

Alcolea, Justo M.<sup>1</sup>; Hernández, Estefanía<sup>2</sup>; Trelles, Mario A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup><https://www.seme.org/revista/autores/justo-alcolea>

<sup>2</sup><https://www.seme.org/revista/autores/estefania-hernandez-torres>

<sup>3</sup><https://www.seme.org/revista/autores/mario-trelles>

Recepción: 07/03/2024. Revisión: 03/05/2024. Aceptación: 04/06/2024. Publicación: 12/08/2024.



Dr. Justo Miguel Alcolea López

## Láseres ablativos fraccionales en patología dermoestética

### *Fractional ablative lasers in dermo-aesthetic pathology*

#### RESUMEN

Los láseres fraccionales ablativos, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y erbio: itrio-aluminio-granate (Er:YAG), tienen su fundamento en su capacidad de dañar selectivamente la epidermis, la dermis o ambas de la piel envejecida en dependencia de la dosimetría programada. Tienen la particularidad de dejar indemnes pequeñas áreas de piel entre los impactos de láser, cuya finalidad es recuperar la piel de forma más rápida y con menos efectos secundarios. A tenor de lo expuesto, el desarrollo de láseres Er:YAG surgió como alternativa a los láseres CO<sub>2</sub>. No obstante, su menor efecto térmico residual implica menos efectividad en la remodelación del colágeno.

Cada uno de los láseres estudiados tienen características que les son propias, y que deben conocerse bien, para evitar riesgos y efectos adversos ligados a un empleo incorrecto. El tratamiento del envejecimiento cutáneo se correlaciona bien con la irradiación láser sobre el tejido diana, el tamaño del *spot* y el tiempo de incidencia del haz de fotones. La adecuada combinación de estos parámetros, atendiendo a la longitud de onda de emisión de cada láser, número o solapamiento de pases según el área tratada proporcionará buenos resultados, acordes con la patología tratada.

La elección del paciente, teniendo en cuenta el tipo y localización de las lesiones a tratar, es la clave del éxito. No hay que olvidar la preparación previa de la piel antes de ser sometida a la acción de láseres CO<sub>2</sub> o Er:YAG, ni tampoco los cuidados posteriores; rejuvpostquirúrgicas.

El progreso tecnológico en el desarrollo de nuevos sistemas proporciona ventajas adicionales al empleo de estos láseres fraccionales, evitando complicaciones innecesarias. Sin embargo, la nueva tecnología no exime de adquirir una adecuada formación en la práctica ni del estudio de la interacción láser-tejido.

**Palabras clave.** Láser de CO<sub>2</sub>. Láser de Er:YAG. Láseres fraccionales. Interacción láser-tejido. Fotoenvejecimiento. Rejuvenecimiento.

#### ABSTRACT

Fractional ablative lasers, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and Erbium: Yttrium-Aluminium-Garnet (Er:YAG), are based on their ability to selectively damage the epidermis, dermis or both of the aged skin, depending on the programmed dosimetry. They have the particularity of leaving small areas unharmed between laser impacts, with the purpose of restoring the skin more quickly and with fewer side effects. In light of the aforementioned considerations, the development of Er:YAG lasers emerged as an alternative to CO<sub>2</sub> lasers. However, their lower residual thermal effect results in less effective collagen remodeling.

Each of the lasers under study has its own characteristics, which must be well understood to avoid risks and adverse effects linked to incorrect use. The treatment of skin ageing correlates well with the laser irradiation on the target tissue, the spot size and the incidence time of the photon beam. The optimal combination of these

parameters, considering the emission wavelength of each laser and the number or overlapping of passes depending on the area treated, will provide good results in accordance with the pathology treated.

The selection of the patient, with due consideration of the type and location of the lesions to be treated, is of paramount importance for the success of the procedure. It is essential not to overlook the importance of the preparatory steps undertaken on the skin prior to exposure to the action of CO<sub>2</sub> or Er:YAG lasers, nor the subsequent care and attention required to minimize the risk of pigmentary alterations or post-surgical scars.

Technological progress in the development of new systems provides additional advantages to the use of

these fractional lasers, avoiding unnecessary complications. Nevertheless, the advent of novel technology does not negate the necessity for practitioners to undergo adequate training in practice and to engage in the study of laser-tissue interaction.

The advancement of technology in the creation of new systems confers additional benefits upon the utilization of fractional lasers, obviating the necessity for superfluous complications. Nevertheless, the advent of novel technology does not exempt for practitioners to undergo adequate training in practice and to engage in the study of laser-tissue interaction.

**Keywords.** CO<sub>2</sub> laser. Er:YAG laser. Fractional lasers. Laser-tissue interaction. Photoaging. Resurfacing.

## INTRODUCCIÓN

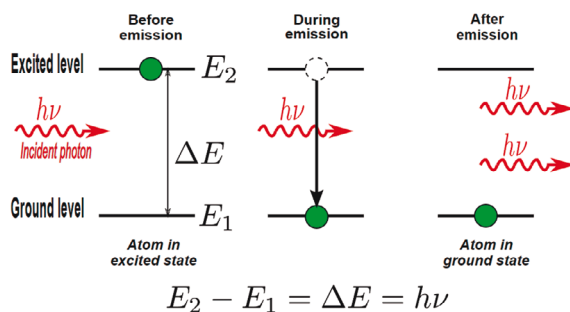
El tratamiento mediante láseres fraccionales tiene por objetivo atenuar o eliminar los signos que se asocian al envejecimiento cutáneo, sea cronobiológico o por estar ligado a la sobreexposición solar [1]. El interés por el tratamiento de la piel envejecida es creciente y se debe, entre otros factores, a la progresiva longevidad de la población en las sociedades occidentales [2].

El fotoenvejecimiento se debe a la exposición continuada de la piel a la radiación ultravioleta (UV). Los cambios inducidos dependen de la frecuencia e intensidad de dicha exposición, yendo desde arrugas de distinta profundidad y flacidez hasta cambios en la textura cutánea. En su grado máximo, el fotodaño se manifiesta por piel seca y rugosa, además de acúmulos pigmentarios más frecuentes en determinadas áreas de la cara: suborbitaria, perioral superior, pirámide nasal, labios, frontal central e inferior y temporal. A lo anterior se suman los cambios microcirculatorios, aparición de telangiectasias y/o alteraciones más dramáticas, como la queratosis actínica o el cáncer cutáneo no melanoma [2]. Los pacientes con estas alteraciones pueden beneficiarse de los tratamientos con láseres fraccionales, así como aquellos que presentan cicatrices, bien secundarias a traumatismos o debidas al acné.

Los láseres ablativos tradicionales, láseres de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de erbio: itrio-aluminio-granate (Er:YAG), siguen jugando un papel importante en el rejuvenecimiento facial [3,4]. El rejuvenecimiento o remodelado (*resurfacing*) fraccional con láser de CO<sub>2</sub> es la mejor opción para el tratamiento de la piel fotodañada, aunque no se deben minimizar sus efectos colaterales, más acusados en la primera semana de tratamiento, tales que edema, exudación, aparición de costras, picor y sensación de quemazón;

a los que cabe añadir la posibilidad de cambios pigmentarios de larga duración, cicatrización anómala y riesgo de infección [5]. En la búsqueda de tratamientos menos agresivos se desarrolló el láser de Er:YAG, con una recuperación más rápida de la piel tras su aplicación, aunque su actuación más superficial, conlleva un menor efecto térmico residual, lo que se traduce en menos efectividad en la remodelación del colágeno que un láser de CO<sub>2</sub> [6].

Sin embargo, muchos pacientes no desean un postoperatorio largo que no les permita seguir con sus actividades habituales. De ahí el desarrollo de sistemas láser que actúan en la dermis, dejando indemne la epidermis. Estos sistemas son muy populares, aunque sus resultados no sean comparables a los obtenidos con los láseres ablativos fraccionales. Además, requieren de la aplicación de reiteradas sesiones para que los cambios en el paciente sean moderadamente significativos [7].



**Figura 1.** Diagrama de Feynman. Un fotón incidente sobre un electrón excitado e inestable, que está en un nivel superior de energía, hace que vuelva a la situación de reposo liberando un nuevo fotón de la misma longitud de onda.

Tomado de Wikipedia.

## LÁSER DE CO<sub>2</sub>

En la actualidad es habitual emplear sistemas alimentados por radiofrecuencia. La estimulación del gas contenido en el tubo, a través de picos eléctricos de alta energía, impulsa a que los átomos alcancen niveles energéticos más elevados, emitiendo fotones de 10.600 nm de longitud de onda al regresar al estado previo de reposo (Figura 1). Estos fotones son eficazmente absorbidos por el agua, aunque menos en comparación con la longitud de onda emitida por un láser de Er:YAG. El cromóforo del láser de CO<sub>2</sub> es el agua. Fundamentalmente, se trata de que el láser de CO<sub>2</sub>, aunque se diga que emite en pulsado, su emisión varía por la fuente de alimentación que produce la radiofrecuencia. Por el contrario, el láser de Er:YAG emite en modo pulsado [7].

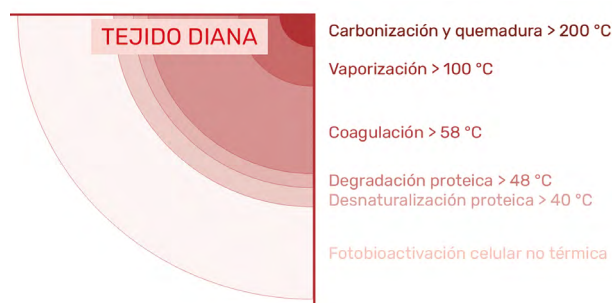


Figura 2. Reacciones fototérmicas desencadenadas por el láser de CO<sub>2</sub> en el tejido. Modificado de Trelles (2003)<sup>10</sup>.

## Reacciones fototérmicas

El impacto inicial de la energía de un láser de CO<sub>2</sub> en el tejido hace que la temperatura se eleve por encima de 200 °C, produciendo carbonización al repetirse los pulsos. A partir de la zona de impacto, la temperatura va disminuyendo de forma progresiva hacia los tejidos circundantes [8]. Con un calor de alrededor de 100 °C, los fluidos intra y extracelulares entran en ebullición y el tejido es eliminado por vaporización [9,10]. La energía térmica propagada se distribuye en las zonas próximas al punto de interacción láser, provocando diversos grados de daño térmico: coagulación en torno a los 60 °C; degradación proteica a los 50 °C, y desnaturalización de las proteínas por encima de 40 °C (Figura 2).

La coagulación del tejido conduce a necrosis, iniciándose el proceso de reparación a través de las varias fases de la cicatrización, en las cuales se activa significativamente la actuación celular.

## Particularidades del láser de CO<sub>2</sub>

La alta afinidad de la energía del láser de CO<sub>2</sub> por las moléculas de agua en pulsos cortos logra la vaporización altamente selectiva del tejido, limitando su penetración a diferencia de la destrucción tisular que produce el láser de Er:YAG [12,13]. Básicamente se debe a la diferencia de la forma de impactar la energía; en forma de campana gaussiana en el caso del láser de CO<sub>2</sub> y en forma de meseta el pulso de láser de Er:YAG (Figura 3).

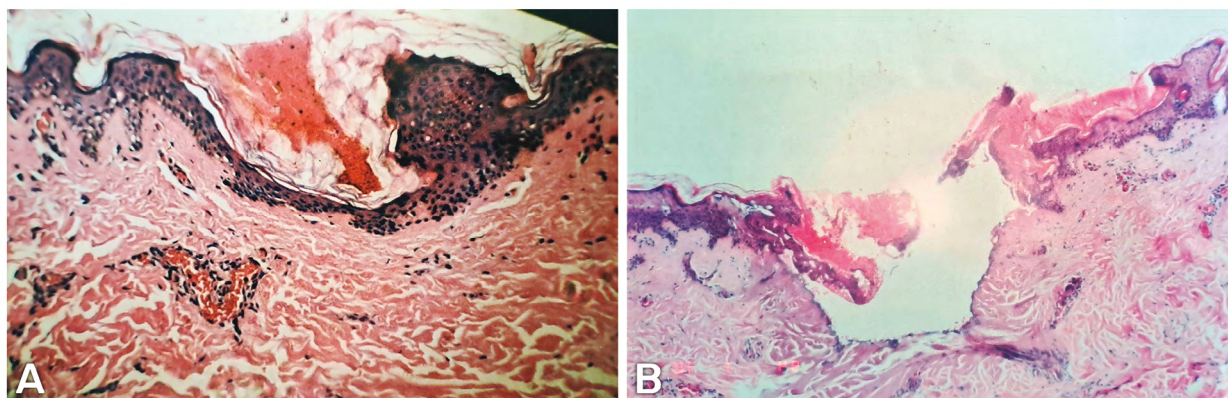


Figura 3. Efectos histológicos comparativos producidos en la piel con los láseres de CO<sub>2</sub> y Er:YAG durante el tratamiento de *resurfacing*. Los efectos son consecuencia de la longitud de onda del láser empleado y la proporción del cromóforo contenido en la diana (en este caso agua que absorbe ambas longitudes de onda, con especial eficacia del Er:YAG).

- A) La microfotografía de piel (HE×250) muestra el resultado de un disparo de láser de CO<sub>2</sub> (9 W, 50 ms, haz colimado de 3 mm y fluencia de 125 mJ/cm<sup>2</sup>). Se han eliminado unas pocas capas de células epidérmicas y se muestra una característica imagen de cráter (o campana invertida gaussiana) por la distribución de la energía que se concentra en el centro del haz.
- B) En el caso del láser de Er:YAG, cuyo pulso lleva la energía distribuida homogéneamente, se produce una ablación limpia del tejido donde impacta (haz colimado de 3 mm, 28 J/cm<sup>2</sup>).

Cuando el láser se emplea focalizado, el tamaño del impacto (*spot*) sobre el tejido puede limitarse a unas pocas decenas de micras ( $\mu\text{m}$ ), lo que supone un incremento notable de la densidad de potencia o irradiancia ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ). Con mayor irradiancia se logran mejores efectos quirúrgicos ligados a la vaporización del tejido; en tanto que la irradiancia es desfocalizada, la densidad de potencia disminuye, y es tanto más notable cuanto más se separa la pieza de mano del punto de impacto. El impacto de la energía produce coagulación, de especial interés si se desea eliminar el sangrado en lesiones como queratosis actínicas que, en su base, se acompañan de notable vascularización [13,14].

Con el láser de  $\text{CO}_2$  puede actuarse de diferente manera gracias a alterar el tamaño del *spot* para conseguir la incisión quirúrgica, vaporizar el tejido y obtener el efecto de coagulación. Debido a estas particularidades, Trelles denominó a la irradiancia con el explícito nombre de “llave quirúrgica”.

El tratamiento del envejecimiento cutáneo debiera corresponderse al tiempo de irradiación que la emisión láser incide sobre el tejido diana, siendo un parámetro adaptable a la necesidad del tejido que se desea tratar; de esta forma se consiguen repetibilidad de resultados. La potencia de emisión se estima en vatios (W), que multiplicada por el tiempo de incidencia del haz sobre el tejido expresado en segundos (s), da como resultado la energía (E), que se enuncia en julios (J).

Un punto focal de calidad radica en el hecho de que una densidad de potencia elevada sobre el tejido permite realizar incisiones precisas, con poca transferencia térmica hacia los bordes de la lesión [13]. No obstante, el desplaza-

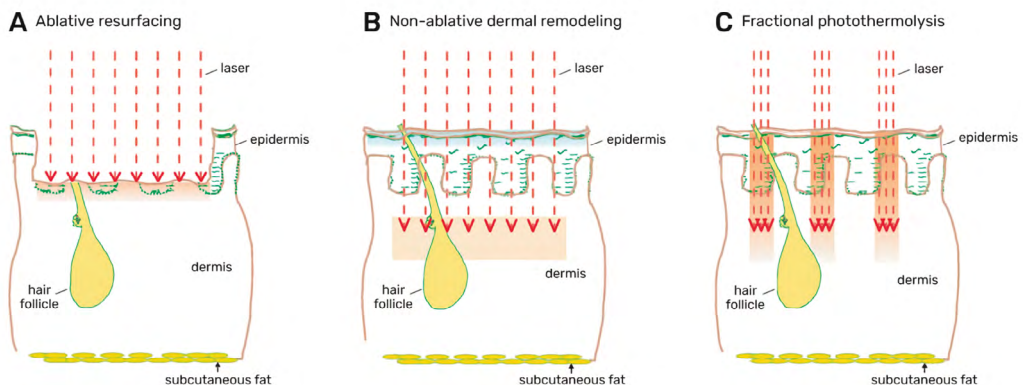
miento de la mano debe ser rápido, ya que si se emplea en una emisión continua origina propagación térmica fuera del punto diana. Actualmente, muchos láseres incorporan funciones de escáner para realizar incisiones de manera automática sin mover la pieza de mano, permitiendo que el corte sea siempre rápido y limpio, limitando la propagación de calor.

### Procedimientos quirúrgicos con láser de $\text{CO}_2$

Los láseres actuales, debido al sistema instalado en sus consolas, permiten combinar bien diferentes parámetros para elegir dosimetrías mediante escáneres que facilitan y agilizan los tratamientos, aunque el médico debe estar versado en la técnica y conocer las particularidades de la interacción láser-tejido [11]. Existen una gran variedad de técnicas y tratamientos susceptibles de realizarse con láser de  $\text{CO}_2$ , tales como el rejuvenecimiento facial realizado en modo fraccional ablativo.

El tratamiento ablativo clásico obtenía excelentes resultados en manos expertas, aunque presentaba elevados riesgos potenciales para la recuperación de la piel. El eritema era uno de sus inconvenientes más serios porque podía prolongarse durante meses. En la actualidad, cada vez son menos los pacientes dispuestos a pasar por postoperatorios prolongados [13,14].

Manstein *et al*, en 2004, propusieron una aproximación diferente al modo ablativo clásico, con un concepto diferente en rejuvenecimiento de la piel con láser que denominaron fototermólisis fraccional (FF) [15]. La FF produce áreas separadas de daño térmico en forma de patrones geométricos, que dejan puentes de tejido indemne entre las áreas de impacto del láser (Figura 4). Este hecho faci-

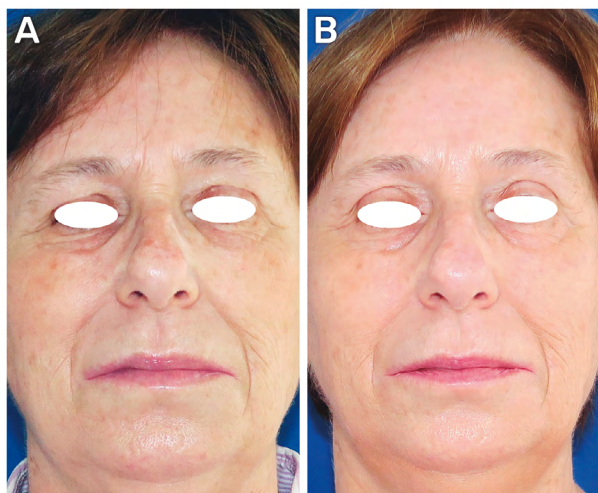


**Figura 4.** Tres conceptos diferentes en el tratamiento de la piel fotoenvejecida. A) Los láseres ablativos eliminan la epidermis y dejan un daño térmico residual en la dermis. B) Los láseres no ablativos provocan daño térmico en la dermis sin dañar la epidermis. C) Los láseres fraccionales (fototermólisis fraccional) producen el daño térmico en pequeñas unidades microscópicas que alcanzan la dermis y aceleran la recuperación epidérmica. Tomado de Manstein *et al* (2004)<sup>15</sup>.

lita que los queratinocitos puedan iniciar la curación de la lesión en un tiempo más breve.

En el tratamiento con láser CO<sub>2</sub> es importante tomar en cuenta los detalles que se describen a continuación.

**a. Elección del paciente.** Los más adecuados para tratamiento fraccional con láser de CO<sub>2</sub> son aquellos de fototipos de II a IV de la escala de Fitzpatrick, que presentan fotoenvejecimiento leve, moderado y hasta grave. También pueden tratarse pacientes con cicatrices residuales de acné; lesiones exofíticas, como nevus; lesiones precancerosas, como queratosis y queilitis actínicas; además de lentigos o queratosis seborreicas [15-17]. Es imprescindible realizar previamente el diagnóstico de las diversas lesiones por lo que es necesario contar con conocimientos adecuados de dermatoscopia. Antes del tratamiento es preciso realizar una historia clínica completa, y tomar fotografías del área a tratar en diversos planos, de antes y después de la intervención, anotando cuidadosamente los parámetros láser empleados (Figura 5).



**Figura 5.** Resultado obtenido tras *resurfacing* total de la cara con láser de CO<sub>2</sub> en modo fraccional sin sobreposición de disparos en una paciente de 64 años, fototipo II-III. Se emplearon distintos patrones según las áreas de la cara, cobertura de 25%, fluencia en el anillo de 12,1 J/cm<sup>2</sup> y de 28,3 J/cm<sup>2</sup> en el *core*. A) Antes del tratamiento, la paciente presenta arrugas muy profundas en toda la cara, envejecimiento cutáneo y múltiples lentigos, con signos de laxitud con “descolgamiento” del tercio inferior de la cara. B) Dos años después de un único tratamiento, mantiene una mejoría evidente, con buena textura de la piel y aspecto rejuvenecido. Los surcos nasogenianos y otras arrugas profundas, aunque atenuadas, son nuevamente visibles.

**b. Previamente al *resurfacing* láser.** Se debe prescribir al paciente un tratamiento de cremas despigmentantes para aplicarse alrededor de 15 días antes de la intervención. Su finalidad será bloquear la síntesis de la melanina para prevenir reacciones cutáneas que activen la pigmentación [18].

Si los procedimientos fraccionales se realizan sin sobreponer pases (*overlapping*) no es preciso realizar profilaxis antibiótica oral; bastará con prescribir un antibiótico tópico. Los tratamientos con pases simples tienen una recuperación corta y sin excesivos efectos secundarios, pudiendo realizarse 2 o 3 tratamientos separados al menos 3 meses entre ellos. Esta proposición suele ser bien aceptada por el paciente.

Si existieran antecedentes de infección herpética se instaurará profilaxis antiviral; valaciclovir, 500 mg dos veces al día, comenzando 2 días antes y hasta 5 días después del tratamiento. La recomendación de no tomar AAS o AINEs 10 días anteriores al procedimiento ahorrará el sangrado excesivo durante el tratamiento; sobre todo si se emplea láser de Er:YAG para el *resurfacing*.

En el tratamiento láser de los párpados es obligado emplear protectores oculares lubricados de acero inoxidable, instilando previamente unas gotas de colirio anestésico.

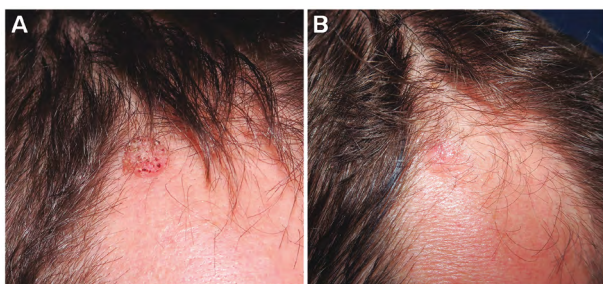
**c. El *resurfacing* en modo fraccional** con láser de CO<sub>2</sub> trata con éxito los signos de envejecimiento cutáneo: arrugas periorales, pliegues o surcos marcados, lentigos y discromías. La programación de estos láseres permite elegir diferentes patrones geométricos para cada zona de la cara; programando adecuadas fluencias (mJ/cm<sup>2</sup>) en cada lesión a fin de eliminar solo a la epidermis y/o alcanzar la dermis por microcanales de 50 a 100 μm de diámetro, apenas visibles en la superficie de la piel. Combinando la fluencia y la penetración en el tejido se logra una retracción importante de la piel de los párpados superiores e inferiores; aunque se debe ser prudente debido al fino tejido que los recubre.

El *resurfacing* también puede emplearse como *peeling* superficial, si se programan bajas densidades de emisión de energía, que consiguen la renovación cutánea con ligero edema y eritema poco intenso de breve duración. Las finas costras que se originan en la piel desaparecen 4 o 5 días posteriormente al tratamiento.

La presencia de queratosis actínicas, nevus, y

lentigos numerosos o extensos puede requerir (en la misma sesión), el empleo del láser de CO<sub>2</sub> en emisión continua o realizar dos pases sobre las lesiones. Habrá de tenerse en cuenta que estas zonas sufrirán un retraso de su epitelización y un eritema más prolongado (Figuras 6 y 7).

En la patogénesis del fotoenvejecimiento juegan un rol importante determinadas citoquinas y factores de crecimiento, destacando entre ellas el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (*Insulin-like Growth Factor 1*, IGF-1). La vía de señalización del IGF-1 ha sido estudiada en los últimos años como



**Figura 6.** Paciente de 44 años, fototipo III. A) Dermatitis seborreica de 2 cm de diámetro asentada en región frontoparietal derecha, que había experimentado un rápido crecimiento. B) Resultado obtenido un mes y medio después de realizar tratamiento con varios pases en modo ablativo con láser de CO<sub>2</sub>, fluencias de 18 a 22,4 J/cm<sup>2</sup> y spot de 3 a 5 mm. La epitelización es completa, con eritema leve.

el mecanismo que podría explicar la presencia de cáncer de piel no melanoma en las personas de edad avanzada [16]. El tratamiento con láser fraccional de CO<sub>2</sub> ha demostrado su capacidad de poder eliminar fibroblastos senescentes al tiempo que restaura los niveles de IGF-1 como protección eficaz frente los rayos UVB, y la susceptibilidad del tejido para desarrollar cáncer no melanoma.

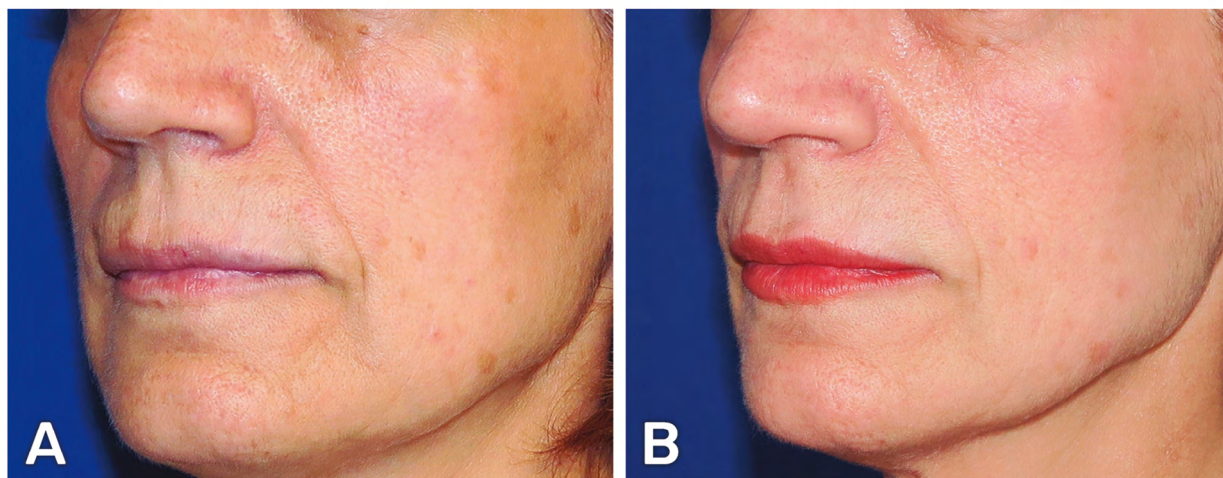
- d. Cuidados postquirúrgicos.** Inmediatamente después de la intervención se cubrirá el área tratada con una pomada antibiótica para prevenir posibles infecciones, debido a las múltiples heridas realizadas con finalidad terapéutica. El paciente continuará con el tratamiento domiciliario de la pomada antibiótica hasta la caída de las costras; cuando estas comienzan a desprenderse deberá aconsejarse el empleo de cremas reparadoras de la piel y despigmentantes; asociando cremas de protección solar, FPS 50 o 100; este último es el más recomendable en pacientes con queratosis actínicas.

### Efectos adversos y complicaciones

Los efectos adversos y las complicaciones van ligados al grado de ablación y al fototipo cutáneo [18-21]. Pueden dividirse en inmediatos y tardíos.

#### 1. Inmediatos.

- a. Inflamación.** Se produce tras el procedimiento y suele ser leve a moderada, con una duración



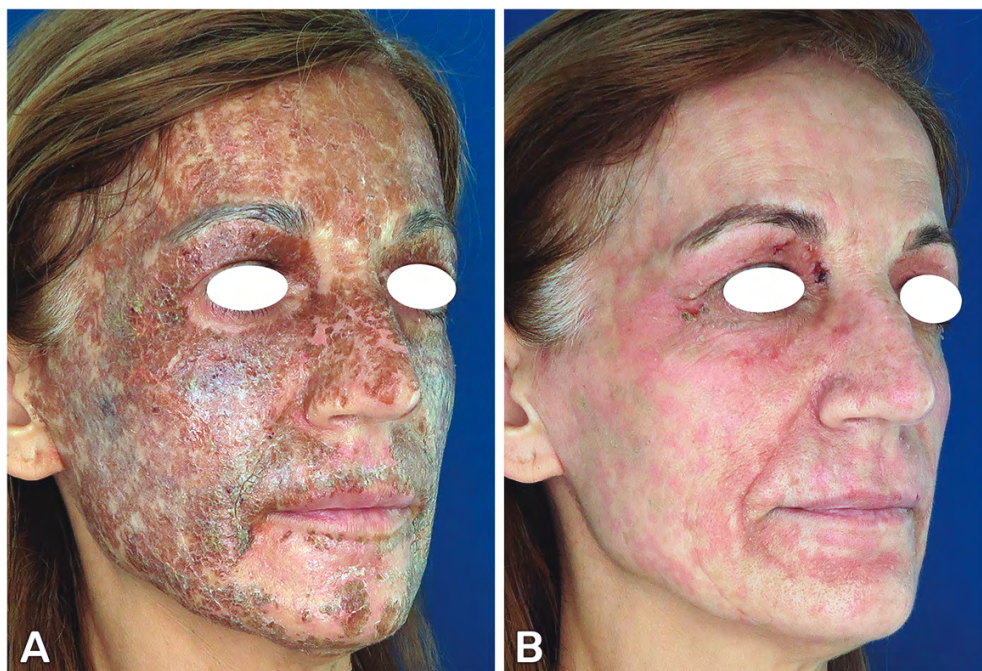
**Figura 7.** A) Mujer de 58 años, fototipo III-IV, arrugas Glogau grado 3, muy marcadas en el labio superior. Piel gruesa, surcos nasogenianos notablemente hundidos e hiperpigmentación por abuso solar. B) Dos meses después de finalizar el tratamiento con láser fraccional de CO<sub>2</sub>, cobertura 30%, fluencia por anillo de 144 a 175 mJ/cm<sup>2</sup>, fluencia según figura de ablación de 15,4 a 16,1 J/cm<sup>2</sup>. Los surcos nasogenianos y las arrugas del labio superior se han atenuado, los labios se muestran rejuvenecidos y el bermellón evertido. En las pigmentaciones, que se trataron sobreponiendo pulsos, todavía se aprecia eritema residual leve.

promedio entre 48 a 72 horas. Inclusive, en muchos casos para su resolución, es suficiente la aplicación apósitos fríos localmente.

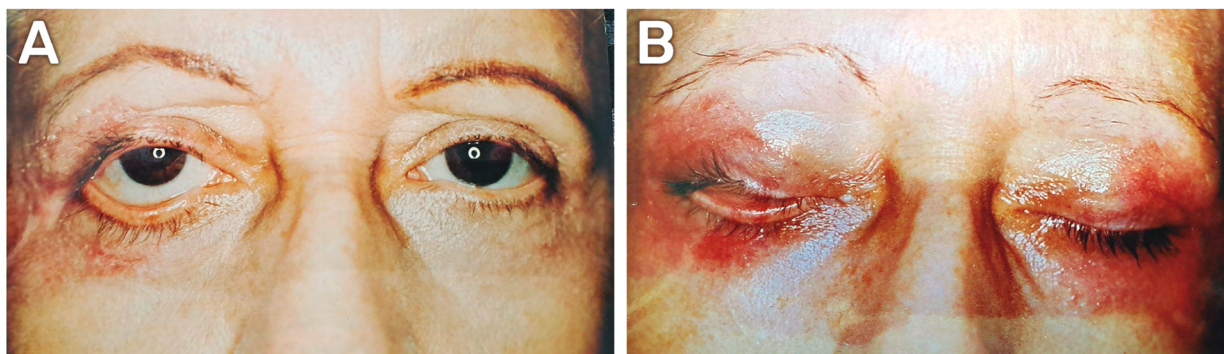
- b. Prurito.** Suele ser habitual. A veces indicativo de que el paciente no emplea las cremas prescritas con regularidad, o ser expresión de la actividad reparativa de la piel.
- c. Reacción acneiforme.** La estimulación térmica sobre las glándulas sebáceas puede, en ocasiones, producir un aumento de sebo coincidiendo con el mayor grado de vascularización, entre la 1ª y 3ª semana después del tratamiento. Es conveniente no usar cremas excesivamente grasas.
- d. Miliium.** Los quistes de milium pueden aparecer a partir de la primera o segunda semana, siendo el desencadenante más probable el uso excesivo de pomadas o cremas grasas. En este caso puede resultar beneficioso el empleo de cremas con alfa hidroxiácidos a base de ácido glicólico al 8-10% y/o ácido salicílico a baja concentración (2%).
- e. Eritema.** Está relacionado con el depósito térmico y se considera un efecto beneficioso, en ocasiones difícil de aceptar por el paciente. Es el resultado de la expresión de una más activa neovascularización, visible bajo una epidermis delgada que empieza

su recuperación y en la que se encuentra menos melanina. El eritema es más evidente en áreas sometidas a más de un pase durante el tratamiento láser (Figura 8).

- f. Petequias.** Su aparición puede ser secundaria al tratamiento, o ser lesiones de rascado en las áreas tratadas. No requieren tratamiento especial, salvo aplicar las cremas indicadas con la debida frecuencia, pues suelen resolverse de forma espontánea.
- g. Infecciones.** Son más factibles en tratamientos que precisan altas fluencias, en aquellos pacientes con significativo fotoenvejecimiento de la piel de la cara. En estos casos está justificado prescribir tratamiento profiláctico con antibióticos de amplio espectro, como ciprofloxacino y doxiciclina, para obtener cobertura ante infecciones por *pseudomonas* y *estafilococos*.
- h. Reacciones tipo alérgicas.** Estas pueden corresponder a irritaciones cutáneas debidas al empleo prematuro de maquillaje o cosméticos; por lo tanto, debe hacerse hincapié en que no se empleen estos productos hasta pasados 15 días después del tratamiento, una vez que la epidermis ha conseguido repararse.



**Figura 8.** Paciente de 58 años, fototipo III-IV. A) Una semana después de tratamiento con láser fraccional de CO<sub>2</sub> se aprecian costras más gruesas en aquellas zonas de la cara tratadas con mayor cobertura o con disparos superpuestos. B) Un mes después del tratamiento se observa todavía un eritema notable, coincidente con los pases de mayor fluencia.



**Figura 9.** Se muestran complicaciones del área periocular tras el *resurfacing* donde, en nuestra experiencia, al igual que en el labio superior, pueden ocurrir la mayoría de las complicaciones cicatriciales.

A) Se observa en el ojo derecho la excesiva exposición de la esclera. Es evidente que el limbo esclerocorneal no asienta sobre la línea del párpado inferior, a diferencia del ojo izquierdo. El canto externo del párpado inferior no se sujeta en el hueso; por ello cuando se observa la formación de un faldón con redundancia de piel flácida (*festum*) puede, por inexperiencia, tratar de corregirse la flacidez y el exceso de piel pasando repetidamente el láser con la intención de hacer desaparecer el *festum*. Como la sujeción del m. orbicular se produce en el hueso propio de la nariz y en el frontal, solo se consigue retraer el tejido y obtener como complicación la exposición lateral de la esclera. Esta complicación puede evitarse pasando el láser por el párpado inferior sin tocar el triángulo truncado correspondiente al canto externo e irradiando suavemente la zona del *festum* para corregir prudentemente la laxitud o derivar su corrección a un segundo tratamiento.

B) Complicación tras el *resurfacing*, tanto de los párpados superiores como inferiores. En el ojo derecho, los pases excesivos de láser consiguen retraer en exceso la fina piel de los párpados. Se forma entonces una eversión tanto del párpado superior como inferior dando origen a un ectropión grado 1-2 como muestra la fotografía y que, para su reparación estética, precisará de un injerto de piel.

## 2. Tardíos

Fundamentalmente las consecuencias indeseables más frecuentes son las alteraciones de la pigmentación [22,23].

- a. **Hiperpigmentación.** Los pacientes con piel fototipo III o superior, según escala de Fitzpatrick tienen elevado riesgo de incremento de la pigmentación. Es recomendable el empleo de agentes despigmentantes previamente al tratamiento como se ha comentado, ajustando asimismo la frecuencia y aplicación precoz de antidespigmentantes preventivos del potencial *effluvium pigmentarium* durante el postoperatorio, evitando exponerse al sol todo lo posible; aparte de indicar el empleo de fotoprotección.
- b. **Hipopigmentación.** La verdadera hipopigmentación supone la disminución del número de melanocitos y, por lo general, constituye una complicación permanente. Es un efecto secundario tardío, que puede aparecer hasta 6 meses después de efectuado el tratamiento. Se le relaciona con la profundidad y la fluencia empleada en la eliminación de tejido cutáneo. Consecuentemente se evitará exce-

derse en el depósito térmico por *overlapping* de los disparos láser, sumatorios de la agresión terapéutica que persigue renovar y rejuvenecer las características de la piel.

- c. **Cicatrices.** Se relacionan directamente con el solapamiento de pulsos y el excesivo daño térmico residual, que lesiona los anejos y disminuye la capacidad de recuperar adecuadamente la piel. Las cicatrices pueden ser atróficas o hipertróficas. Comúnmente, su aparición va ligada a la idiosincrasia del paciente. Por lo tanto, la historia clínica deberá ser minuciosa, indagando y examinando la calidad de la piel en anteriores áreas cutáneas que sufrieron intervenciones o cortes accidentales. Especial cuidado requiere el *resurfacing* de párpados para no crear cicatrices retráctiles, especialmente en el párpado inferior en su tercio externo, que conllevan una excesiva exposición de la esclera [24,25]. Se debe respetar la excesiva irradiación de la zona, tal como describió Trelles, para evitar esta complicación. También debe tenerse especial cuidado cuando el paciente presenta un festón malar, por descenso del m. orbicular

por debajo del ligamento orbitomalar (Figura 9). Solo cuando son de grado leve responde al tratamiento percutáneo con láser CO<sub>2</sub>; los moderados y severos pueden precisar cirugía para reposicionar el m. orbicular [26].

### LÁSER DE ERBIO: ITRIO-ALUMINIO-GRANATE (Er:YAG)

La característica principal que diferencia el láser de Er:YAG del láser de CO<sub>2</sub> es la limitación que tiene el primero de daño térmico residual en la piel tratada. Este hecho explica el atractivo del láser de Er:YAG, ya que un menor daño térmico supone menos complicaciones secundarias y un tiempo más corto de recuperación del tejido [27]. Inicialmente este láser no lograba extender el daño térmico lo suficiente como para obtener buenos resultados en la reparación del aspecto de la piel. El empleo de Er:YAG, con adecuada programación y parámetros bajos, empleando una frecuencia de disparo capaz de actuar en modo ablativo y fraccional, consigue una buena hemostasia. Los resultados que se obtienen en la remodelación del tejido son positivamente apreciables, pero sin llegar a inducir significativamente la inducción de nuevo colágeno, comparativamente a la que alcanza el láser de CO<sub>2</sub> cuando, por ejemplo, se emplea un solo pase en el tratamiento.

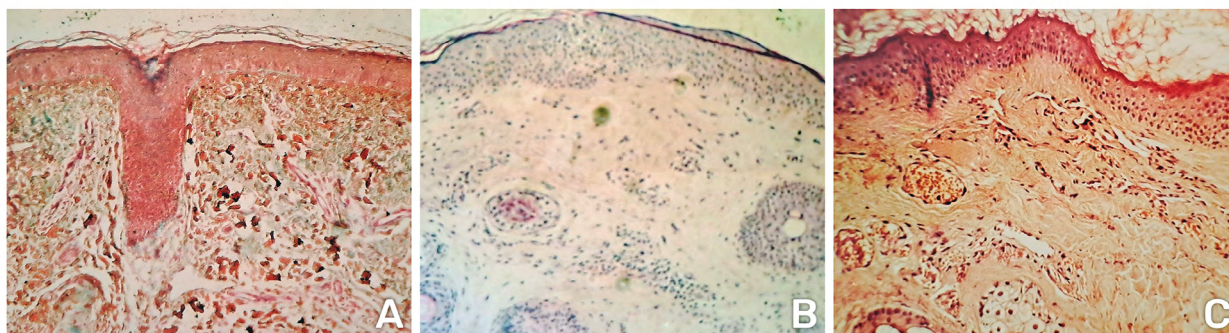
### Interacción láser Er:YAG-tejido

El láser de Er:YAG emite en 2.940 nm. Esta longitud de onda es absorbida óptimamente por el agua, hasta 10

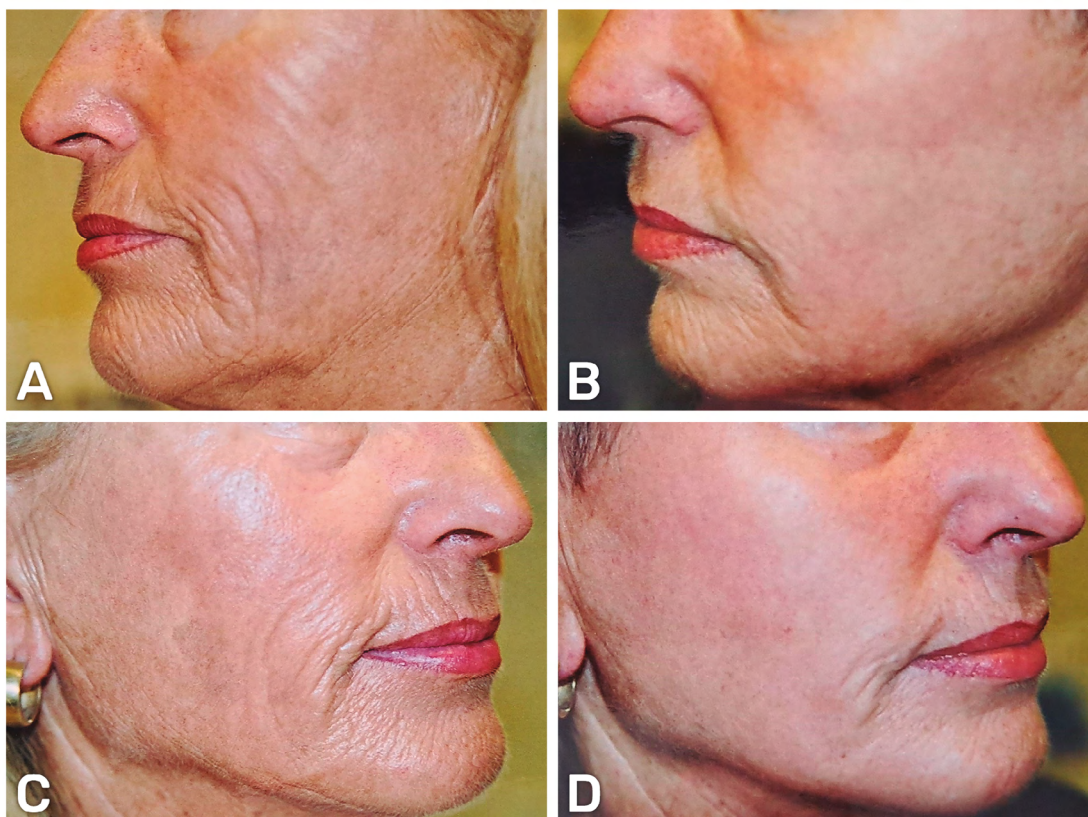
veces más que la emisión en 10.600 nm del láser de CO<sub>2</sub>. Esta circunstancia explica que la penetración del láser de Er:YAG sea escasa, por el alto contenido en agua de la piel, que ejerce de barrera absorbente de su efecto térmico. Según Zachary, una fluencia de 1 J/cm<sup>2</sup> vaporiza de 2 a 4 μm de tejido, con apenas depósito térmico [28]. Debido a su escasa vaporización tisular son necesarios repetidos pases, incrementando el solapamiento a fin de que la fluencia sobre la piel sea capaz de eliminar la epidermis de manera eficaz (Figura 10).

Otra desventaja del láser de Er:YAG es la incapacidad de producir una hemostasia eficaz a medida que se profundiza en la piel. Al principio, es un sangrado fino, difuso, que se torna muy evidente si se alcanzan los vasos dérmicos. Lo dicho obliga a secar constantemente el tejido, pues el contenido de agua en la sangre no permite avanzar con una efectiva ablación.

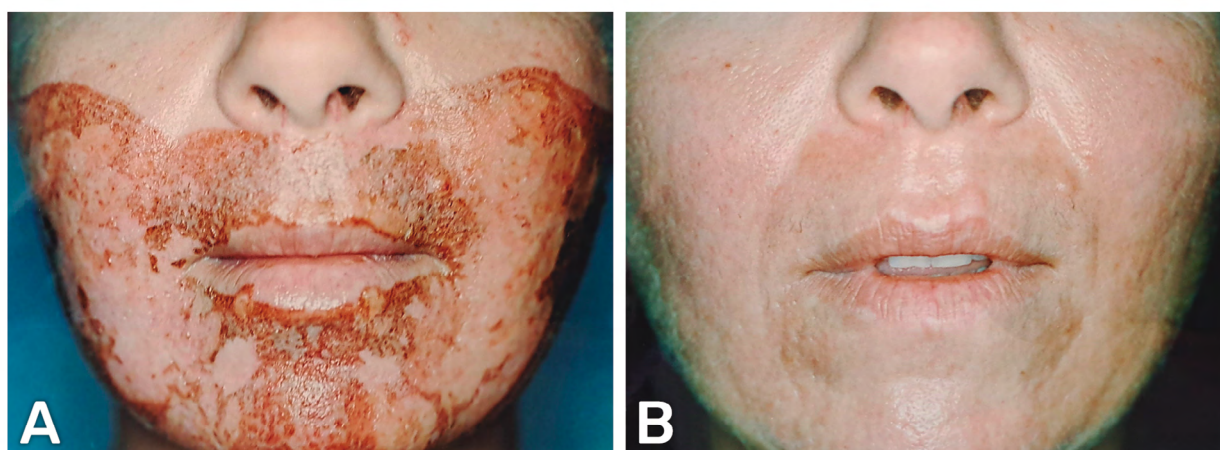
La aparición de sistemas híbridos da oportunidad de ablación y coagulación al unísono, al combinar en la consola del sistema un láser de Er:YAG y uno de CO<sub>2</sub>. El láser de Er:YAG se emplea en modo ablativo con trenes de pulsos cortos, de aproximadamente 0,003 segundos, con frecuencias entre 6 a 10 Hz. En este caso, las fluencias elevadas (entre 25 a 30 J/cm<sup>2</sup>) y con solapamiento del 50% de los disparos, consiguen la eliminación de la epidermis con un pase [29]. Inmediatamente después de cada pulso ablativo de Er:YAG sigue un pulso del láser CO<sub>2</sub>, en emisión continua con frecuencias de pulsos de 6-8 Hz y 4 a 6 W de potencia, suficiente para depositar calor en la dermis capaz de estimular la neocolagénesis (Figura 11).



**Figura 10.** Histologías de piel HE×250. A) Epidermis fina, desestructurada y adelgazada, característica de una piel envejecida. La dermis aparece con múltiples y notables espacios interfibrilares. El colágeno es pobre y con claros signos de elastosis. B) Dos meses después del primer tratamiento, la epidermis se nota engrosada con múltiples capas de células, formación de papilas y nuevo colágeno, aunque las fibras no aparecen compactadas ni se presentan en forma densa. C) Dos meses después del segundo tratamiento, la queratina es abundante y la epidermis es ondulada, rica en amplias papilas características de una piel franco rejuvenecimiento. Se nota una banda compacta de colágeno, dispuesto paralelamente, por debajo de la unión dermoepidérmica. Los espacios interfibrilares prácticamente han desaparecido, y la dermis papilar es densa y rica en colágeno, con infiltrado inflamatorio de tipo polimorfonuclear.



**Figura 12.** A y C) Antes de tratamiento con láser de Er:YAG, en modos ablativo y subablativo. El depósito térmico de este último consigue importante inflamación en dermis que activa la neoformación de colágeno. B y D) Después del tratamiento, las arrugas y la flacidez cutánea han mejorado notablemente. No existe eritema, el surco nasogeniano es menos evidente, y la piel tiene mejor apariencia y textura, con buena tensión del tejido.



**Figura 13.** Antes y un mes después del *resurfacing* perioral con láser de Er:YAG. El tratamiento se ha extendido fuera de los límites de los surcos nasogenianos para mejorar el aspecto de envejecimiento cutáneo que era notorio en las mejillas. A) Una semana después del tratamiento las costras son finas, y han comenzado a caer notándose un ligero eritema, lo cual demuestra que el *resurfacing* con este láser, a diferencia del realizado con láser de CO<sub>2</sub>, es menos agresivo. B) Un mes después el aspecto general de la piel es mejor, sin eritema residual; se aprecia mejoría de la textura cutánea y la piel se presenta libre de pigmentaciones.

El sistema dual de referencia combina en la misma pieza de mano 2 láseres de Er:YAG, uno de ellos emite pulsos cortos para realizar la ablación del tejido, mientras el otro emite pulsos largos, no ablativos, cuya finalidad es obtener una coagulación eficaz [30]. Por otro lado, existen sistemas denominados de pulso variable, capaces de emitir de modo alternativo pulsos cortos y largos para lograr al mismo tiempo ablación y coagulación; es de importancia también que logran una recuperación más rápida de las zonas tratadas (Figura 12).

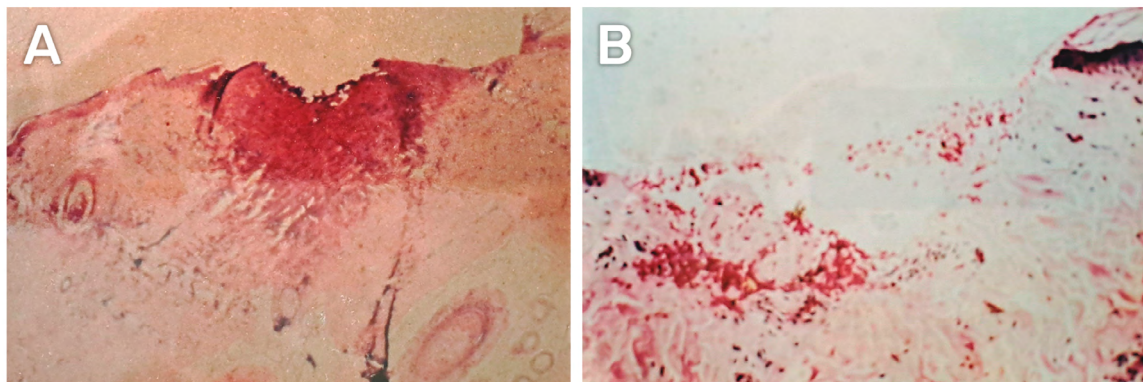
Otra oferta láser es la denominada *Spatially Modulated Ablation* (SMA) que, mediante una innovadora tecnología de ópticas, acopladas en la pieza de mano de un láser de Er:YAG de 2.940 nm de emisión, divide el haz de láser principal en 10.000 microhaces de 50  $\mu\text{m}$  [31,32]. Este sofisticado mecanismo de ablación fraccional de la epidermis consigue provocar en la dermis efectos mecánicos por ondas de resonancia acústica. Los múltiples impactos del láser provocan en la dermis miniexplosiones que se multiplican al chocar las ondas entre sí, induciendo un daño selectivo a la membrana celular. Los mecanismos de reparación de las microlesiones dérmicas, en este caso, inducen la formación de nuevo colágeno y una rápida regeneración del tejido [32-33]. Sin embargo, como consecuencia del menor depósito térmico residual que se logra con este láser, la densidad de formación de colágeno y su compactación es menos evidente y, por lo tanto, menos perdurable en el tiempo.

### Técnica quirúrgica

Si el procedimiento ha de realizarse en un área pequeña de la cara puede bastar el empleo de un anestésico tópico tipo EMLA (lidocaína 40 mg/g; Laboratorios Isdin, Barcelona) [34]. En pacientes ansiosos conviene añadir 5 mg de diazepam sublingual y 1 g de paracetamol media hora antes de la intervención. Es aconsejable, por lo tanto, hacer uso de anestésicos inyectables locales para evitar la incomodidad, y hasta el dolor, que los pases repetidos del láser ocasionan al paciente.

La eficacia de la ablación con láser de Er:YAG puede requerir varios pases antes de llegar a la dermis, si la programación no supera 1-2 J/cm<sup>2</sup>. No hay necesidad de retirar los detritus producidos por la ablación, ya que este láser es de eficiencia significativa aun cuando la piel progresivamente se deseca por los disparos del láser.

Existen sutiles diferencias entre las diversas áreas anatómicas faciales que han de tenerse en cuenta para el tratamiento [35]. Los párpados tienen un grosor epidérmico entre 50 a 75  $\mu\text{m}$ , y son una de las áreas donde la energía de ablación debe disminuirse, siendo recomendable no superar los 10 J/cm<sup>2</sup>, no solapando los pulsos más del 30% [36]. En otras zonas de la cara con mayor grosor epidérmico, como el labio superior, pueden emplearse energías entre 15-20 J/cm<sup>2</sup>, según requiera la profundidad de las arrugas y el fotodaño discrómico asociado (Figura 13).



**Figura 14.** Histologías de piel, HE×250. A) Efecto de un pase con láser Er:YAG para *resurfacing* perioral. La microfotografía muestra la eliminación de la epidermis y efecto de eosinofilia en dermis; el pase del láser se efectuó en modo convencional con fluencia de 6 J/cm<sup>2</sup>, suficientes para eliminar la epidermis. A continuación, se reprogramó el láser para emitir en modo subablativo a fin de obtener efecto de coagulación y evitar en lo posible el sangrado de la dermis, causando un color más oscuro indicativo de coagulación en el tejido. El calor residual que lesiona la dermis dará paso a la reparación tisular con activación de la formación de colágeno. B) Se muestra el efecto de un solo pulso del láser de Er:YAG con haz colimado de 3 mm y 30 J/cm<sup>2</sup>. La eliminación de la epidermis y la dermis papilar es completa. Se insinúa sangrado en dermis con infiltrado linfocitario pero sin imágenes de eosinofilia, demostrativo de la práctica total absorción de la emisión de alta energía del láser por el cromóforo agua de la piel, que se traduce en eliminación limpia del tejido. En este caso será necesario cubrir el área de *resurfacing* para atajar el sangrado. A las 24 horas se retira el apósito y se comienza el tratamiento cual si se tratara de un *resurfacing* realizado con láser de CO<sub>2</sub>.

Según la reacción del tejido pueden realizarse hasta 3 pases con solapamiento de 50% de los pulsos. La retracción del tejido no es evidente durante el tratamiento como sucede con el *resurfacing* de un láser de CO<sub>2</sub>, aunque suele producirse en el segundo o tercer pase [37]. El haz láser de Er:YAG es colimado, e histológicamente se representan los puntos de energía como una imagen en sacabocados, a diferencia de la forma en cráter del láser de CO<sub>2</sub>, tal como se comentó a propósito de la Figura 3.

Es recomendable emplear cura cerrada durante las primeras 48 horas, debido al posible sangrado postratamiento (Figura 14). En el caso particular del *resurfacing* con la tecnología SMA, el empleo de cremas regeneradoras desde la finalización del tratamiento es conveniente para que actúen como sustitutivo de la epidermis parcialmente ablacionada [29].

### Cuidados postquirúrgicos

El tiempo de curación después del *resurfacing* con láser Er:YAG es inferior al que se precisa cuando se emplea el láser de CO<sub>2</sub>. En el caso del primero, el eritema es más discreto y de menor duración. La epitelización se produce entre 5 a 7 días, y se ha utilizado la tecnología SMA el tiempo de recuperación es menor.

Es obligado mencionar que los pacientes fumadores y/o muy añosos tienen peor respuesta al tratamiento; por lo que debe hacerse hincapié a efectos informativos en reiterar que los resultados pueden estar por debajo de las expectativas, además de prestar especial atención al seguimiento postratamiento [38].

### Efectos secundarios y complicaciones

Sirve lo mencionado para el *resurfacing* fraccional con láser de CO<sub>2</sub>. No obstante, la experiencia señala una tasa menor de efectos adversos y complicaciones ligados al *resurfacing*

con láser de Er:YAG, siendo extensible esta observación a la tecnología SMA.

La aparición de cicatrices no debe desestimarse, aunque suelen asociarse a una práctica poco depurada. Igualmente, el eritema puede persistir durante varios meses cuando se realiza una ablación más agresiva en pieles sensibles, claras y de apariencia fina [39].

### CONCLUSIONES

Los láseres ablativos fraccionales realizan tratamientos eficaces de rejuvenecimiento facial. No cabe duda de que la tecnología seguirá afinando los diversos dispositivos en busca de favorecer los resultados, al igual como minimizar los efectos adversos y las complicaciones.

En los últimos años han aparecido publicaciones sobre la idoneidad de combinar determinados fármacos, vitaminas, antioxidantes y probióticos [40]. Estos estudios parecen prometedores en tanto que la energía destinada a la piel no sea tan elevada al combinarse fármacos de reconocida acción antienvjecimiento.

El progreso tecnológico y el mejor conocimiento del mecanismo terapéutico de actuación de la luz láser contribuye a evitar las innecesarias complicaciones.

Con la adquisición de experiencia de nuevos láseres es aconsejable que el médico que se inicie en los tratamientos cutáneos de rejuvenecimiento adquiera una adecuada formación, a fin de adquirir soltura en el manejo de la luz, de tal manera que pueda enfrentarse a las complicaciones y poder ofrecer soluciones de éxito.

### DECLARACIÓN

Los autores declaran no tener conflicto de intereses ni haber recibido financiación alguna en relación con el presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1). Donof Farage MA, Miller KW, Elsner P, Maibach HI. Intrinsic and extrinsic factors in skin ageing: a review. *Int J Cosmet Sci*. 2008 Apr;30(2):87-95. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2007.00415.x>
- (2). Farage MA, Miller KW, Berardesca E, Maibach HI. Clinical implications of aging skin: cutaneous disorders in the elderly. *Am J Clin Dermatol*. 2009;10(2):73-86. <https://doi.org/10.2165/00128071-200910020-00001>
- (3). Wu DC, Fitzpatrick RE. Facial rejuvenation via the sequential combined use of multiple laser modalities: Safety and efficacy. *Lasers Surg Med*. 2016 Aug;48(6):577-83. <https://doi.org/10.1002/lsm.22514>
- (4). Zorina A, Zorin V, Isaev A, Kudlay D, Vasileva M, Kopnin P. Dermal Fibroblasts as the Main Target for Skin Anti-Age Correction Using a Combination of Regenerative Medicine Methods. *Curr Issues Mol Biol*. 2023 May 1;45(5):3829-3847. <https://doi.org/10.3390/cimb45050247>
- (5). Tretti Clementoni M, Galimberti M, Tournalaki A, Catenacci M, Lavagno R, Bencini PL. Random fractional ultrapulsed CO2 resurfacing of photodamaged facial skin: long-term evaluation. *Lasers Med Sci*. 2013 Feb;28(2):643-50. <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1116-1>

- (6). Cisneros JL, Camacho FM, Trelles MA. Láser en Dermatología y Dermocosmética. Aula Médica. 2ª Ed. Madrid. 2008.
- (7). Trelles MA, Khomchenko V, Alcolea JM, Martínez-Carpio PA. A novel method of facial rejuvenation using a 2940-nm erbium:YAG laser with spatially modulated ablation: a pilot study. *Lasers Med Sci*. 2016 Sep;31(7):1465-71. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2010-z>
- (8). Chen KH, Tam KW, Chen IF, Huang SK, Tzeng PC, Wang HJ, Chen CC. A systematic review of comparative studies of CO<sub>2</sub> and erbium:YAG lasers in resurfacing facial rhytides (wrinkles). *J Cosmet Laser Ther*. 2017 Aug;19(4):199-204. <https://doi.org/10.1080/14764172.2017.1288261>
- (9). Pils V, Terlecki-Zaniewicz L, Schosserer M, Grillari J, Lämmermann I. The role of lipid-based signalling in wound healing and senescence. *Mech Ageing Dev*. 2021 Sep;198:111527. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2021.111527>
- (10). Trelles MA. Laser ablative resurfacing for photorejuvenation based on more than a decade's experience and 1200 patients: personal observations. *J Cosmet Dermatol*. 2003 Jan;2(1):2-13. <https://doi.org/10.1111/j.1473-2130.2003.00001.x>
- (11). Trelles MA, Shohat M, Urdiales F. Safe and effective one-session fractional skin resurfacing using a carbon dioxide laser device in super-pulse mode: a clinical and histologic study. *Aesthetic Plast Surg*. 2011 Feb;35(1):31-42. <https://doi.org/10.1007/s00266-010-9553-3>
- (12). Riggs K, Keller M, Humphreys TR. Ablative laser resurfacing: high-energy pulsed carbon dioxide and erbium:yttrium-aluminum-garnet. *Clin Dermatol*. 2007 Sep-Oct;25(5):462-73. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2007.07.003>
- (13). Trelles MA, Garcia L, Rigau J, Allones I, Velez M. Pulsed and scanned carbon dioxide laser resurfacing 2 years after treatment: comparison by means of scanning electron microscopy. *Plast Reconstr Surg*. 2003 May;111(6):2069-78; discussion 2079-81. <https://doi.org/10.1097/01.PRS.0000057143.53648.8B>
- (14). Fitzpatrick RE. CO<sub>2</sub> laser resurfacing. *Dermatol Clin*. 2001 Jul;19(3):443-51, viii. [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(05\)70285-0](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(05)70285-0)
- (15). Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR. Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med*. 2004;34(5):426-38. <https://doi.org/10.1002/lsm.20048>
- (16). Krbanjevic A, Travers JB, Spandau DF. How Wounding via Lasers Has Potential Photocarcinogenic Preventative Effects via Dermal Remodeling. *Curr Dermatol Rep*. 2016 Sep;5(3):222-227. <https://doi.org/10.1007/s13671-016-0143-8>
- (17). Spandau DF, Chen R, Wargo JJ, Rohan CA, Southern D, Zhang A, Loesch M, Weyerbacher J, Tholpady SS, Lewis DA, Kuhar M, Tsai KY, Castellanos AJ, Kemp MG, Markey M, Cates E, Williams AR, Knisely C, Bashir S, Gabbard R, Hoopes R, Travers JB. Randomized controlled trial of fractionated laser resurfacing on aged skin as prophylaxis against actinic neoplasia. *J Clin Invest*. 2021 Oct 1;131(19):e150972. <https://doi.org/10.1172/JCI150972>
- (18). Bin Dakhil A, Shadid A, Altalhab S. Post-inflammatory hyperpigmentation after carbon dioxide laser: review of prevention and risk factors. *Dermatol Reports*. 2023 May 19;15(4):9703. <https://doi.org/10.4081/dr.2023.9703>
- (19). Kemp MG, Spandau DF, Travers JB. Impact of Age and Insulin-Like Growth Factor-1 on DNA Damage Responses in UV-Irradiated Human Skin. *Molecules*. 2017 Feb 26;22(3):356. <https://doi.org/10.3390/molecules22030356>
- (20). Metelitsa AI, Alster TS. Fractionated laser skin resurfacing treatment complications: a review. *Dermatol Surg*. 2010 Mar;36(3):299-306. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2009.01434.x>
- (21). Ramsdell WM. Fractional CO<sub>2</sub> Laser Resurfacing Complications. *Semin Plast Surg*. 2012 Aug;26(3):137-40. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329415>
- (22). Alster TS, Li MK. Dermatologic Laser Side Effects and Complications: Prevention and Management. *Am J Clin Dermatol*. 2020 Oct;21(5):711-723. <https://doi.org/10.1007/s40257-020-00530-2>
- (23). Fitzpatrick RE. Maximizing benefits and minimizing risk with CO<sub>2</sub> laser resurfacing. *Dermatol Clin*. 2002 Jan;20(1):77-86. [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(03\)00047-0](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(03)00047-0)
- (24). Trelles MA, Pardo L, Benedetto AV, García-Solana L, Torrens J. The significance of orbital anatomy and periorcular wrinkling when performing laser skin resurfacing. *Dermatol Surg*. 2000 Mar;26(3):279-86. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2000.09313.x>
- (25). Mirza HN, Mirza FN, Khatri KA. Outcomes and adverse effects of ablative vs nonablative lasers for skin resurfacing: A systematic review of 1093 patients. *Dermatol Ther*. 2021 Jan;34(1):e14432. <https://doi.org/10.1111/dth.14432>

- (26). Pfeiffer NB, Pfeiffer MJ. El reto de los festones malos. Actualización en su manejo. *Medicina Estética*. 2020;64(3):13-19. <https://doi.org/10.48158/MedicinaEstetica.064.02>
- (27). El-Domyati M, Abd-El-Raheem T, Medhat W, Abdel-Wahab H, Al Anwer M. Multiple fractional erbium: yttrium-aluminum-garnet laser sessions for upper facial rejuvenation: clinical and histological implications and expectations. *J Cosmet Dermatol*. 2014 Mar;13(1):30-7. <https://doi.org/10.1111/jocd.12079>
- (28). Sapijaszko MJ, Zachary CB. Er:YAG laser skin resurfacing. *Dermatol Clin*. 2002 Jan;20(1):87-96. [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(03\)00048-2](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(03)00048-2)
- (29). Trelles MA, Allones I, Luna R. One-pass resurfacing with a combined-mode erbium: YAG/CO2 laser system: a study in 102 patients. *Br J Dermatol*. 2002 Mar;146(3):473-80. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2002.04643.x>
- (30). Trelles MA, Mordon S, Benítez V, Levy JL. Er:YAG laser resurfacing using combined ablation and coagulation modes. *Dermatol Surg*. 2001 Aug;27(8):727-34. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2001.01030.x>
- (31). Hersant B, SidAhmed-Mezi M, Chossat A, Meningaud JP. Multifractional microablative laser combined with spatially modulated ablative (SMA) technology for facial skin rejuvenation. *Lasers Surg Med*. 2017 Jan;49(1):78-83. <https://doi.org/10.1002/lsm.22561>
- (32). Seirafianpour F, Pour Mohammad A, Moradi Y, Dehghanbanadaki H, Panahi P, Goodarzi A, Mozafarpour S. Systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials comparing efficacy, safety, and satisfaction between ablative and non-ablative lasers in facial and hand rejuvenation/resurfacing. *Lasers Med Sci*. 2022 Jun;37(4):2111-2122. <https://doi.org/10.1007/s10103-022-03516-0>
- (33). Alcolea JM, Hernández E, Martínez-Carpio PA, Vélez M, Khomchenko V, Sola A, Trelles MA. Treatment of Chronic Lower Extremity Ulcers with A New Er:Yag Laser Technology. *Laser Ther*. 2017 Sep 30;26(3):211-222. <https://doi.org/10.5978/jlsm.17-OR-17>
- (34). Jain R, Arias GM, Naranjo P, Murison M, López Estebanz JL, Fratila A, Prager W, Barona CG, Weidmann M, Dahan S, Cartier H, Sattler G, Podda M. The Use of a Self-Occcluding Topical Anesthetic in Daily Practice: A Non-Interventional Study. *J Drugs Dermatol*. 2018 Apr 1;17(4):413-418.
- (35). Nisticò SP, Cannarozzo G, Campolmi P, Dragoni F, Moretti S, Patruno C, Bennardo L. Erbium Laser for Skin Surgery: A Single-Center Twenty-Five Years' Experience. *Medicines (Basel)*. 2021 Nov 24;8(12):74. <https://doi.org/10.3390/medicines8120074>
- (36). Badawi A, Sobeih T, Jasmina V. Periocular rejuvenation using a unique non-ablative long-pulse 2940 nm Er:YAG laser. *Lasers Med Sci*. 2022 Mar;37(2):1111-1118. <https://doi.org/10.1007/s10103-021-03362-6>
- (37). Alster TS, Lupton JR. Erbium:YAG cutaneous laser resurfacing. *Dermatol Clin*. 2001 Jul;19(3):453-66. [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(05\)70286-2](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(05)70286-2)
- (38). Özkoca D, Aşkın Ö, Engin B. Treatment of periorbital and perioral wrinkles with fractional Er:YAG laser: What are the effects of age, smoking, and Glogau stage? *J Cosmet Dermatol*. 2021 Sep;20(9):2800-2804. <https://doi.org/10.1111/jocd.13984>
- (39). Tanzi EL, Alster TS. Side effects and complications of variable-pulsed erbium:yttrium-aluminum-garnet laser skin resurfacing: extended experience with 50 patients. *Plast Reconstr Surg*. 2003 Apr 1;111(4):1524-9; discussion 1530-2. <https://doi.org/10.1097/01.PRS.0000049647.65948.50>
- (40). Alexiades M. Randomized, Double-Blind, Split-Face Study Evaluating Fractional Ablative Erbium:YAG Laser-Mediated Trans-Epidermal Delivery of Cosmetic Actives and a Novel Acoustic Pressure Wave Ultrasound Technology for the Treatment of Skin Aging, Melasma, and Acne Scars. *J Drugs Dermatol*. 2015 Nov;14(11):1191-8.