

L. Corpas Pastor¹
J. Villalba Moreno²

**Láser en Odontología (I):
marco teórico**

- 1 Odontólogo Residente I.
Programa Postdoctoral en
Odontopediatría. Hospital
Pediátrico Universitario.
Universidad de Puerto Rico.
San Juan, P.R. 00936
(E.E.U.U.).
- 2 Profesor Titular de Física
Médica. Departamento de
Medicina Física (Facultad
de Odontología).
Universidad de Granada.
Granada (España).

RESUMEN

En los últimos años se ha observado un incremento en el número de los trabajos realizados con láser en Odontología. Con el objetivo de actualizar los conocimientos de los odontólogos y estomatólogos sobre este elemento, en nuestro trabajo se realiza una revisión sobre el concepto de láser, su historia, fundamentos físicos, tipos y aplicaciones en Odontología. Se analizan también los principales puntos prácticos en cuanto a técnicas de utilización.

ABSTRACT

Many papers are published yearly on the use of lasers in dentistry. The purpose of our study is to update dentists on the use of this tool. The laser concept, its history, physical fundamentals, types and its uses in dentistry have been reviewed. Clinical applications are studied and diverse topics are discussed: oral and maxillofacial surgery, preventive dentistry, operative dentistry... and others.

58 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha utilizado con relativa frecuencia el láser en diferentes campos de nuestra especialidad. En publicaciones nacionales y extranjeras siguen apareciendo artículos sobre el tema. A menudo, el odontólogo y estomatólogo se encuentran distanciados del marco teórico que envuelve esta realidad. El objetivo de este trabajo es acercar a los profesionales una somera descripción teórica del concepto de láser, enumerando los tipos y características de los de uso más frecuente, su historia, así como el conocimiento profundo de sus diferentes aplicaciones en odontología.

La odontología, como la medicina, y en general las llamadas ciencias de la salud, son ciencias aplicadas que necesitan para progresar del avance de otras ciencias llamadas «básicas» como la física, las matemáticas o la química, por ejemplo. El uso del láser, cuyas posibilidades en nuestra especialidad son innegables hoy día, es un buen ejemplo de esta interrelación entre física y odontología.

El uso del láser en odontología, como en otros muchos campos, es una técnica bastante reciente que data de 1960, y el número de trabajos sobre el tema es relativamente escaso. Existe, como veremos más adelante, una alta aplicación en odontología; sobre todo, a nivel clínico. Es necesario mantenernos al día en este tema, por la gran versatilidad clínica que tiene este armamento terapéutico y sus posibles aplicaciones futuras.

De una muestra de 237 trabajos sobre el uso del láser en odontología⁽¹⁾, la mayoría se referían al uso del láser en cirugía bucal y maxilofacial (25%), odontología preventiva (19,4%), y terapéutica dental (16%). Los referidos a holografía, medicina bucal, efectos pulpares y prótesis alcanzaron porcentajes menores (13, 9,3, 6,7 y 4,7%, respectivamente), debiendo correlacionar estos porcentajes con la frecuencia de utilización del láser en odontología (Fig. 1).

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El descubrimiento del láser es muy reciente, data de la *década de los 50*, y su descubrimiento, es decir, teorización, desarrollo y puesta en marcha, no puede achacarse a una sola persona, y han sido muchos los físicos que, bien desde el plano teórico o en el técnico, han contribuido a su desarrollo. A principios de siglo, el primer teórico de la emisión estimulada, *Einstein*,

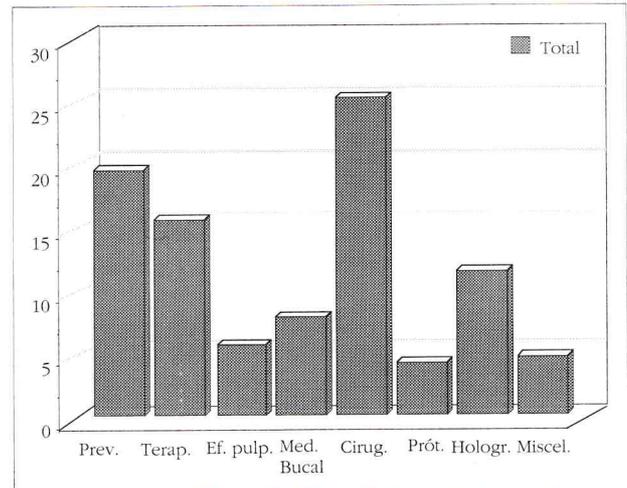


Figura 1. Porcentajes de referencias bibliográficas sobre el uso del láser en odontología. Fuente: Corpas Pastor, 1991⁽¹⁾.

postuló que todo átomo puede ser estimulado, con el fin de que libere la energía que contiene en forma de radiación electromagnética; pero todos los intentos para llevarlo a la práctica de forma útil fueron infructuosos hasta el año 1950 con el descubrimiento del llamado *bombeo óptico* por *Alfred Kastler* (Premio Nobel por ello en 1966)⁽²⁾. En el desarrollo práctico de la tecnología láser han contribuido otros autores que no podemos olvidar como los *norteamericanos Joseph Weber y Charles H. Townes* o los *soviéticos Nikolai Basov y Aleksandre Prokhorov* que, independiente y simultáneamente, llegaron a poner en práctica los primeros Maser de amoníaco que emitían ondas de 1 cm de longitud de onda⁽²⁾. Pero hasta 1960, año en el que *Maiman*⁽³⁾ obtuvo un rayo de luz visible controlado a partir de un rubí, no se puede hablar de láser propiamente dicho, y es a partir de esta fecha cuando el láser se extiende y sus propiedades comienzan a utilizarse en la práctica. Más adelante veremos que, tan sólo cuatro años después, *Stern, Sognnaes y Goldman* comenzaron los primeros estudios sobre los efectos del láser en odontología⁽⁴⁻¹⁰⁾.

LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Espectro de la radiación electromagnética

El espectro electromagnético⁽¹¹⁾ comprende los rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible,

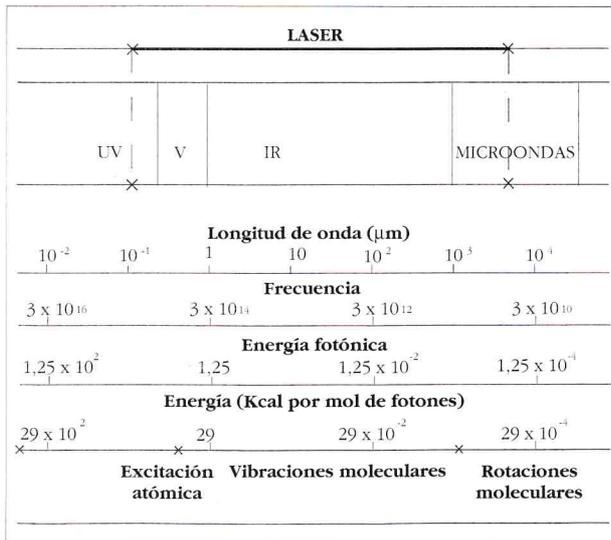


Figura 2. Espectro electromagnético en el que se observa el espectro correspondiente al láser, así como sus energías fotónicas y mecanismos atómicos de producción. Fuente: Alonso y Finn, 1976⁽²⁰⁾; Casas, 1980⁽¹⁵⁾; Noguero Rodríguez y cols. 1986⁽¹³⁾; Jordan, 1989⁽¹¹⁾.

radiación infrarroja, microondas y ondas de radio. En la figura 2 se resumen los rangos de longitud de onda que corresponden a cada zona. El láser participa tanto de la luz infrarroja como de la visible y ultravioleta⁽¹²⁾ (desde los 100-150 nm a los 10.500-10.600 nm de longitud de onda) (Fig. 2).

Modelo atómico

Para conocer el mecanismo de producción de la radiación electromagnética es necesario conocer la estructura y características de la materia.

El modelo atómico actual⁽¹³⁾ deriva del propuesto por el físico danés Niels Bohr y nos sirve para explicar fácilmente la emisión atómica de energía.

Según este modelo, los electrones giran en torno al núcleo en órbitas de energía determinada y en su movimiento no pierden ni ganan energía. La ganancia o pérdida de energía sólo se produce al pasar electrones de unas órbitas a otras, pero no en su movimiento dentro de ellas (Fig. 3).

Interacción de la radiación con la materia

Los electrones giran alrededor del núcleo según

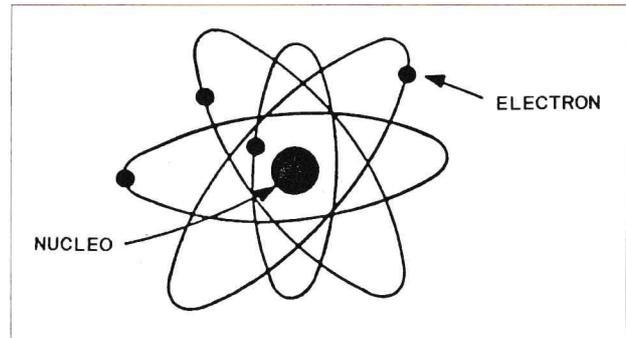


Figura 3. Modelo atómico. Elaboración propia.

capas muy definidas. En cada capa, o nivel energético, los electrones adoptan unas órbitas de traslación en torno al núcleo, diferentes para cada electrón. Las capas más alejadas del núcleo tienen un nivel de energía potencial superior al de las cercanas. Los electrones pueden desplazarse entre estas capas *ganando* (de la capa inferior a la superior) o *perdiendo* energía (desde la capa superior a la inferior)^(13, 14), haciéndolo en forma de absorción o emisión de radiación electromagnética.

O dicho de otro modo: un átomo en estado de menor energía (E_1) puede *absorber* un fotón y pasar a un estado de mayor energía (E_2). Siempre y cuando el fotón absorbido, según Plank, tenga una frecuencia de:

$$v = (E_2 - E_1)/h \quad (h = \text{constante Plank})$$

y en este caso el átomo ha aumentado su energía interna^(15, 16). Por el contrario, análogamente, un átomo en estado E_2 puede emitir espontáneamente un fotón y pasar al estado E_1 mediante una emisión de una radiación (de frecuencia expresada por la fórmula anterior) en un proceso que se denomina *emisión de radiación espontánea*, y se produce siempre y cuando existan en el átomo órbitas libres de menor energía potencial. El átomo disminuye su energía interna (Fig. 4). Estos pasos de electrones de unas órbitas a otras acompañados de emisión o absorción de energía se suelen denominar *transiciones electrónicas corticales*⁽¹⁵⁾.

Cuando un átomo está en estado de mínima energía potencial (todas las órbitas de menor energía ocupadas) se dice que está en «estado fundamental», mientras que si no es así, se dice que está en «estado excitado». Todo átomo en estado excitado tiende a

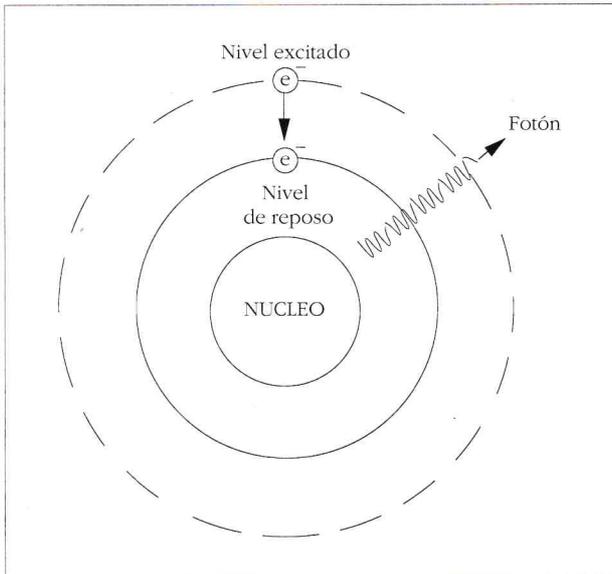


Figura 4. Emisión espontánea de radiación. Elaboración propia.

pasar espontáneamente a su estado fundamental mediante una transición electrónica cortical y su correspondiente emisión espontánea de radiación⁽¹⁷⁾.

La emisión espontánea de radiación es un fenómeno asincrónico, ya que los fotones son emitidos en momentos diferentes. Cuando un electrón de una capa electrónica atómica recibe el impacto de un fotón, si la energía es suficiente, el electrón sube a otro nivel de mayor energía potencial quedando en estado excitado. En estas condiciones el electrón vuelve a su lugar original del que procede mediante la «emisión espontánea» de radiación electromagnética de una energía determinada (longitud de onda definida) igual a la diferencia energética existente entre ambos niveles, como ya se ha indicado. Este proceso es espontáneo y ocurre inmediatamente, al igual que cuando tiramos una piedra hacia arriba cae espontáneamente al suelo, su lugar de procedencia y de menor energía potencial; pero a veces, en ciertos átomos y ciertas circunstancias, puede quedar atrapado en lugares intermedios de energía y sólo salir de ellos si se le estimula comunicándole una cierta energía (al igual que la piedra podría quedar atrapada en las ramas de un árbol para caer si se sacude el árbol). El átomo queda en un estado semiestable de energía (estado excitado) y al conjun-

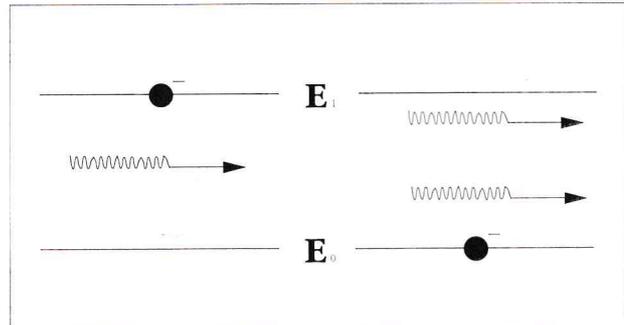


Figura 5. Emisión estimulada de radiación. Elaboración propia. Fuente: Hita Villaverde, 1988⁽²³⁾.

to de átomos en estas condiciones se le llama «población invertida»⁽¹⁵⁾.

Einstein⁽¹⁸⁾ postuló, en 1917, el fenómeno de la *emisión estimulada*: cuando un átomo en estado excitado recibe un fotón de igual energía que la energía de excitación (energía potencial del electrón excitado), el átomo puede desexcitarse pasando a un nivel de energía más bajo mediante la emisión de un fotón de igual energía (igual longitud de onda), dirección y fase que el fotón incidente, es decir, que presenta coherencia espacial y temporal con él. Sugirió que era posible la emisión de fotones por los átomos en el estado de mayor energía (E₂) para pasar al estado E₁ de menor energía, pero no por un proceso de emisión espontánea, sino inducido por radiación. Con otras palabras, si aplicásemos un fotón de energía igual a la diferencia energética entre los niveles atómicos implicados en el proceso

$$(E_2 - E_1),$$

sobre un átomo que está en el estado de mayor energía (E₂), se producirá un fotón de doble energía que la del incidente

$$2x (E_2 - E_1)$$

Además, ambos fotones tendrán concordancia de fase, igual longitud de onda y la misma dirección, lo que da lugar a una **amplificación**, puesto que estas ondas se suman⁽¹⁴⁾. Bajo el punto de vista cuántico, se pueden diferenciar dos etapas en cada emisión estimulada, una inicial en la cual un fotón se aproxima al átomo excitado y una segunda en la que un nuevo fotón se ha unido al primero (Fig. 5). Bajo este punto de vista cuántico ambos fotones están separados; electromagnéticamente podemos decir que ambos fotones representan un sistema de ondas de doble energía que el incidente^(14, 19).

EL LÁSER

Definición de láser

La palabra láser es un acrónimo de «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»⁽²⁰⁾ que, expresado en castellano, significa «Luz Amplificada por Emisión de Radiación Estimulada».

El láser lo podemos definir como: *toda fuente de radiación electromagnética que presenta simultáneamente coherencia espacial y temporal en una dirección lineal y con una intensidad notable.*

Por *coherencia espacial* se entiende radiaciones de igual longitud de onda (monocromática), dirección y sentido (coincidentes en el espacio)⁽²¹⁾.

Por *coherencia temporal* se entiende que se encuentran en igual fase (son coincidentes en el tiempo)⁽²¹⁾.

Y su concepto abarca la totalidad de sistemas conocidos o por conocer capaces de producir radiación amplificada por emisión estimulada. Aunque en principio el láser podría ser radiación de cualquier frecuencia (de hecho, están en fase de desarrollo láser de rayos X de indudable interés y trascendencia), se considera generalmente al láser dentro del intervalo de frecuencias de la *luz visible* como histórica y prácticamente se le ha conocido (el láser de microondas⁽²²⁾ se le llamó Maser). No obstante, hoy día, se entiende por láser no sólo al correspondiente al espectro de la luz visible, sino a cualquier zona del espectro de radiaciones electromagnéticas.

Fundamentos físicos del láser

Los principios en los que se basa la producción de láser son dos: inversión óptica y emisión estimulada.

Así pues, las etapas son dos:

- Inversión de la población.
- Desencadenar la emisión estimulada.

Inversión de la población. Bombeo

La probabilidad de incidir sobre un átomo excitado es muy pequeña, debido a que los tiempos en los que

el átomo permanece en esta situación son muy pequeños y la proporción de átomos excitados es menor a la de no excitados.

Se han ideado formas de excitación^(14, 21, 23) atómica, para llenar el nivel excitado a expensas del nivel básico, denominado mecanismo de *bombeo*, que puede ser óptico, electrónico, por transferencia de excitación, o químico⁽¹⁴⁾. Con los mecanismos de excitación se logra una proporción mucho mayor de átomos excitados.

El resonador óptico. La cavidad láser

Una cavidad láser está constituida por un recipiente en el que se encuentra la sustancia susceptible de establecer una inversión de población. Suponiendo que este recipiente es cilíndrico, con los dos extremos paralelos, uno reflectante y el otro semirreflectante, al comenzar el bombeo, se producirán las transiciones espontáneas que hemos visto antes. Así se aprovecha al máximo la inversión de la población. Se evita la dispersión de fotones y se consigue un haz monocromático^(21, 23, 24).

En el seno de esta sustancia se van sucediendo una serie de procesos que generarán un rayo de gran intensidad y alta coherencia espacial y temporal (láser):

- a) Todos los átomos se encuentran en reposo, no hay átomos excitados en el seno de la sustancia.
- b) Al comenzar el bombeo algunos átomos pasan a una situación de excitación. El primero en desexcitarse emitirá un fotón estimulado, que a su vez inducirá nuevas excitaciones.
- c) Los fotones que siguen una dirección perpendicular a los espejos van siendo estimulantes para nuevos átomos, creciendo la población de átomos excitados.
- d) Cuando el efecto de resonancia tenga suficiente intensidad, el haz *amplificado* emergerá por la pared semirreflectante del resonador^(20, 25).

Se mantienen estos principios en los aparatos que generan rayos láser. La naturaleza de la sustancia estimulada es responsable directa de las características de cada tipo de láser, de la longitud de onda para cada uno de ellos. Los efectos del láser sobre los tejidos humanos guardan relación estrecha con el tipo (longitud de onda), potencia y tiempo de láser que se utilice.

BIBLIOGRAFÍA

1 Corpas Pastor L. *Las aplicaciones del láser en Odontología*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada. Granada, 1991.

2 Noguerol B, García JA, Donado M. Introducción a la física y efectos biológicos de los láseres en medicina. *Av Odontostomatol* 1985;1:87-98.

- 3 Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 1960;**187**:493-494.
- 4 Stern RH, Sognaes RF. Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res* 1964;**43**:873.
- 5 Stern RH, Sognaes RF. Laser beam effect on hard tissues. *J Soc Calif Dent Ass* 1964;**23**:114-119.
- 6 Sognaes RF, Stern RH. Laser effect on resistance of human dental enamel to demineralization *in vitro*. *J Soc Calif Dent Ass* 1965;**33**:328-329.
- 7 Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. *Nature* 1964;**203**:417.
- 8 Stern RH, Sognaes RF. Laser effect on dental hard tissues. A preliminary report. *J Soc Calif Dent Ass* 1965;**33**:17-19.
- 9 Kinersly T, Jarabak JP, Phatak NM, Dement J. Laser effects on tissue and materials: related to dentistry. *JADA* 1965;**140**:593-600.
- 10 Goldman L, Gray JA, Goldman J, Goldman B, Meyer R. Effect of laser beam impacts on teeth. *JADA* 1965;**140**:601-606.
- 11 Jordan DJ. Efectos lesivos potenciales de la luz sobre el ojo. En: Jordan RE. *Composites en Odontología estética*. Salvat Editores. Barcelona 1989; 337-351.
- 12 Glasscock ME, Jackson CG, Whitaker SR. The argon laser in acoustic tumor surgery. *The Laryngoscope* 1981;**91**:705-716.
- 13 Noguero B, Donado M, García JA, Ramos JM. Fundamentos físicos generales de los láseres. *Av Odontostomatol* 1986;**1**:283-290.
- 14 Hita Villaverde EF. *El láser y sus aplicaciones*. Universidad de Granada. ICE. Granada, 1983.
- 15 Casas J. *Óptica*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, 1980.
- 16 Smith W, Sorokin P. *El láser*. Paraninfo. Madrid, 1970.
- 17 Marshall SL. *Láser: tecnología y aplicaciones*. Reverté. Barcelona, 1972.
- 18 Einstein A. Zur Quanten Theorie der Strahlung. *Fhys Zeit* 1917;**18**:121.
- 19 Martínez González JM, Donado Rodríguez M. Láser en cirugía bucal. En: Donado Rodríguez M. *Cirugía bucal. Patología y técnica*. editor. Madrid 1990; 799-817.
- 20 Alonso M, Finn EJ. *Física*, vol. III. Fondo educativo interamericano. Bogotá, 1976.
- 21 Mailet H. *Le laser. Principes et techniques d'application*. Technique et Documentacion Lavoisier. París, 1989.
- 22 Schawlow AL, Townes CH. Infrared and optical masers. *Physiol Rev* 1958;**112**:1940.
- 23 Hita Villaverde E. *Láser. Fundamentos y experiencias didácticas*. Universidad de Granada. ICE. Granada, 1988.
- 24 Piette F. Aspects techniques dans l'utilisation des lasers en dermatologie. *J Med Esth* 1983;**10**:1141-1143.
- 25 Carroll JM. *Fundamentos y aplicaciones del láser*. Marcombo. Barcelona, 1978.