agua, en una delgada capa de 50μ, esta propiedad que lo diferencia de otros láseres, lo hace ampliamente aplicable a todos los tejidos hidratados, incluyéndolo a los tejidos dentales y mucogingivales.

La baja capacidad de penetración del rayo que es dada por su longitud de onda (10.6μm) brinda una gran ventaja en términos de acción de los tejidos porque proporciona:

- 1) Una precisión de la destrucción
- 2) Un control de la profundidad del rayo.

Los efectos adyacentes prácticamente no existen y el tejido cercano a la zona de acción permanece intacto. En la superficie de acción hay una reflexión muy ligera del rayo; la mayor parte es absorbida hasta un 98%, mientras que la energía restante (2%) puede dispersarse a través de los tejidos adyacentes. El área térmicamente afectada depende de los parámetros usados. (fig-1)

Los tejidos irradiados por el láser CO<sub>2</sub> alcanzan en la superficie una temperatura del orden de los 1400°, mientras que a décimas de milímetro la temperatura es lo suficientemente baja para preservar la vitalidad del tejido.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Burgeois P. Comparision between traditional methods and the CO<sub>2</sub> method.C.R. de la Soriee Scientifique 26 th May. Societe Odontologuique de Paris Inf Dent. pp 3838.

# INTERACCION ENTRA UN LASER CO<sub>2</sub> Y UN TEJIDO BUCO-DENTAL.

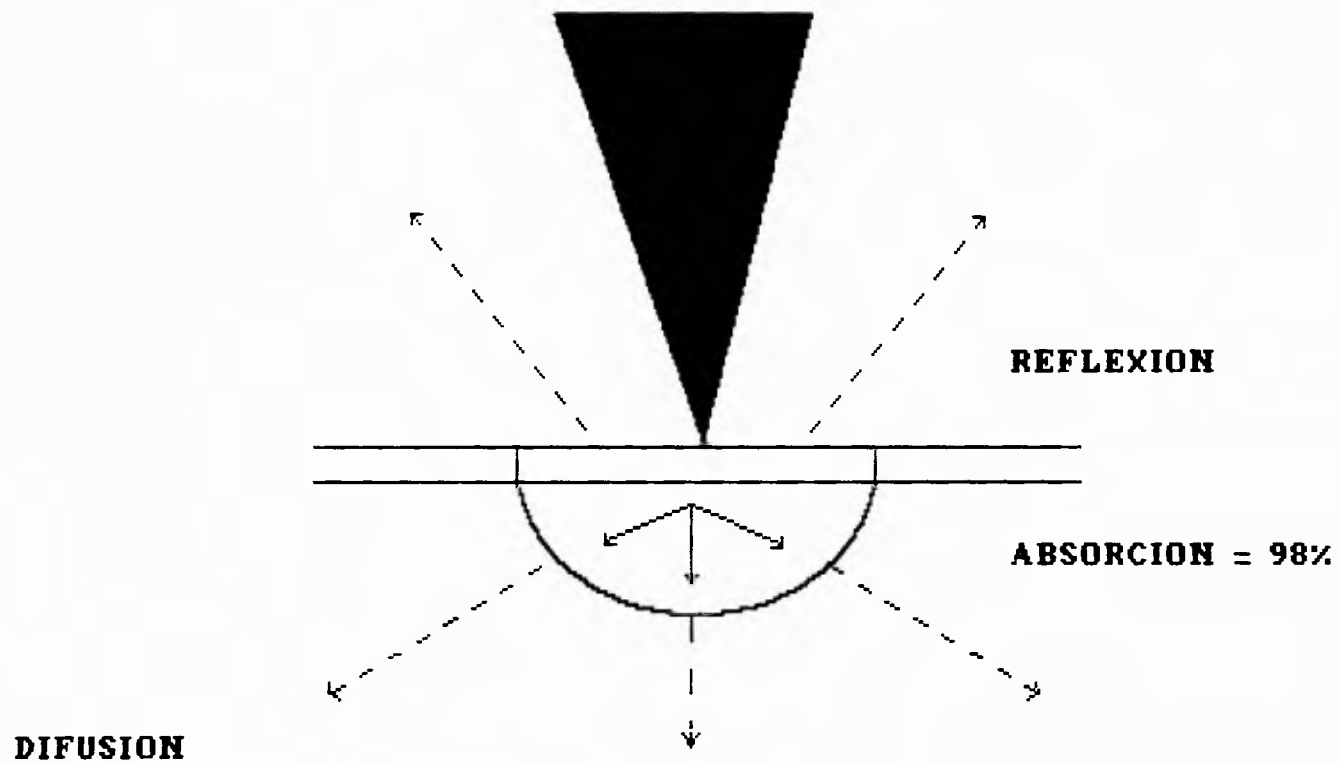


FIGURA No. 1

La energía incidente del rayo es transformada a energía calorífica a nivel tisular causando una vaporización inmediata del agua , la porción del tejido que absorbe la energía es instantáneamente deshidratada en una delgada capa que es consumida al mismo tiempo por el medio aéreo

El calor fluye a través de las masas a la superficie fría dando un aumento en el intercambio de agua a vapor , acompañado de una mayor absorción , la cual baja la velocidad de propagación de la onda caliente. El vapor se mueve hacia la superficie caliente , mientras al mismo tiempo , el calor sube por si solo , enfriando el área afectada por el calor, (el principio es similar al de una bomba de calor).

Una vez que el rayo láser CO<sub>2</sub> ha sido aplicado en la zona deseada , ocurren cuatro fenómenos de gran importancia tisular.

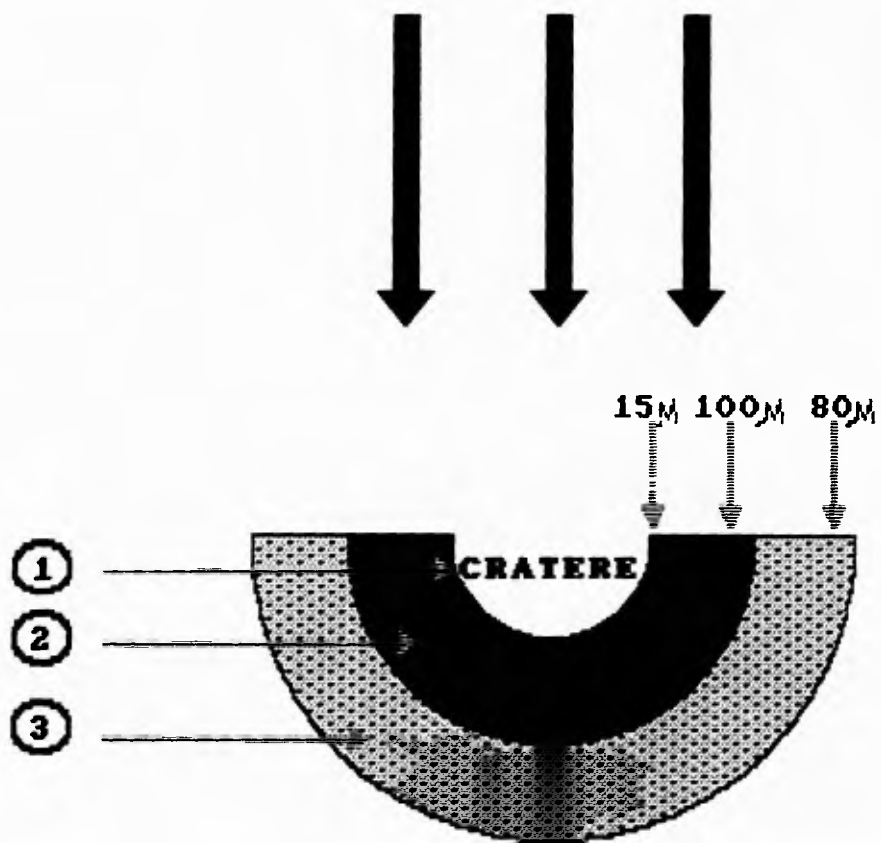
Inicialmente hay un aumento de temperatura causando un fenómeno pirógeno y una vaporización del agua intracelular, lo cual da una primera capa llamada **CRATERIZACIÓN**: por debajo de ésta, se crea una segunda capa de **CARBONIZACIÓN** tisular , ésta capa protege los tejidos más profundos , absorbiendo la mayor parte de la radiación, pasando a una delgada capa **ISOTÉRMICA**, donde la temperatura no excede de los 58°C , en ésta capa se da una coagulación de proteínas y una contracción celular; finalmente, se crea una capa **TÉRMICAMENTE NO AFECTADA**, que es límite de la acción del rayo.(fig-2). Estos fenómenos suceden en un plano de 0.3 mm de profundidad, variando de acuerdo al poder densidad y focalización del rayo.

Un poder más alto del rayo provoca una profundidad más grande de craterización , y una exposición más larga da un diámetro más grande de craterización .

### **3.1 EFECTOS A NIVEL CELULAR.**

1 La energía incidente del láser eleva la temperatura del agua celular a 100°Celsius.

**LESION EN EL TEJIDO CAUSADA POR UN IMPACTO DE  
LASER DE 25W CO<sub>2</sub>**



**FIGURA No.2**

2. La energía adicional cambia 100° de agua a 100° de vapor latente de vaporización ,por lo que un gramo de vapor de agua ocupa mucho más espacio que un gramo de agua líquida , la membrana celular se quema bajo la presión extrema producida.

3. Los fragmentos celulares, explotan dentro del curso del láser, aunado al vapor de agua caliente; estos fragmentos son esterilizados y carbonizados.

El láser produce una interacción de los fotones y las estructuras celulares, provocando una bioestimulación y una bioregulación celular , actuando principalmente sobre tres estructuras:<sup>3</sup>

**Mitocondrias;** aumenta la transformación de ADP en ATP, obteniendo una mayor producción de energía intracelular

**Membrana celular:** El láser contribuye a repolarizar la membrana , cuando esta se encuentra despolarizada . Al actuar normaliza la situación iónica intra y extra celular , como resultado se obtiene aumento de la vitalidad celular y restablecimiento de sus funciones .

**Protoplasma;** existen investigaciones en las que se demuestra la posibilidad de una interferencia de los fotones coherentes de la emisión láser con los centros de producción de fotones débiles de la estructura celular. Este fenómeno facilita las reacciones energéticas interestructurales, así como los ciclos metabólicos intracelulares de gran consumo de oxígeno , por lo que se comprueba un fenómeno de activación general celular.

### **3.2 EFECTOS SOBRE TEJIDOS DENTALES.**

Los efectos que causa el láser CO<sub>2</sub> en los tejidos dentales son:

- Sanación de la dentina
- Esterilización de la superficie
- Una nueva zona cristalizada o fusionada llamada vitrificación, que previene la caries secundaria-

---

<sup>3</sup> Harris DM. La bioestimulación láser. revisión e hipótesis. Wensre Laser Center, Chicago



- Una activación profunda de los odontoblastos induciéndolos a la dentinogénesis formando dentina secundaria o de reparación.
- Hemostasia pulpar.

### **3.2.1 Efectos en Esmalte.**

El efecto del rayo láser provoca en el esmalte, volatilización del agua, carbonización y fusión del tejido.

El contacto de punto de impulso causa un efecto de fusión de las estructuras minerales del esmalte, las cuales se cristalizan y sufren un enfriamiento, este efecto es llamado vitrificación.

El esmalte contiene menos del 1 % de agua, por lo tanto el efecto térmico podría rápidamente estrellarlo. De esta manera el láser CO<sub>2</sub> no se recomienda aplicar en esmalte, por que causa una deshidratación y resquebrajamiento de sus estructuras.

### **3.2.2 Efectos en Dentina.**

El rayo es absorbido por la dentina y la radiación fotonica transformada a calor, esta conversión de luz y calor depende de las características ópticos del material.

El efecto del láser CO<sub>2</sub> provoca una vaporización y volatilización del agua, seguida de una carbonización y reestructuración de la dentina induciendo la dentinogenesis.<sup>4</sup>

Los túbulos dentinarios son cerrados y reestructurados, convirtiéndolos resistentes a la disolución ácida y previniendo la recurrencia de caries, dando una dentina vitrificada

La zona vitrificada a nivel dentina ha sido calculada de 500 a 600 en la escala de Vickers, esta microdureza es casi igual que la del esmalte.

El rayo láser vaporiza el agua y crea una zona de fusión dando así el fenómeno de vitrificación de los túbulos dentinarios. Encontramos una zona térmicamente

---

<sup>4</sup> Burgeois P. Surface density of energy. Its importance in CO<sub>2</sub> laser operating procedures. Reveu de la Société Internationale des Laser Odonto-Stomatologiques, pp5-16.

afectada, donde existe una superficie de necrosis o carbonización, por debajo de esta encontramos dentina normal. En la pulpa hay una reorganización de odontoblastos y elaboración de dentina secundaria, y las células mesenquimatosas indiferenciadas de la pulpa migran hacia las orillas y se especializan como odontoblastos formando dentina de reparación.

### **3.2.3 Efectos en Pulpa.**

La energía de la densidad aplicada sobre la pulpa es baja, provocando un efecto menos violento. El láser CO<sub>2</sub> puede ser usado en tejidos frágiles porque sus efectos térmicos pueden ser disminuidos.

La radiación láser aplicada sobre comunicación pulpar produce los siguientes efectos:

- vaporización
- hemostasis capilar
- esterilización de la comunicación
- regeneración de la comunicación pulpar

Los vasos sanguíneos con un diámetro menor de un milímetro son cerrados por el láser CO<sub>2</sub> causando así una hemostasis. La coagulación es superficial; el rayo no penetra a través de los tejidos porque es contenido en un 98% por el agua de los tejidos cercanos; pero si el láser es usado en una potencia demasiado alta puede causar necrosis total de la pulpa.

En un tratamiento convencional sin el efecto del láser CO<sub>2</sub> la reparación de la dentina es obtenida ocasionalmente, pero no sistemáticamente; con el efecto láser la reparación de la pulpa es sistemática. El propósito del láser es conservar la vitalidad pulpar, mientras que con los tratamientos convencionales por lo general, siempre llega a la necrosis.

En las pulpas fibróticas son menos resistentes a este tratamiento; y es altamente efectivo en niños, adolescentes y adultos jóvenes.

La caries es resultado de una desmineralización por la acción bacteriana enzimática y los ácidos que éstas producen, los cuales reblandecen a la dentina.

El láser vaporiza y volatiliza la caries de la superficie de la dentina, la zona es esterilizada y por lo tanto las bacterias son destruidas, los odontoblastos superficiales también son destruidos y vaporizados por el impacto de láser a 4 w con pulsaciones de una décima de segundo con una técnica multipulsada; pero los odontoblastos de planos más profundos se estimulan.

La coagulación necrótica de la pulpa siempre debe ser reversible; de otro modo las células inflamatorias podrían ser incapaces de vencer a la necrosis, por lo tanto, como ya se dijo anteriormente, el láser debe ser usado en rangos adecuados. Para este tratamiento se utiliza un poder de 4 W, rayo focalizado y una técnica multipulsada.

### 3.3 EFECTOS SOBRE TEJIDOS MUCOGINGIVALES.

El efecto del rayo láser en tejido mucogingival, causa una recesión, vaporización y remoción parcial acompañado de hemostasis dando lugar a la esterilización del campo operatorio. En estos tejidos se necesita tener una extremada precisión en los parámetros de poder y focalización del rayo para la inhibición del sangrado y esterilización.

Esta técnica provee al paciente un máximo confort postoperatorio, con una ausencia de edema, infección, algias, y cicatrización fibrosa, se aplica el rayo focalizado para recesión y vaporización, y rayo desfocalizado para hemostasis y esterilización. Su poder va de 2 a 5 W con un tiempo de emisión que puede ir de un solo impulso a varios.

El láser CO<sub>2</sub> fundamentalmente es un vaporizador, y no tanto un coagulante por que únicamente oblitera vasos sanguíneos de menos de un milímetro, no obstante, es muy efectivo en las intervenciones donde se incida tejido mucogingival para lograr hemostasis, la hemorragia se controla con un poder de 2 W y tiempo de un segundo, y con técnica multipulsada.

La vaporización de la microcirculación. la obturación de vasos linfáticos y el mínimo daño a las estructuras y tejidos adyacentes son elementos que permiten disminuir el edema y la formación de cicatrices.

El efecto de esterilización en los tejidos es posible por las altas temperaturas desarrolladas por la superficie. éste efecto esterilizador depende de los rangos de dosis; en una dosis baja los microorganismos de la cavidad oral son resistentes; por ejemplo a 36 J/cm<sup>2</sup>. el *streptococcus fecalis* es resistente; a 357 J/cm<sup>2</sup> todos los gérmenes son destruidos lo cual nos dice por que es importante la dosificación para el tratamiento de patologías bucales.

$$\text{Energía E en Joules/cm}^2 = \frac{\text{Poder P en watts} \times \text{tiempo en segundos}}{\text{Superficie del área S en cm}^2}$$

Se usa con poder de 5w y defocalizado para coagular, eliminar leucoplasias simples y quelitis crónicas con poder de 10 a 15 W focalizado para vaporizar tejido, leucoplasias verrucosas y hemangiomas.

### **3.4 COMPARACIÓN ENTRE INCISIONES POR LÁSER, CRIOCIRUGÍA Y BISTURÍ.**

Se han realizado estudios comparativos de cicatrización en incisiones hechas por láser CO<sub>2</sub>, Nitrógeno líquido y bisturí convencional.

Clínicamente se ha observado las primeras 12 hrs. una mínima respuesta inflamatoria en la incisión por láser CO<sub>2</sub>, mientras que en la incisión por bisturíes más acentuada; y la realizada por nitrógeno líquido muestra un aspecto negrozco de la superficie, pero sin mostrar signos de muerte celular. Histologicamente la incisión realizada con láser CO<sub>2</sub> muestra una relativa ausencia de la inflamación alrededor de ésta, con un mínimo de destrucción celular en la zona de aplicación del rayo, y en la herida de bisturí muestra signos de extravasación de eritrocitos con una acción inflamatoria más intensa, en la incisión de nitrógeno líquido se aprecia una destrucción celular inicial con una relativa ausencia de respuesta inflamatoria.

A los cuatro días de la incisión láser ya ha comenzado a epitelizar, mientras que la incisión con bisturí presenta minimos signos de cicatrización y la criolesión presenta unas marcadas líneas con un área de necrosis.

Al séptimo día la incisión por bisturí ha comenzado a cicatrizar; la crioincisión ha comenzado a formar una firme escara. Histologicamente las incisiones láser y por bisturí han epitelizado, pero la reacción inflamatoria es mucho más grande en la de bisturí; la criolesión exhibe un exudado inflamatorio crónico que se extiende hasta la musculatura sin signos de epitelización.

A los 14 días las incisiones de láser y bisturí ha cicatrizado por completo, la criolesión muestra una firme escara con una subyacente epitelización imperfecta.

Esto nos demuestra que el láser CO<sub>2</sub> al coagular las proteínas inhibir la hemorragia y esterilizar el campo nos da una cicatrización más rápida sin infección y sin fibrosis<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Shira, Robert B. A comparison of carbon dioxide laser, liquid nitrogen cryosurgery, and scalpel wounds in healing. Oral surg Oral Med. Oral Pathol. vol 69, pp 269-273. 1990.

## 4.- Láser CO<sub>2</sub>.

### 4.1 ANTECEDENTES DEL LÁSER CO<sub>2</sub> EN CIRUGÍA BUCAL.

**Yahr** y **Strully** fueron los primeros en realizar una investigación en 1966 y descubrieron la posibilidad de seccionar tejidos vivos con el láser CO<sub>2</sub> y en el mismo año, en los laboratorios Polanyi se comprobó el efecto hemostático. Es en ésta misma fecha cuando **Goldman** sugiere tempranamente un tratamiento para dientes y tejidos suaves.

En 1971, **Hall** reporta una investigación realizada sobre los efectos del láser CO<sub>2</sub> sobre los tejidos. En 1973, **Strong**, elimina una leucoplasia con rayo láser CO<sub>2</sub>; y **Kaplan** y colaboradores remueven un tumor benigno y cáncer superficial de cavidad oral.

**Jako** fue el primero en demostrar experimentalmente un corte de tejido en cadáveres. Posteriormente en la práctica clínica, la captación del láser que preservaba la función normal de los tejidos adyacentes, minimizando la cicatrización en el sitio de intervención, en 1974.

En el mismo año, **Polanyi**, **Wallance** y **Pechjahar**, crean el micromanipulador que permitió usar el láser junto con el microscopio quirúrgico; lo cual a su vez hizo que pudiera ser utilizado en cirugías de difícil acceso, como en laringología.

En 1975, **Oosterhuis** y colaboradores reportan las ventajas del uso del CO<sub>2</sub> en cirugía tumoral, como la inhibición de sangrado y obliteración de los vasos linfáticos. **Sowislo** reporta la favorable cicatrización en 1979.

En 1987 **Horch** realiza la osteotomía y **Apfelberg** utilizó un láser de argón para remover lesiones vasculares como hemangiomas, después el láser CO<sub>2</sub> se utilizó para eliminar las mismas alteraciones vasculares.

Conforme ha transcurrido el tiempo se han desarrollado y perfeccionado las técnicas quirúrgicas que utilizan láser CO<sub>2</sub>, debido a las ventajas que ofrece.

Los primeros láseres eran demasiado grandes y necesitaban agua para su enfriamiento, disponían de un gran brazo articulado para transferir la luz desde el tubo del láser, posteriormente se fueron perfeccionando haciéndolos más pequeños en tamaño y con mayor potencia y sin problemas de sobrecalentamiento.

#### **4.2 COMPONENTES DEL LÁSER CO<sub>2</sub>.**

El láser propiamente dicho está contenido en una pieza de mano que consta de una cavidad cerrada por dos espejos que contienen el gas de bióxido de carbono, el cual da un láser invisible, y los gases de helio y neón que dan origen a un láser blando coaxial que permite la localización de un punto de 0.3mm, de color rojo-anaranjado, para saber con precisión donde se dará el impacto fotónico del láser. La propagación lumínica es guiada por medio de un amplificador, resultando así la emisión de fotones de un láser guiado de ondas selladas y con una longitud de onda de 10.6 μm.

El rayo es focalizado por una lentilla de 30 mm de distancia focal a través de un embudo especial en la pieza de mano. El aparato consta con un microprocesador que posibilita programar la temperatura de exposición (1700°C) de salida por medio de una regulación del tiempo de exposición de 0.1 a 9.9 segundos, con intervalos de décimas de segundo y una potencia modulada normal de impacto de 0.5 a 5 watts. El láser puede tener acceso a todas las zonas del órgano dentario ya que la pieza de mano consta de dos espejos aplicadores, uno recto y otro angulado, de la misma manera que los espejos de rodio -material que permite la reflexión del rayo sin pérdida de potencia- posibilitan llegar a las zonas más inaccesibles.



El láser CO<sub>2</sub> es operado por un pedal conectado a una llave de seguridad con un control de emisión manual. Tiene un sistema de seguridad que se activa cuando hay una inapropiada conexión, manipulación errónea o sobrecalentamiento, que automáticamente detiene la emisión hasta que la falla se halla corregido.

#### **4.3 APLICACIONES DEL LÁSER CO<sub>2</sub> EN CIRUGÍA BUCAL.**

La odontología requiere de instrumentos que le brinden una mayor eficacia, rehabilitación y seguridad en la práctica quirúrgica; como la realización de una incisión sin tocar o lesionar tejidos en condiciones totales de esterilidad y hemostasia, funcionando como un verdadero bisturí óptico; proporcionando un campo de visión más claro y amplio, un tiempo de trabajo disminuido, con menos susceptibilidad a complicaciones postoperatorias; siendo innecesario premedicar drogas antiinflamatorias, analgésicas y antibióticos. Como antes mencionamos el láser en los tejidos proporciona esterilización del campo quirúrgico, lo que da por resultado una zona aséptica, por lo tanto la intervención es mucho menos molesta para el paciente.

Dentro de la cirugía bucal lo utilizamos con éxito por sus siguientes beneficios:

- Procedimientos con hemostasia.<sup>1</sup>
- Diseño de la cirugía en zonas altamente vascularizadas.
- Extirpación de tumores altamente vascularizados.
- Cirugía de enfermedades malignas.
- Procedimientos en tejidos altamente infectados.
- Cirugía en pacientes con coagulopatías.
- Microcirugías.
- Tratamiento ambulatorio en lesiones cutáneas.
- Dermoabrasión por láser computarizada.
- Incisión en tejidos específicos.
- Microanastomosis.
- Cicatrización de tejidos.
- Cirugía extensa e invasiva.
- Procedimientos en pacientes inmunosuprimidos.

---

<sup>1</sup> Kaplan, Issac. Twenty years of CO<sub>2</sub> laser surgery: A review and update. J. of Clin. Laser Med. Surg. vol 11: 2, 1993, pp 57-60.

El láser CO<sub>2</sub> se usa en la mayoría de las cirugías que involucran tejidos dentales y mucogingivales. Tomando en cuenta que no reemplaza las técnicas e instrumentos tradicionales, como son la pieza de mano y los anestésicos. Actualmente el láser se utiliza en un gran número de procedimientos quirúrgicos odontológicos principalmente en:

- Formaciones angiomasas
- Frenilectomías
- Cirugía apical
- Cirugía tumoral
- Cirugías periodontales
- Cirugía preprotésica
- Lesiones premalignas como leucoplasia
- Lesiones aftosas (sin necesidad de bloqueo)

#### **4.3.1 Formaciones Angiomatosas**

Los hemangiomas son consideradas las más comunes patologías benignas de origen congénito en humanos. En la remoción de hemangiomas con láser se observa una impresionante recuperación postoperatoria después de dos meses. Muchos hemangiomas y lesiones arteriovenosas de piso de boca y lengua, representan potencialmente un problema clínico; si bien, no existe un estudio sobre la incidencia en la literatura médica, aproximadamente el 50% de todos los hemangiomas, y el 70% de todos los linfangiomas se encuentran en cabeza y cuello, no obstante muchas malformaciones vasculares que ocurren en esta área, se relacionan con condiciones sistémicas y síndromes.

Los pacientes con lesiones arteriovenosas que presentan sangrado recurrente como resultado de mordidas en la lengua presentan síntomas comunes como, dolor debido al traumatismo, y al aumento de volumen de la lesión; provocando dificultad para respirar, masticar, deglutir o hablar. Muchos tipos de tratamientos no láser representan problemas y resultados insatisfactorios. Los procedimientos agresivos de excisión incluyendo el de láser CO<sub>2</sub> presentan una recurrencia inaceptable al remover grandes porciones de tejido intraoral. El láser de argón o Nd:YAG también pueden ser usados para la fotocoagulación de estas lesiones.

El láser CO<sub>2</sub> se utilizará en lesiones angiomatosas de tipo capilar, linfangiomas y lesiones superficiales vasculares de cabeza y cuello, y no es tan efectivo en hemangiomas cavernosos, lesiones profundas y hemolinfangiomas, que se han de tratar con láser de argón y Nd:YAG por que tienen la capacidad de lograr hemostasia en vasos de mayor calibre.<sup>2</sup>

#### **4.3.2 Frenilectomías**

Se utiliza perfectamente para el tratamiento de frenillos, con inserciones cortas musculares, o fibrosas o largas: la gran ventaja es que no es necesario suturar, ya que el tejido incidido es cauterizado y eliminado. El tiempo requerido es

---

<sup>2</sup> Actis, Adriana, Oral hemangiomas Treated with Nd:YAG and CO<sub>2</sub> laser of Clinical Laser Medicine and Surgery vol 11:2. 1993. pp91-94.

### **4.3.1 Formaciones Angiomatosas**

Los hemangiomas son consideradas las más comunes patologías benignas de origen congénito en humanos. En la remoción de hemangiomas con láser se observa una impresionante recuperación postoperatoria después de dos meses. Muchos hemangiomas y lesiones arteriovenosas de piso de boca y lengua, representan potencialmente un problema clínico; si bien, no existe un estudio sobre la incidencia en la literatura médica, aproximadamente el 50% de todos los hemangiomas, y el 70% de todos los linfangiomas se encuentran en cabeza y cuello, no obstante muchas malformaciones vasculares que ocurren en esta área, se relacionan con condiciones sistémicas y síndromes.

Los pacientes con lesiones arteriovenosas que presentan sangrado recurrente como resultado de mordidas en la lengua presentan síntomas comunes como, dolor debido al traumatismo, y al aumento de volumen de la lesión; provocando dificultad para respirar, masticar, deglutir o hablar. Muchos tipos de tratamientos no láser representan problemas y resultados insatisfactorios. Los procedimientos agresivos de excisión incluyendo el de láser CO<sub>2</sub> presentan una recurrencia inaceptable al remover grandes porciones de tejido intraoral. El láser de argón o Nd:YAG también pueden ser usados para la fotocoagulación de estas lesiones.

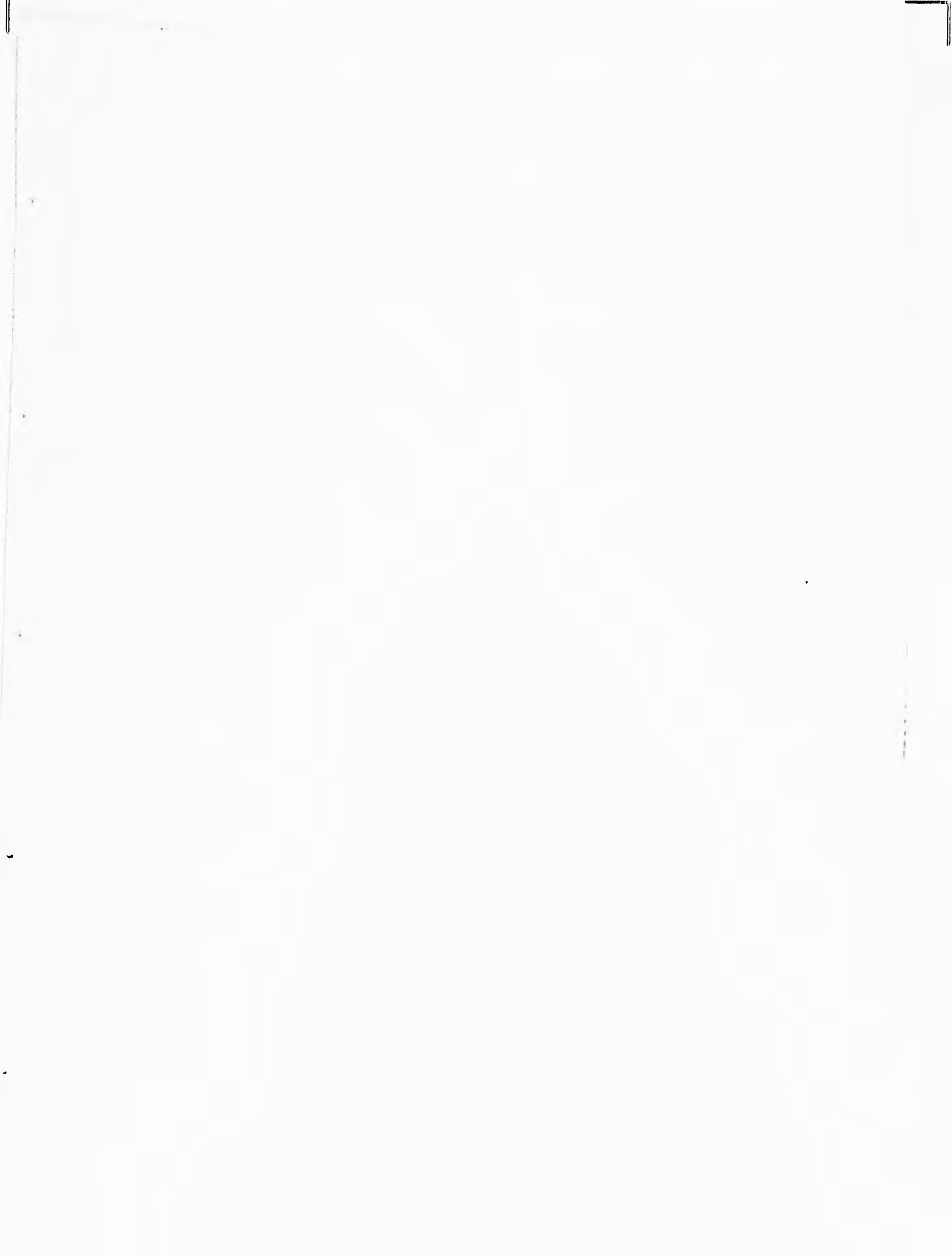
El láser CO<sub>2</sub> se utilizará en lesiones angiomatosas de tipo capilar, linfangiomas y lesiones superficiales vasculares de cabeza y cuello, y no es tan efectivo en hemangiomas cavernosos, lesiones profundas y hemolinfangiomas, que se han de tratar con láser de argón y Nd:YAG por que tienen la capacidad de lograr hemostasia en vasos de mayor calibre.<sup>2</sup>

### **4.3.2 Frenilectomías**

Se utiliza perfectamente para el tratamiento de frenillos, con inserciones cortas musculares, o fibrosas o largas: la gran ventaja es que no es necesario suturar, ya que el tejido incidido es cauterizado y eliminado. El tiempo requerido es

---

<sup>2</sup> Actis, Adriana, Oral hemangiomas Treated with Nd:YAG and CO<sub>2</sub> laser of Clinical Laser Medicine and Surgery vol 11:2. 1993 pp91-94.



realmente corto, ya que para esto se necesita únicamente un minuto de aplicación del rayo. no crea recurrencias ni fibrosis, logrando un excelente postoperatorio.

En estas cirugías, el láser es usado como un instrumento de corte preciso, removiendo la lesión y provocando coagulación simultánea, e inhibiendo la hemorragia, que es una complicación muy común en los procedimientos convencionales.

#### **4.3.3 Cirugía Apical**

El acceso o incisión se realiza con el rayo láser; se levanta el colgajo convencionalmente y se inhibe la hemorragia con un impulso, se realiza la osteotomía y la resección apical con los medios tradicionales, algunos autores proponen que se puede usar el láser para realizar la osteotomía<sup>3</sup> y la resección apical, también se elimina el tejido quístico por vaporización usando el láser.

El láser esteriliza la cavidad quística, superficie radicular, cemento y dentina, evitando así recurrencia por restos epiteliales remanentes. Posteriormente se esteriliza el hueso y la cicatrización se lleva a cabo perfectamente; no hay resorción apical postoperatoria, por el efecto de vitrificación en el tejido dental.

El colgajo es suturado, y se puede usar el láser CO<sub>2</sub> por su efecto hemostático en los márgenes de la incisión para lograr una coagulación y cierre de capilares y pequeños vasos sanguíneos, reduciendo los efectos indeseables de la cicatrización por la presencia de sangre y falta de adhesión en la región por la sutura.

#### **4.3.4 Cirugía Tumoral**

La aparente facilidad de operación del láser CO<sub>2</sub> como instrumento principal puede causar un indiscriminado uso por parte del cirujano, como en el caso de una cirugía tumoral improvisada, donde no se ha realizado una biopsia previa para emitir un juicio sobre la malignidad de la lesión; ya que durante la

---

<sup>3</sup> R. Kim Davis. Lasers in Otolaryngology-Head and Neck Surgery. W:B Saunders Company, 1990, cap. 9.

intervención , el tejido irradiado por el láser es evaporado, por lo tanto es imposible realizar una biopsia confirmatoria, ésta podría ser una desventaja de la cirugía tumoral láser. Existe un gran número de estados "precancerosos" en la boca, de esta manera las complicaciones son frecuentemente benignas con algún riesgo de malignización que puede ser evitado. Es erróneo decir que el tratamiento sea desfavorable por la metástasis que pueda provocar la remoción quirúrgica con este método, porque se realiza el procedimiento convencional de amputación de una extensa zona de tejido sano, y por sus ventajas de precisión, hemostasia y esterilización va a impedir la metástasis.

Se debe de evitar el uso láser CO<sub>2</sub> para la remoción quirúrgica de la membrana mucosa, cirugía plástica por deslizamiento de injertos de piel porque tiene la tendencia de ampliar la extensión de la remoción preventiva de lesiones de este tipo.

#### **4.3.4 Cirugía Preprotésica.**

Este tipo de cirugía se utiliza para eliminar enfermedades de la membrana mucosa oral para que la prótesis pueda ser instalada en condiciones óptimas de función, fisiología y estética. Una amplia variedad de técnicas quirúrgicas normales facilitan considerablemente el rango de mejoras, las suturas juegan un papel importante dentro de la nueva morfología de la zona, estos cambios pueden obtenerse con gran precisión usando el láser CO<sub>2</sub> ya que no se requieren suturas extensas.

#### **4.3.5 Cirugía Periodontal**

Solo es posible reparar las lesiones periodontales cuando el tejido de granulación es completamente removido de las bolsas periodontales. El láser CO<sub>2</sub> es marcadamente eficiente para este tipo de operaciones. Este resultado no puede ser obtenido completamente por los instrumentos tradicionales ya que el procedimiento manual presenta sus limitaciones: el tejido epitelial infectado puede ser removido en el colgajo con mucha precisión y eficacia.



El láser CO<sub>2</sub> elimina el tejido de granulación a la vez que esteriliza las bolsas periodontales. Las áreas de cemento necrosado se remueven de la raíz y son esterilizados, de ésta manera se puede lograr que el cemento en buen estado pueda adherirse a tejido gingival.

No existen problemas particulares para el uso de láser CO<sub>2</sub> en la remodelación de hueso. También en la secuestrectomía, la zona de excisión es esterilizada, eliminando completamente la infección circundante. Este tipo de osteoplastia causa mucho menos daño que el provocado por fresa quirúrgica e irrigación.

#### **4.3.7 Lesiones premalignas como la leucoplasia.**

El tratamiento temprano con láser CO<sub>2</sub> de cáncer en cavidad oral es muy exitoso, pues controla la hemorragia de vasos sanguíneos de hasta un milímetro de diámetro. Se usa en tratamiento de lesiones benignas y carcinomas *in situ*. El láser CO<sub>2</sub> se utiliza también en cirugía de orofaringe como tonsilectomías, con excelentes resultados por su precisión de corte y alcance; resección de lengua, tratamiento de leucoplasias extensas<sup>4</sup>, etc. Sin embargo las limitaciones del láser incluyen aspectos en las cuales se tenga que realizar una resección ósea u ostectomía por que el alto poder de densidad que es requerido.

En lesiones de extensiones profundas de mucosa labial o músculos bucales gruesos tampoco es recomendable tratarlo con láser.

El Nd:YAG es particularmente aplicable para tejidos pigmentados oscuros, tales como lesiones vasculares, sin embargo por la larga extensión de tiempo, largo diámetro del rayo y la alta distribución de energía con la que cuenta éste láser, causa más daño al tejido circundante. La ventaja que tiene sobre el láser CO<sub>2</sub>, es que es empleado en lesiones vasculares más profundas tales como hemangiomas cavernosos porque puede proveer hemostasia de vasos de varios milímetros de diámetro.

---

<sup>4</sup> R. Kim Davis. Lasers in Otolaryngology-Head and Neck Surgery. W:B Saunders Company, 1990, cap. 10.

Las primeras investigaciones de tratamientos premalignos fueron con leucoplasia. Cuando son lesiones únicas y pequeñas se pueden retirar por eliminación con electrocauterio, electrofulguración y criocirugía; éstas técnicas tienen éxito solamente en lesiones pequeñas y localizadas.

La leucoplasia se ha tratado de dos maneras<sup>5</sup> :

- Por excisión contorneada como un bisturí
- Por vaporización.

Cuando las lesiones son vaporizadas, el láser se utiliza como pincelando sobre la superficie de la lesión, por esto destruye la lesión y generalmente es usada en leucoplasias generalizadas y extensas. La desventaja es que no se puede examinar el tejido para determinar si el cáncer existe en algún área.

También se usa en eritroplasia, mucho más cancerosa. El tratamiento con láser se realiza por una biopsia excisional del área eritroplásica.

El láser se puede usar de dos formas en cavidad oral:

- Usando microcirugía con el láser liberado a los tejidos por un micromanipulador.
- Liberando energía láser usando una pieza de mano que puede servir al mismo tiempo de escalpelo

La técnica microquirúrgica ofrece precisión microscópica y excelente visualización, ambas técnicas son exitosa para leucoplasia, eritroplasia y cáncer temprano.

#### **4.3.6 Lesiones Aftosas.**

El láser CO<sub>2</sub> provoca los mismos efectos de cicatrización en los casos de solución de continuidad, ya sea por traumatismos o por virus -Herpes-, el láser elimina, esteriliza y promueve la cicatrización de las aftas, inhibiendo el grado de recurrencia en las lesiones.

Las ventajas de la cirugía oral son:

---

<sup>5</sup> R. Kim Davies, Lasers in Otolaryngology-Head and Neck Surgery, W:B Saunders Company, 1990. cap 9.

- Incremento de precisión, hemostasia, disminución del edema y dolor en el postoperatorio, mejor cicatrización y sanación de la herida, menores complicaciones febriles, menor tiempo de hospitalización.

- Menor tiempo del transoperatorio.

Complicaciones en la cirugía láser<sup>6</sup>.

1.- Quemaduras.

2.- Cicatrices

3.- Hemorragias

4.- Perforaciones

5.- Fuegos y explosiones del material de intubación<sup>7</sup>

6.- Lesiones oculares

7.- Electrocutión

8.- Dolor y obstrucción

---

<sup>6</sup> R: Kim Davies, Lasers in Otolaryngology-Head and Neck Surgery, W:B Saunders Company, 1990, cap. 1.

<sup>7</sup> Arnold, James E. Effect of Extraluminal Oxygen on Carbon Dioxide Laser Ignition of Endotracheal Tubes. Arch Otolaryngol Head Neck Surg Vol 118, July 1992. pp 722-724.

## 5.- SEGURIDAD.

Los láseres se han vendido y usado comercialmente, están sujetos a un conjunto de estrictas normas de seguridad, son precauciones que se deben tomar con respecto a la exposición de la luz láser. En principio todo láser es en algún grado peligroso y debe evitarse la exposición con el cuerpo.

Para estandarizar la clasificación, la C.D.R.H.(Center of Divices And Radiological Health) ha dividido a los láseres en 5 grupos o clases. La clasificación de los láseres depende de su producción de poder, (en julios o watts). La duración de la emisión, la longitud de la onda , etc. Los láseres debe llevar una etiqueta adherida de peligro en un lugar visible, incluyendo la clase de láser que es.

### 5.1 CLASIFICACIÓN DE LÁSERES.

CLASE I .- Se consideran láseres clase I aquellos que no causen daños biológicos, que tienen emisión ultra-violeta, visible o infrarrojo dentro del espectro electromagnético. En otras palabras son inofensivos. Un ejemplo es el He-Ne (632.8 nm) operándolo a pocos watts. Y el arseniuro de galio (GaAs) (820 a 905 nm)

CLASE II .- Se aplica a los cuales su producción no exceda los límites de la clase I, de duración de 1.000 seg o menos, estos láseres pueden causar daños en la retina cuando inciden directamente o después de reflejarse sobre el ojo. Está clase es confinada a los láseres con una longitud de onda entre 400 y 710  $\mu\text{m}$  dentro del espectro visible.

CLASE III .-En ésta clase se distinguen dos subclases:

III A - Láseres que se encuentran dentro de la luz visible (400 y 710  $\mu\text{m}$ ) con un poder de producción de un rango de menos de 5 mW .Entre estos se encuentran, el Helio-neón de menos de 5 mW.

IIIB.- Ésta clase se aplica a los láseres que emiten luz ultravioleta visible e infrarrojo y su poder de producción va de 5 a 500 mW dentro del espectro visible , a menos que el rayo sea visible. Entre estos encontramos, el láser argón de 100mw y que es usado en "shows laser".

CLASE IV .- Ésta categoría son aquellos capaces de emitir grandes potencias "láseres brutos", pueden estar dentro de la radiación visible o invisible, son peligrosos para los ojos y piel si el rayo se dirige directamente o reflejado. Encontramos los láseres de CO<sub>2</sub>, Nd-YAG, Nd-Vidrio y rubí entre otros. Estos láseres necesitan tener un piloto y un obturador de seguridad en caso de malas conexiones o disparos accidentales.

CLASE V .- Son láseres de alta potencia y están teniendo un gran auge, en la que la principal característica es que deben quedar siempre confinados no permitiéndose la salida de ningún reflejo.

Los sistemas de seguridad deben sufrir revisiones periódicas para garantizar su buen funcionamiento. Los láseres emiten radiación electromagnética usualmente entre la luz visible o infrarroja. La piel es imparcialmente resistente aún cuando la exposición sea de varios watts. Pero el ojo es más susceptible al daño, y el efecto de la luz láser sobre la retina es lo más preocupante aún cuando sea una pequeña exposición de 20 o 50 watts de rayo focalizado directamente dentro de un espectro visible o infrarrojo puede causar ceguera temporal o permanente.

La prolongada exposición de radiación y una mayor focalización del rayo puede causar lesiones sobre la superficie de la retina. Las lesiones de la retina pueden sanar pero muchas dejan puntos de ceguera<sup>1</sup> . En el peor de los casos cuando un láser es expuesto en un mínimo de 100 a 200 mw tal como el láser de argón

---

<sup>1</sup> Gordon MC Comb, The Laser Cook Book, TAB-Books Division of Mc Graw Hill Inc. 1988, p 21.

(usado en Shows) una exposición constante de unos segundos o más sobre el nervio óptico de la retina puede causar ceguera total. El daño en retina es raro cuando se usan láseres de hobby que son expuestos con un poder de menos de 5<sup>m</sup> a 10 mw. En efecto, ha habido unos cuantos accidentes reportados en varias décadas desde que se ha utilizado más frecuentemente y muchos de estos han estado relacionados con electrocución, por el alto voltaje que es administrado, y no tanto por la exposición del rayo láser. Los efectos de la exposición las luces brillantes sobre los ojos son acumulativas produciendo un hábito de descuido a la brillantez del láser dentro de los ojos, esto solamente incrementa la probabilidad de crear problemas oculares a lo largo de la vida.

#### 4.2 SEGURIDAD DENTRO DEL CONSULTORIO DENTAL.

La seguridad o inocuidad del láser depende del conocimiento exacto de la física del haz del láser y los efectos tisulares que este produce. El cirujano debe estar capacitado para utilizar un láser y conocer perfectamente el funcionamiento del láser y lo anteriormente dicho

Las medidas de seguridad para usar el láser CO<sub>2</sub> son poco complejas por que se utiliza en cirugía de campo abierto así como en vías respiratorias y cavidad oral. El cirujano dentista trabaja cerca de vías respiratorias por lo tanto debe tener precauciones específicas para prevenir incendios del material auxiliar como eyectores, y a nivel quirófano sondas endotraqueales de cloruro de polivinilo<sup>2</sup>, por que desprenden humos tóxicos, que pueden ser inhalados por el paciente.

Otra precaución que se debe tomar es la colocación de lienzos quirúrgicos húmedos alrededor del campo, para que no vaya a arder por una emisión accidental de un haz del rayo láser.

Se recomienda que el instrumental sea ennegrecido colocando polvo opaco de cristal (esmerilado), es útil para evitar el reflejo accidental del láser en caso de que se incida sobre ellos.

El aparato láser debe estar apagado (OFF) o pendiente (STAND-BY) cuando no se este utilizando. El pie del operador debe estar lejos del pedal para evitar una descarga accidental cuando no se este utilizando. El láser incluye una llave de seguridad que impide una descarga accidental o una mala conexión.

En intervenciones quirúrgicas mayores es importante aspirar constantemnete el humo provocado por la carbonización de los tejidos, eliminándolo del medio para que no sea inhalado por el paciente o por el personal: El humo impide la visión

<sup>2</sup> Ronald Allen Krichner, Cirugía con Láser, Ed Mac Graw-Hill, 1989, p 863.

del campo operatorio al cirujano, y puede estar también compuesto de partículas inflamables<sup>3</sup>.

El cirujano, asistentes y paciente deben usar indistintamente lentes de protección para cuando se aplica el rayo láser, tomando en cuenta que aún con los lentes de protección se debe prevenir la exposición directa de la luz láser. Algunos láseres pueden penetrar los lentes pero esto es dependiendo de la producción de poder.

El color de los lentes variará dependiendo de la longitud de onda del láser por ejemplo para el láser CO<sub>2</sub> y el de He-Ne se necesitan lentes de vidrio o cuarzo transparentes; para el Nd:YAG se usan de color naranja y de cristal; para el Argón, azul o verde.

Cuando se usa un láser CO<sub>2</sub> para cualquier finalidad se deben cerrar las puertas de la estancia, y colocar señales de precaución, "LASER en uso", permitiendo la entrada al personal que conozca las normas de seguridad.

La inocuidad de las técnicas quirúrgicas que utilizan láser dependen del conocimiento que tenga el operador sobre los efectos en los tejidos. El láser es un método inocuo, que se emplea en lapsos muy breves, con aplicaciones de gran intensidad. El cirujano debe emplear la mayor potencia posible para obtener un menor tiempo que sea cómodo para él y para el paciente. Hay que evitar la aplicación continua del láser, se deben dar periodos de reposo y es conveniente lavar con solución salina para que en caso de transferencia de calor a los tejidos adyacentes estén protegidos. Esto es esencial en cirugías mayores.

---

<sup>3</sup> Ronald Allen Krichner. Cirugía con Láser. Ed Mac Graw-Hill. 1989, p 863.



## **CONCLUSIONES.**

Gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología, el láser CO<sub>2</sub> es un instrumento más de uso diario en el consultorio dental, ya que ofrece grandes ventajas, observando un mínimo de desventajas en las técnicas quirúrgicas, como es, el tiempo requerido para hacer la incisión en tejido fibroso, la limitación para realizar estudio histopatológicos de lesiones que han sido vaporizadas, un mal empleo por el desconocimiento de los efectos que produce. La cirugía láser necesita ser extremadamente precisa en sus parámetros de poder y focalización del rayo para la inhibición del sangrado y esterilización.

Las ventajas durante el transoperatorio para el cirujano dentista son, una incisión precisa, hemostasia y esterilización del campo operatorio, y un tiempo quirúrgico más corto.

Ésta técnica provee al paciente de un postoperatorio extremadamente rápido con una duración mínima de tres días, disminuyendo considerablemente el edema, la infección y el dolor: favoreciendo la cicatrización sin fibrosis, resultando así un excelente tratamiento acorde a nuestra época.

## BIBLIOGRAFÍA.

- ACTIS, Adriana. Oral Hemangiomas Treated with Nd:YAG and CO<sub>2</sub> Laser. J. of Clin. Laser Med Surg. 1993, vol 11:2, 91-94.
- BURGEOIS.P. Surface density of energy. Its importance in CO<sub>2</sub> laser operating procedures. Reveu de la Societé Internationale des Lasers Odonto-Stomatologiques. nº 1 pp 6-15. 1989.
- BURGEOIS P. CO<sub>2</sub> Lasers in dentist's surgery: daily use. Comparision Between traditional methods and the CO<sub>2</sub> method. C:R: de la Sorlée Scientifique 26th May 1988 organized by Societé Odontologique de Paris, Inf. Dent., 31 pp 2838,1988.
- DUNCAN, Yu. Comaprision of Three Lasers on Dental Pulp Chamber Temperature Change. J. of Clin. Laser Med. Surg. Vol 11:3. 1993. 119-122.
- FRAME, John W. Carbon Dioxide Laser Surgery for benign oral lesions, Brit. Dent. J. 1985; 158: 125. February vol 23.
- GASPÁR, L. The Use of High-Power lasers in Oral Surgery. J. of Clin. Laser Med. Surg. 1994. vol 12:5; 281-285.
- KAPLAN, Issac Twenty Years of CO<sub>2</sub> Laser Surgery: A Review and Update. J. of Clin. Laser Med. Surg. 1993. vol 11:2; 57-60.
- PICK. R.M. and PECARO. Use of the laser CO<sub>2</sub> in soft tissue dental surgery. Laser Surg. Med. 1987, 7: 207-213.
- SHIRA, Robert B. A comparision of carbon dioxide laser, liquid nitrogen cryosurgery, and scalpel wounds in healing. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 1990; 69:269-273
- Aboites, Vicente. EL LÁSER. La Ciencia desde México, Fondo de Cultura Económica, 1991. México D.F.
- Allen Kirchner, Ronald. Unger, Michael. CIRUGÍA CON LÁSER. Ed. Mac Graw-Hill. 1989.
- Bachs, L. Cuesta, J. Charles, N. APLICACIONES INDUSTRIALES DEL LÁSER. Marcombo S.A. 1989. Barcelona, España.

- .- Comb, Gordon Mc. THE LASER COOK BOOK, TAB-Books Mac Graw-Hill, 1988.
- Chaimowicz, Jca. ONDAS LUMINOSAS. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA OPTOELECTRONICA. Ed. Parafino S.A. 1a edición, 1989, Madrid, España.
- Kim, R. Davis, MD. LASERS IN OTOLARYNGOLOGY-HEAD AND NECK SURGERY. W:B Saunders Company 1990, USA.
- French, Taylor and PM. W. HOW LASERS ARE MADE. Facts and File Publications, New York. NY, Oxford, England. 1989.
- Lanzafame, Raymond J.. Hishaw, Raymond J. COLOR ATLAS OF CO<sub>2</sub> LASER SURGICAL TECHNIQUES. De St. Luis Ishiyaku, Euroamericana. 1989.
- Lasvi, Carlos. TRATAMIENTO CON LÁSER, MÉTODO Y DIAGNÓSTICO. Ediciones Miraguano. Madrid: España 1986.
- Malacara, Daniel. ÓPTICA TRADICIONAL Y MODERNA. La Ciencia desde México: Fondo de Cultura Económica, 1a edición, 1989. México D.F.