

# LASER, Fantasía y realidad

Ing. Jorge Spina

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- BREVE EXPLICACION DEL FUNCIONAMIENTO
- 3.- FORMA CONSTRUCTIVA
- 4.- CLASIFICACION
- 5.- EJEMPLO DE APLICACIONES
- 6.- LO IRREAL
- 7.- LOS LASER EN MEDICINA Y KINESIOLOGIA
- 8.- OTROS LASER
- 9.- LOS LASER BLANDOS
- 10.- MECANISMO DE ACCION Y EFECTOS DEL LASER TERAPEUTICO
- 11.- BUSQUEDA DE EFECTOS
- 12.- LA FRECUENCIA
- 13.- FORMAS DE EMISION
- 14.- DOSIMETRIA
- 15.- DOSIMETRIA - CONTINUACION
- 16.- USOS
- 17.- CONTRAINDICACIONES
- 18.- CONCLUSIONES
- 19.- BIBLIOGRAFIA

### 1.- INTRODUCCION

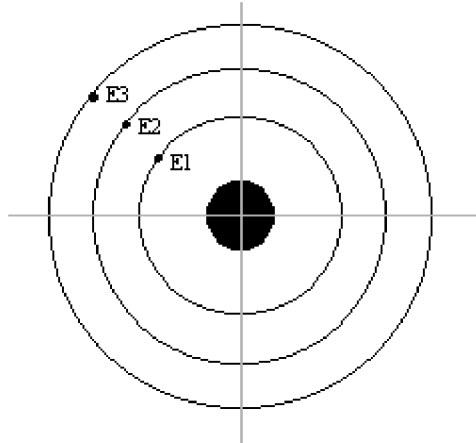
Desde hace años, la palabra LASER (acróstico de la frase Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, en castellano: LUZ AMPLIFICADA MEDIANTE LA EMISION ESTIMULADA DE RADIACION ) despierta en nosotros las más variadas fantasías, asociándola, casi irremediabilmente, a la imaginaria espada de la Guerra de las galaxias o a un ingenio capaz de perforar una placa de acero de gran espesor.

Es raro, sin embargo, encontrar quién sepa de la utilidad del LASER como elemento transmisor de información a altas velocidades, como instrumento de medición de grandes distancias e, incluso, como invaluable herramienta de la medicina contemporánea.

En este trabajo intentaremos mostrar someramente algunos de los conceptos que rigen su aplicación.

### 2.- BREVE EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Explicar la física que rige la emisión del LASER es una tarea que reviste un alto grado de complejidad, y excede los intereses de este trabajo.



El modelo atómico cuántico describe el átomo como un núcleo formado por neutrones y protones, alrededor del cual orbitan los electrones, en órbitas que determinan la energía de los mismos.

Las diferencias de energía existentes entre los distintos niveles son característicos del elemento en particular, y no se corresponden con otros.

Si por algún motivo incidiera un fotón de una energía igual a la diferencia de energía entre la órbita E2 y la órbita E1, sobre el electrón de energía E1, éste saltaría a la órbita E2 acumulando una cantidad de energía dada por la fórmula

---


$$E_2 - E_1 = h \cdot \nu$$


---

donde  $\nu$  es la frecuencia del fotón incidente y  $h$  es la constante universal de Planck.

Ese electrón, que ahora se encuentra en un estado llamado metaestable debe volver a su estado estable y lo hará emitiendo un fotón cuya energía será exactamente igual a la energía involucrada en el salto, es decir  $E_2 - E_1$ . En otras palabras, el átomo vuelve a su estado estable devolviendo la misma cantidad de energía absorbida en forma de un fotón.

Este tipo de emisión, denominada espontánea puede observarse fácilmente en cualquier emisión fosforescente.

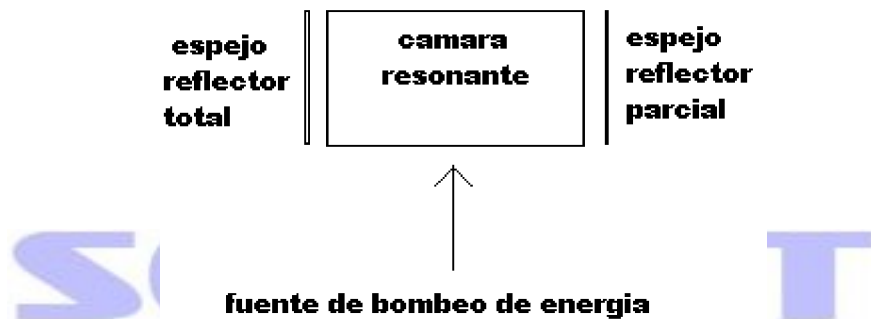
Si en cambio el fotón que se emitió en la emisión espontánea incide en un electrón que se encuentra en su estado metaestable, éste no puede pasar a la órbita E3 ya que el salto de energía en este caso es de  $E_3 - E_2$ , valor diferente al del fotón incidente ( $E_2 - E_1$ ), por lo cual debe volver a la órbita E1, la única que permite un salto de valor  $E_2 - E_1$ , debiendo entonces permitir la emisión de dos fotones cuya frecuencia será  $h\nu$

Si existiera un número grande de átomos en estado metaestable, los dos fotones antes emitidos, generarían a su vez la migración de dos electrones de dos átomos diferentes de su nivel de energía E2 al nivel E1, con la simultánea generación de dos fotones por cada migración, es decir 4 fotones.

Como puede inferirse, el proceso final es la generación de un enorme número de fotones, pero además no se agota, dado que si uno de ellos incidiese sobre un átomo previamente alcanzado (en estado estable), lo que sucederá es que el mismo pasará al estado metaestable, quedando preparado para generar otros dos nuevos fotones.

Todos estos fotones generados tienen la misma frecuencia, es decir tienen el mismo color.

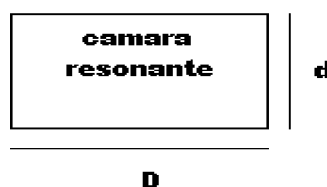
### 3.- FORMA CONSTRUCTIVA



A modo de información general, puede decirse que un láser está formado por las siguientes partes:

La cámara resonante es la encargada de contener el elemento activo, determinante del color de la emisión.

La forma constructiva de esta cámara determinará finalmente el grado de divergencia del haz LASER que el aparato genera, y la misma será mayor cuanto menor sea la relación entre las distancias  $D$  y  $d$  de dicha cámara.



Este elemento activo, será llevado por medio de la fuente de bombeo de energía a su estado metaestable, donde emitirá fotones de forma estimulada, cuya energía será determinada por el salto cuántico que realizan los electrones involucrados en la generación de los mismos.

Los fotones generados rebotan entre los dos espejos, generando a su vez otros fotones cuya longitud de onda es igual a la de los fotones generadores (monocromaticidad).

Una vez alcanzada la energía suficiente para superar la barrera que opone el espejo reflector parcial lo atraviesan saliendo al exterior en la forma de haz ya conocida.

#### **4.- CLASIFICACION**

Resulta complicado enumerar la totalidad de aplicaciones del LASER debido a que esta palabra involucra un gran número de aparatos diferentes, ligados entre sí por cuatro características típicas de la luz que emiten:

**Monocromaticidad:** un solo color de emisión

**Coherencia:** coincidencia espacial y temporal de la fase de la onda electromagnética

**Direccionalidad:** escaso índice de divergencia en función de la distancia

**Alto brillo:** en algunos casos superior incluso al brillo del sol

Estas variables pueden ser manipuladas de distinta forma, lográndose así diferentes efectos sobre el blanco en el que la luz incide, o bien, podrían medirse y/o manipularse los distintos efectos producidos por dicha incidencia, con lo cual hallamos un primer esbozo de clasificación del LASER no como proceso sino como aparato.

- LASER de acción directa: son aquellos donde la luz incidente es la que brinda el resultado final.

- LASER de acción indirecta: son aquellos donde se obtiene un resultado mediante el análisis o manipulación del o los efectos generados por la luz incidente.

#### **5.- EJEMPLO DE APLICACIONES**

Cada uno de estos tipos de LASER tendrá unidades aplicadas a distintas áreas. A modo de ejemplo puede observarse en la Tabla I una lista de esas aplicaciones. Según esta tabla, los LASER de tipo quirúrgico y terapéutico son del tipo de acción directa, ya que no se aprovecha el efecto generado para obtener resultado alguno, sino que es este efecto propiamente el resultado.

<u>APLICACION</u>	<u>ACCION DIRECTA</u>	<u>ACCION INDIRECTA</u>
INDUSTRIAL	CORTE DE METALES	HOLOGRAFIA
BELICA	DESTRUCCION	GUIA DE MISILES
CIENTIFICA	DESTRUCCION CELULAR	MED. DE DISTANCIA
HOGAREÑA	ALARMAS	DISCO LASER
MEDICA	CIRUGIAS - TERAPIAS	INTERFEROMETROS

Tabla I

## **6.- LO IRREAL**

Quizás resulte interesante aclarar que en ninguno de estos casos es factible la fantasía mostrada en la serie "Invasión V" donde las pistolas LASER disparan "proyectiles" lumínicos que se propagan desde ellas hasta el blanco en forma visible.

El porqué de esta imposibilidad es muy sencillo, y seguramente de nuestro conocimiento. Sin embargo, las poderosas fantasías que la TV, el cine y la ciencia ficción han arraigado en nosotros, nos impiden la realización de un análisis correcto de la situación.

La luz se propaga a una velocidad de 300.000 Km/seg. Si el blanco de la pistola estuviese situado a una distancia de 300.000 km, el proyectil lumínico tardaría 1 segundo en llegar desde la pistola hasta el blanco, siendo entonces imposible que cualquier observador identificara el comienzo, el fin o la trayectoria del mismo. Por otro lado, hemos dicho que el LASER presenta como una de sus características específicas la de la direccionalidad. Una fuente de luz común emite fotones en todas las direcciones, y ésto configura su utilidad, ya que ha sido concebida para iluminar. Los fotones emergentes impactan sobre los distintos objetos, rebotan y llegan a nuestros ojos, permitiendo la identificación de los mismos.

El LASER, por contrapartida, emite fotones en una única dirección, siendo por ende imposible observar lateralmente el haz que dichos fotones configuran.

Incluso en los LASER con emisiones de longitud de onda ubicada dentro del espectro visible, el haz no puede verse si no es en presencia de una atmósfera "sucía". De esa manera, las partículas presentes en el aire oficiarían de blanco de los fotones generando el rebote de alguno de ellos con dirección a los ojos de un observador lateral, permitiendo que éste vea la forma del haz.

Este efecto es conocido en física como efecto Tyndall, y es el mismo que se presenta con un rayo de sol entrando por una ventana.

## **7.- LOS LASER EN MEDICINA Y KINESIOLOGIA**

Es muy frecuente escuchar que la variable que hace a un LASER quirúrgico es la potencia del mismo. También resulta generalizada la vinculación de la potencia con la profundidad de penetración y, quizá lo más peligroso, la vinculación de dicha profundidad de penetración con el efecto terapéutico a lograr.

Los LASER quirúrgicos logran su efecto mediante diversos mecanismos de acción, como ser: fotocoagulación, fotoablación, fotodisrupción, fotovaporización y fotoradiación.

Estos efectos son logrados mediante la interacción establecida entre la radiación incidente y el medio de propagación en cuestión. Si bien en este proceso la potencia (capacidad para producir trabajo) juega un rol importante, no es la única variable en consideración. Un papel fundamental es representado por la longitud de onda (color de la emisión) determinante del lugar específico de absorción de la energía.

Por ejemplo, la absorción en agua del color de la emisión del Argón (458 nm) es del 1%, mientras que la misma molécula absorbe el color de la emisión del CO2 (10600 nm) en un 95%, siendo por consiguiente necesaria mucha mayor cantidad de energía para lograr la vaporización de la molécula de agua con un LASER de Argón que con uno de CO2.

Ambos son usados en cirugía para diferentes aplicaciones y con búsqueda de efectos distintos. La potencia de un LASER quirúrgico de Argón es del orden de 4W, mientras que un LASER de CO2 puede alcanzar una potencia de 50W, diferenciándose su acción no por estos valores, sino por el lugar específico de absorción de la energía que liberan.

## 8.- OTROS LASER

Existen otros tipos de LASER quirúrgicos. La Tabla II enumera algunos, junto con sus aplicaciones.

EMISOR	ESTADO	LONG.ONDA	POT.TIPICA	USO	MECANISMO ACCION
CO2	GASEOSO	10.600 nm	20 A 50 W	CIRUGIA	FOTOVAPORIZACION
ARGON	GASEOSO	458 nm	4W	IRIDIOTOMIA	FOTOCOAGULACION
RODAMINA	LIQUIDO	578 A 630 nm	VARIABLE	ONCOLOGIA	FOTORRADIACION
ND YAG	SOLIDO	1.064 nm	5 A 8 MJ	CIRUGIA	DISRUPCION TISULARA
ASGA(AL)	SOLIDO	870 nm	0.4 A 1 W	ENDOCOAG.	FOTOCOAGULACION
KRIPTON	GASEOSO	530 nm	0.7 A 1 W	T. TUMORES	FOTOVAPORIZACION

Tabla II

ARCHIVO DESCARGADO DE  
WWW.SEAKIT.COM.AR

## 9.- LOS LASER BLANDOS

Las aplicaciones no quirúrgicas del LASER en medicina y kinesiología están reservadas al denominado LASER blando (soft LASER) que agrupa cinco tipos distintos de emisores.

En la tabla III pueden verse algunas de sus características.

EMISOR	LONG. DE ONDA	COLOR
ASGA (IN)	904 nm	INFRARROJO
ASGA (AL)	870 nm	INFRARROJO
ASGA (P)	670 nm	ROJO
HENE	632,80 nm	ROJO
CO2	10.600 nm	INFRARROJO

Tabla III

## 10.- MECANISMO DE ACCION Y EFECTOS DEL LASER TERAPEUTICO

La profundidad de penetración podría definirse en física como la distancia en la cual



la energía incidente se reduce al 50%.

Esta distancia no es obviamente la misma para cualquier longitud de onda ni para cualquier medio ya que, como dijéramos, cada tipo de medio presentaría distintos niveles de atenuación (por los mecanismos de absorción, reflexión, refracción y difracción) para cada tipo de longitud de onda.

Las moléculas que conforman los distintos tipos de tejido humano son opacas a las radiaciones ultravioletas, absorben por mecanismos de vibración al infrarrojo de más de 1.000 nm, y un variado tipo de moléculas no pigmentadas son transparentes a las radiaciones entre 400 y 1.000 nm.

La Tabla IV muestra un listado de esos efectos.

*EFFECTOS BIOQUIMICOS \* AUMENTO DEL AMP CICLICO \* AUMENTO DE LA SINTESIS DE ATP MITOCONDRIAL  
\* ALTERACION DEL CONTENIDO DE PROSTAGLANDINAS \* LIBERACION DE ACETILCOLINA E HISTAMINA \*  
AUMENTO DE LAS BETAENDORFINAS \* AUMENTO DE LA ACTIVIDAD DE LOS FIBROBLASTOS  
EFFECTOS BIOELECTRICOS \* CAMBIO EN LOS POTENCIALES DE MEMBRANA*

TABLA IV

### **EFFECTOS DEL LASER TERAPEUTICO**

Todas las acciones dan como resultado los siguientes efectos indirectos, ampliamente verificados: aumento de la microcirculación, regeneración del tejido de granulación, activación de los procesos de regeneración de los tejidos nerviosos, regeneración de los tejidos óseos, estimulación de la actividad neural, incremento de la capacidad fagocitaria de los linfocitos y los macrófagos.

A partir de este detalle se entienden las cinco acciones terapéuticas básicas del LASER: antiinflamatoria, antiálgica, eutrófica, antibacteriana, antiespasmódica.

### **11.- BUSQUEDA DE EFECTOS**

Con qué variables contamos para priorizar tal o cual efecto?. Aunque parezca una incongruencia, no es la longitud de onda una de ellas, ya que seguramente dispondremos a lo sumo de 1 ó 2 de los LASER mencionados y, por consiguiente, contaremos solamente con 1 ó 2 longitudes de onda. Por otro lado, el paciente presenta una patología y no otra.

Queda, por tanto, reservado para el terapeuta el lugar de incidencia de la energía (acupuntura con LASER, laserterapia, técnicas de punto trigger, reflexoterapia, auriculopuntura) y la energía en sí misma.

Si la cantidad o la magnitud de dicha energía fuese el secreto, bastaría con una sola aplicación incremental, ya que tarde o temprano se alcanzaría el nivel necesario para el efecto deseado. Sin embargo, no resulta fácil reducir un espasmo muscular en tanto y en cuanto la energía no sea entregada en forma modulada. En otras palabras, no es la cantidad en sí misma sino la combinación de ésta con la forma de suministrarla lo

que determina la acción final.

## 12.- LA FRECUENCIA

La forma (frecuencia, frecuencia de modulación, ritmo de sesiones) ha demostrado tener una marcada incidencia en el efecto a lograr, siempre y cuando la energía entregada sea lo suficientemente alta como para producir el desencadenamiento de los efectos indirectos.

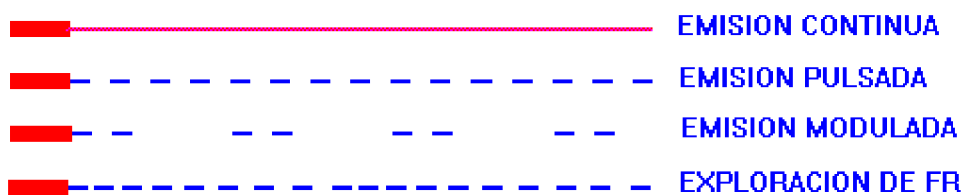
A modo de referencia mostramos una esquematización de los efectos según frecuencia y modulación. en la Tabla IV.

EFEECTO	FRECUENCIA	MODULACION
ANTIALGICO	BAJA	-
ANTIALGICO	ALTA	BAJA
ANTIINFLAMATORIO	ALTA	-
ANTIINFLAMATORIO	ALTA	ALTA
ANTIBACTERIANO	ALTA	MEDIA
EUTROFICO	MEDIA	-
EUTROFICA	MEDIA	ALTA

Tabla IV

## 13.- FORMAS DE EMISION

En aquellos LASER cuya emisión es continua el haz puede interrumpirse, transformándose, de esa manera, en pulsado. Si el haz pulsado se vuelve a interrumpir con una nueva cadencia más lenta, se vuelve modulado. Si la frecuencia del interrupción del haz continuo fuese variable entre dos límites y volviese a comenzar por el primero una vez alcanzado el último, tendríamos una exploración de frecuencia.



En el Gráfico I se muestran los cuatro tipos de emisiones.

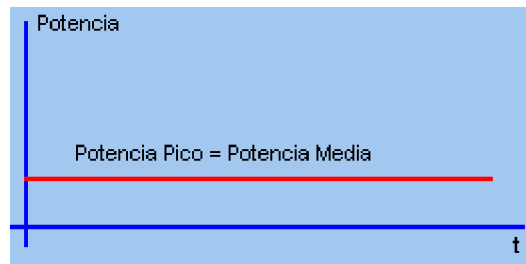
Gráfico I

## 14.- Dosimetria

El problema fundamental de la insistencia en la dosimetría, radica probablemente en la necesidad de cuantificación que tiene el terapeuta.



La energía que el LASER entrega varía de acuerdo con la forma en que se realiza la emisión. Si la misma es continua la energía se entrega de igual manera, siendo la potencia promediada en el tiempo igual a la potencia en cualquier instante. (Gráfica II)



Gráfica II

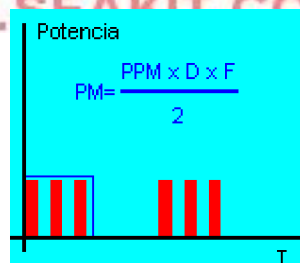
Si en cambio la energía se entrega en forma pulsada, la potencia media será calculable de la siguiente manera

En este caso la potencia de cada pulso es la potencia de pico por la duración del pulso. Si la frecuencia es de F pulsos por segundo, la potencia media (potencia por unidad de tiempo) será:

$$\text{POT. MEDIA} = \text{POT. PICO} \times \text{DURACION DEL PULSO} \times \text{FREC.}$$

$$PM = PP \times d \times F$$

ARCHIVO DESCARGADO DE  
WWW.SEAKIT.COM.AR



Gráfica III

Si la emisión se interrumpe y activa con una onda de tipo cuadrada( igual tiempo alta que baja), la cantidad de pulsos que son emitidos es igual a la cantidad de pulsos no emitidos; por tanto, la potencia media será la mitad de la que se tendría con una emisión sin modular.

La potencia media es entonces en este caso:

$$PM = \frac{1}{2} \times PP \times d \times F$$

La energía que entregamos es proporcional a la potencia media, al tiempo durante el cual el paciente recibe dicha potencia y a la superficie en la cual la radiación es aplicada. La fórmula que vincula esos parámetros es:

$$DE=(PM \times T) / S$$

El tiempo requerido para alcanzar con una frecuencia baja un nivel de energía suficiente como para desencadenar los efectos indirectos, por ser la potencia media baja, será elevado.

El organismo humano parece reaccionar a la cadencia de modulación en forma similar a la que reacciona cuando la frecuencia de repetición de pulsos es baja.

Es decir, todo parece indicar que solo se registra como frecuencia presente la de menor valor. De esta manera, una frecuencia de modulación baja brindaría efectos antiálgicos con la ventaja de poder entregar el nivel de energía necesario por medio de una frecuencia de repetición de pulsos elevada.

## **16.- Usos**

Como toda técnica nueva, el LASER ha sido sobrevalorado y denostado al mismo tiempo. Paulatinamente, va alcanzando su real posición dentro de la medicina actual a partir de las experiencias que diariamente se efectúan en los consultorios privados y en las grandes instituciones.

Sin embargo, el LASER terapéutico presenta una diferencia notable respecto de otros instrumentos de la medicina; su campo de aplicación es realmente enorme. Se cuentan actualmente experiencias documentadas en áreas absolutamente disímiles, con eliminación total o parcial de sintomatología o enfermedad.

El gran uso de esta poderosa herramienta ha recalado en la traumatología y ortopedia fundamentalmente para la eliminación de sintomatología dolorosa de diferentes patologías. Se lo utiliza también asiduamente en flebología y dermatología en el tratamiento de diferentes afecciones, fundamentalmente vinculadas a lesiones tales como úlceras, en la búsqueda de cicatrización.

En otras áreas ha sido experimentado con éxito. Tal el caso de la psiquiatría donde se lo ha usado en el tratamiento de depresiones endógenas, y afecciones sexuales (impotencia de origen vascular y frigidez).

## **18.- CONTRAINDICACIONES**

En la aplicación de LASER se encuentran habitualmente una cierta cantidad de contraindicaciones algunas de las cuales se enumeran a continuación

- \* Neoplasias
- \* Micosis
- \* Embarazo
- \* Marcapasos
- \* Aplicación sobre mamas o tejido glandular
- \* Otras

Estas contraindicaciones son frecuentemente enumeradas en la bibliografía médica que trata sobre el tema, sin que pueda encontrarse una especificación de parámetro alguno que justifique la misma.

Quizás mediante adecuados estudios pueda alguna vez decirse con certeza que el LASER de tal o cual tipo no puede ser aplicado en un caso de neoplasia si se lo hace dentro de un ámbito de frecuencia o potencia estipulados.

Mientras tanto esas menciones no tienen más valor que una limitación casi de tipo místico.

No quiere esto decir que lo contrario sea cierto (que se lo pueda aplicar en neoplasias), pero reservo mis dudas frente a la certeza del enunciado.

Como evaluación lógica, es posible creer que de no existir como única alternativa la aplicación de LASER en un paciente con una neoplasia de algún tipo, la misma no debe hacerse dado que la incerteza es real y está presente.

Mucho más claro es este concepto en el caso del marcapasos cardíaco. Ningún marcapaso se vería afectado por la aplicación de un LASER de los comúnmente usados en kinesiología. Sin embargo, se lo contraindica en forma absoluta prácticamente en cuanto escrito se aborda.

La prohibición de dicha cuestión se vuelve con el tiempo en un mito que no se cuestiona, inhibiendo el uso de una maravillosa herramienta terapéutica.

La conducta correcta a adoptar parece ser entonces la de la precaución más que la de la prohibición.

## **18.- CONCLUSIONES**

Seguramente no es el LASER el elixir de la vida tantas veces anhelado. Sin embargo, presenta características que lo constituyen en una poderosa herramienta del consultorio moderno.

El bajo costo unitario, la rapidez en la aplicación, el reducido número de contraindicaciones y la espectacularidad de sus resultados, hacen que el LASER deba ser considerado como una opción más que válida en un gran número de patologías

## **19.- BIBLIOGRAFIA**

Colls: La terapia laser hoy.

Serres: Les lasers de puissance en medicine et en chirurgie.

Hallmark: Laser, the lightfantastic.

Alezzandrini: Laser en Oftalmología.

Martins: Il laser nella terapia riabilitativa: situazioni e prospettive.

Marti: Parámetros físicos utilizados en medicine para la aplicación del laser.

Vila: Las dosificaciones en laserterapia.

Riverola: La terapéutica laser en geriatría veterinaria.

Herrers: La radiación laser: contraindicaciones y normas de seguridad.  
Colls: Enfoque conceptual de las radiaciones electromagnéticas.  
Trelles: Bone fracture consolidate faster with low power laser.  
Herrero: Efectos terapéuticos.  
Herrero: La práctica aplicada en la terapéutica laser.  
Nano: Endofotocoagulación.  
Sacchi: Le applicazioni biomedichi del laser.  
Ronn: Il laser in chimica.  
Tsipis: Armi laser.  
Lenzi: Aplicaciones médico-terapéuticas de los rayos laser.

**SEAKIT**  
ARCHIVO DESCARGADO DE  
[WWW.SEAKIT.COM.AR](http://WWW.SEAKIT.COM.AR)