

**REPÚBLICA DOMINICANA**  
**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



**“EFICIENCIA Y EFICACIA DEL USO DE LÁSER EN EL TRATAMIENTO DE  
CARIES DENTAL: UNA COMPARACIÓN CON LOS MÉTODOS  
CONVENCIONALES”**

**TRABAJO FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE DOCTOR EN  
ODONTOLOGÍA**

**SUSTENTANTES**

**HAMMERLY CELINA RAY ESPINAL 22-0555**

**AMANDA CRISTINA REYES TEJADA 22-0615**

Los conceptos emitidos en  
el presente trabajo final son de  
la exclusiva responsabilidad de  
los estudiantes.

**Docente Especializado**

**Dra. Jennifer Peña**

**Docente Titular**

**Dra. Helen Josefina Rivera Estaba**

**Santo Domingo, DN**

**22 de julio de 2025**

## DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz que ha guiado cada uno de mis pasos, dándome fuerza en los momentos de duda, sabiduría en los desafíos y paz en el camino. Gracias por sostenerme en cada instante, por iluminar mi mente y dar sentido a cada esfuerzo. Nada de esto habría sido posible sin Su mano guiando cada paso, sin Su luz alumbrando cada decisión, sin Su gracia sosteniéndome aun cuando yo misma dudaba. Este logro, más que un título, es testimonio vivo de Su fidelidad, Su paciencia y Su propósito cumplido.

A Príamo Reyes, mi padre, gracias por tu ejemplo, por tu fortaleza, por tu fe inquebrantable y tu apoyo constante. Gracias por creer en mí con convicción, por tu paciencia, y por mostrarme el valor de la dedicación, la responsabilidad y la constancia. Gracias por cada oración que elevaste por mí, por cada consejo lleno de sabiduría y por estar siempre, sin importar la hora ni las circunstancias. Tu presencia firme y amorosa ha sido guía, sostén y abrigo en los momentos que más lo necesitaba. Eres una de las razones más profundas detrás de este logro.

A mi madre, Aminta Tejada, gracias por ser siempre esa voz que me anima a seguir, por buscar mi bienestar con una entrega que solo nace del amor más puro. Tu vida ha sido ejemplo de fe, de trabajo constante y de confianza plena en Dios, y con tus palabras y tu manera de estar siempre presente, me enseñaste que no hay límites cuando se camina con el corazón y con Dios al frente. Eres fuerza, devoción y uno de los regalos más valiosos que tengo en la vida.

A mi hermana, Ana Reyes, gracias por ser mi compañera, por tu cariño incondicional, tus palabras oportunas y tu forma de cuidarme. Eres mi cómplice y mi amiga, y tenerte en mi vida es un regalo que atesoro profundamente.

A mi hermano, Pablo Reyes, gracias por tu apoyo y por estar presente en los momentos importantes. Valoro mucho tu disposición y respaldo durante este camino.

A mi novio, Rodrigo Tavárez, gracias por estar siempre a mi lado con paciencia, ternura y fe. Gracias por alentarme en los días difíciles, por calmarme en los momentos de incertidumbre, por tus abrazos oportunos y por la forma en que crees en mí, incluso cuando yo misma dudo. Gracias por soñar conmigo, por caminar a mi lado y por celebrar cada logro como si fuera nuestro. Tu paciencia infinita, tu amor que sostiene y esa fe inquebrantable que depositas en mí han sido luz en mi oscuridad y fuerza en mis momentos de debilidad.

A mi primo, Emilio Mateo, gracias por tu cercanía y apoyo constante durante todos estos años de carrera. Has estado presente en momentos importantes y has creído en mí con cariño y firmeza. Gracias por acompañarme con tanta humanidad.

A mi tía, Fabiola Reyes, que desde el inicio me abrió las puertas de esta profesión con tanto amor. Gracias por tu guía, tus consejos y por mostrarme con tu ejemplo lo valioso que es el servicio desde la vocación.

A mi prima Yarina Veras, por tu apoyo desde el primer paso al querer entrar a la universidad, por tus palabras sinceras y tu respaldo incondicional durante estos años.

A mi tía, Carolina Tejada, gracias por abrirme las puertas de tu hogar. Vivir contigo durante esta etapa ha sido una bendición. Gracias por tu cuidado, tu compañía y por hacerme sentir siempre acogida. Tu presencia ha sido un apoyo constante y cálido.

A Jeannette Cepín, mi mejor amiga, mi hermana del alma. Gracias por ser un refugio constante, por tu alegría que siempre ilumina mis días, y por tu apoyo sin condiciones y lealtad inquebrantable. Aunque la distancia nos separe, tu presencia se siente cerca en cada momento importante. Has estado conmigo en todas las etapas, celebrando mis victorias y levantándome en las caídas. Tenerte en mi vida es uno de los regalos más grandes y valiosos que este camino me ha dado.

A Hammerly Ray, mi amiga incondicional desde la hora cero, mi compañera de clases, de desvelos, de tesis y de vida. Gracias por tu complicidad, entrega y compromiso inquebrantables, y por el cariño que siempre has demostrado. Desde que nos conocimos en la universidad, has sido un apoyo constante y una inspiración para seguir adelante. Compartir este logro contigo lo hace aún más especial, porque hemos caminado juntas por este sueño y hoy celebramos cada paso alcanzado. Gracias por estar siempre ahí, siendo luz y fuerza en mi camino.

Y a toda mi familia, por ser mi hogar, mi motor y mi refugio. Gracias por su amor, por su presencia, por sus oraciones y por ser el pilar que sostiene mis sueños.

A todos ustedes, este logro también es suyo.

Amanda Reyes.

A Dios, fuente de mi vida, mi guía constante y refugio en todo momento. A él le debo cada paso dado y cada meta alcanzada. Su presencia me ha acompañado en cada jornada, dándome dirección, sabiduría y serenidad. Le entrego esta obra como testimonio de que los sueños sí se alcanzan cuando se camina con fe.

“Encomienda a Jehová tu camino, y confía en Él; y Él hará.”

—Salmo 37:5

A mi madre, Yudelka Espinal, mi inspiración más grande y mi mayor bendición en la vida. Gracias por tu amor incondicional, por tu entrega sin límites y por ser esa presencia constante que, incluso en el silencio, me sostuvo con su fuerza. Has sido faro en mis noches oscuras, abrigo en mis días fríos y motor cuando el cansancio me vencía. Esta tesis es también tuya, porque fue tu esfuerzo y tu ejemplo lo que sembró en mí la determinación de llegar hasta aquí. Te amo con todo mi ser.

A mi padre, Hamlet Ray, gracias por tu firmeza, tu guía y tu compromiso con mi crecimiento. Tu ejemplo como hombre íntegro, trabajador y sabio me enseñó a luchar con disciplina y perseverancia. Has sido pilar silencioso, siempre atento, siempre presente, y aunque muchas veces no lo exprese, valoro inmensamente cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada mirada de orgullo que me ha empujado a dar lo mejor de mí.

A mi hermano, Hamlet David, que ha sido mi compañero de vida, mi amigo y mi soporte emocional en más momentos de los que puedes imaginar. Tu presencia me recuerda que no estoy sola en este camino. Gracias por compartir mis alegrías y mis angustias, por tus bromas que me devolvieron sonrisas en días de tensión, y por tu

forma única de demostrarme cuánto te importa mi bienestar. Esta meta también es parte tuya.

A mi novio, Juan David de la Cruz, mi compañero fiel, que ha caminado a mi lado con amor paciente, comprensión sincera y un compromiso que trasciende palabras. Has estado en cada paso, alentándome cuando dudaba, celebrando mis logros con orgullo genuino y sosteniéndome con ternura cuando la carga se volvía demasiado pesada. Gracias por ser hogar en medio del caos, por amarme en mis días más vulnerables, y por soñar junto a mí. Esta etapa no habría sido igual sin ti.

A Yolanda Espinal y Luz Fernández, dos mujeres excepcionales que han cuidado de mí con un amor profundo y sincero. Su presencia ha sido como el cobijo de una madre: constante, cálido y reconfortante. Gracias por preocuparse por mí con tanto esmero, por ser mi refugio en momentos de agotamiento, y por recordarme con sus acciones silenciosas que el amor no siempre necesita palabras. Su apoyo me ha dado calma, y su cariño, fuerza.

A mis tíos, que siempre han estado pendientes de mi desarrollo, brindándome afecto, consejos y compañía. De manera especial, a Dulce Inoa, Robinson Espinal, Martha Rosario y Raúl Espinal, gracias por creer en mí, por sus palabras de aliento en momentos de duda, y por celebrar conmigo cada pequeño avance como si fuera propio. Ustedes han sido una red de amor que me ha sostenido más de lo que pueden imaginar.

A mi prima, Ranurys Espinal, con quien comparto más que lazos familiares. Gracias por estar siempre presente, por tus palabras oportunas, por tu escucha sincera y por tu apoyo constante. Has sido una presencia luminosa, una hermana del alma en quien siempre pude confiar. Esta meta también es tuya.

A mis abuelos, Nelson Espinal y Eladia Plasencia, cuya ausencia física no ha impedido que sigan presentes en cada paso que doy. Abuelo, sé cuánto soñaste con verme cumplir esta meta, y aunque no estés aquí para abrazarme, siento tu orgullo en lo más profundo de mi corazón. Gracias por tus palabras, tu confianza y por inspirarme a no rendirme nunca. Abuela, tu dulzura, tu fortaleza silenciosa y tu amor sereno me acompañan siempre. Ambos viven en mí, en mis pensamientos y en este logro que también les pertenece.

A mi mejor amigo, Lisandro Santos, que ha estado en los momentos más oscuros y también en los más radiantes. Gracias por tu lealtad sin condiciones, por escucharme cuando necesitaba desahogarme, por recordarme mi valor cuando el ánimo decaía y por estar siempre dispuesto a acompañarme sin juzgar. Tu presencia constante ha sido uno de los regalos más sinceros y valiosos de este proceso. Eres familia que elegí con el alma.

A la familia Abreu Peña, gracias por abrirme las puertas de su hogar y de su corazón. Ustedes se convirtieron en una segunda familia para mí, brindándome afecto, compañía y apoyo cuando más lo necesitaba. En especial, a Georgina Peña, quien ha sido como una abuela amorosa en mi vida. Gracias por tus palabras sabias, tu ternura inagotable y por hacerme sentir siempre bienvenida y protegida. Tu presencia ha sido bálsamo en días de ansiedad y alegría en días de calma.

A Amanda Reyes, mi compañera de tesis, pero también mucho más que eso. Fuiste mi compañera desde el primer día de clases, mi aliada en los retos académicos, mi cómplice en los días difíciles, y mi amiga en cada etapa de este viaje. Esta carrera no habría sido la misma sin ti. Tu compromiso, tu entrega, tus risas y tu apoyo

hicieron de este camino algo más llevadero, más humano y hermoso. Esta tesis no sería posible sin ti, y me honra haberla construido a tu lado.

Y finalmente, a todos aquellos amigos y seres queridos que, desde la cercanía o la distancia, aportaron con palabras, gestos, abrazos, sonrisas o simplemente con su presencia: esta tesis también es suya. Cada muestra de cariño quedó grabada en este trabajo que hoy se convierte en realidad.

Gracias, de todo corazón, por ser parte de mí y de esta historia.

Hammerly Ray.

## **AGRADECIMIENTOS**

Con profunda gratitud y con el corazón lleno de emociones, queremos dedicar estas líneas a todas las personas que, de una forma u otra, formaron parte de este viaje que hoy culmina y que ha sido mucho más que una formación académica: ha sido una transformación personal, humana y espiritual.

A Dios, nuestro guía eterno, por permitirnos vivir este proceso desde la fe, por sostenernos en cada etapa del camino, y por regalarnos fuerza, sabiduría y claridad para avanzar con convicción. Sin Su luz, nada de esto habría sido posible. A Él entregamos este logro como testimonio de Su fidelidad.

A nuestras familias, por ser el refugio que nos abrazó en los días de agotamiento, la voz que nos alentó en medio del desaliento, y el ejemplo vivo de que los grandes sueños se construyen con esfuerzo, paciencia, amor y entrega. Gracias especialmente a nuestros padres y hermanos, quienes han sido inspiración, compañía y fortaleza. Su confianza en nosotras fue el combustible silencioso que nos impulsó incluso cuando no sabíamos cómo continuar.

A nuestros docentes, quienes marcaron el ritmo de nuestro crecimiento con su exigencia, pasión y vocación. Cada lección impartida, cada palabra de retroalimentación, cada orientación oportuna, dejó huellas en nuestro pensamiento y carácter. Agradecemos con especial cariño a la Dra. Yariana Taveras, la Dra.

Desiree Santiago y la Dra. Helen Rivera, por su apoyo constante y por estar presentes en momentos claves. También expresamos nuestro agradecimiento a la Dra. Isaury Castillo, la Dra. Alina Santiago y a Ivette De León, por su valioso acompañamiento durante este proceso. Y en especial, a la Dra. Jennifer Peña, nuestra asesora, por guiarnos con paciencia, compromiso y profesionalismo. Su acompañamiento fue esencial para el desarrollo de este trabajo. Finalmente, agradecemos a la Universidad Iberoamericana (UNIBE), por brindarnos el espacio académico y humano que hizo posible esta formación.

A nuestras amistades, gracias por ser compañía en los días largos, por los mensajes que llegaron justo cuando más los necesitábamos, y por recordarnos que también hay espacio para la risa en medio del esfuerzo. Su presencia hizo que el camino se sintiera menos cuesta arriba, y su apoyo fue un bálsamo en momentos de agotamiento. De manera especial, agradecemos a Isael López y a Lisandro Santos, por estar siempre ahí con disposición, palabras de ánimo y una voluntad sincera de ayudar. Su amistad ha sido un pilar firme a lo largo de este proceso, y por ello les estaremos siempre agradecidas.

A nuestros compañeros de camino, quienes compartieron con nosotras madrugadas de estudio, trabajos interminables, días de presentación y nervios acumulados. Gracias por caminar a nuestro lado con solidaridad, respeto y complicidad. En ustedes encontramos fuerza colectiva y apoyo mutuo.

A todos los colaboradores de la clínica que nos brindaron su apoyo en lo cotidiano y también en lo extraordinario: gracias a Jennifer, Glennis, Gabriel, Carmen y Juliana, por estar siempre dispuestos a ayudarnos y por su amabilidad. A Margot, Angela y las chicas del área de esterilización, por su constancia, su sonrisa y por facilitarnos tanto cada jornada. A Tonín, por su disposición incansable para estar disponible justo cuando más lo necesitábamos, con paciencia y buena voluntad.

A los técnicos Esteban y Basilio, por su atención rápida y oportuna cuando surgían imprevistos. Su apoyo fue clave para el desempeño de nuestro trabajo clínico. También agradecemos sinceramente a las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández, por brindarnos su conocimiento sobre el uso del láser y por guiarnos con generosidad y compromiso durante nuestro proceso de investigación. Su apertura y disposición a colaborar enriquecieron enormemente este proyecto.

A nuestros pacientes, gracias por confiar en nosotras durante este proceso formativo. Su disposición, respeto y colaboración nos permitieron aplicar con responsabilidad y compromiso los conocimientos adquiridos, dándonos la oportunidad de transformar la teoría en práctica. Cada encuentro clínico fue más que un ejercicio académico: fue una experiencia de aprendizaje mutuo. Más allá de lo técnico, cada uno, desde su historia y sus particularidades, nos enseñó sobre empatía, paciencia, escucha y sensibilidad. Gracias por permitirnos acompañarlos, por abrirnos las puertas a sus necesidades y por enseñarnos, sin proponérselo, a ser mejores profesionales y, sobre todo, mejores personas. Su confianza fue parte esencial de nuestro crecimiento.

Esta tesis no es solo el cierre de una etapa académica. Es también el reflejo del amor, el apoyo y la fe que tantos depositaron en nosotras. Es un testimonio de comunidad, de gratitud y de esperanza. A todos ustedes, gracias por ser parte de nuestra historia y de este logro que no nos pertenece solo a nosotras, sino a cada corazón que nos sostuvo.

Con cariño y profundo respeto,

Hammerly Ray y Amanda Reyes.

## RESUMEN

Esta revisión literaria analiza la eficiencia y eficacia del uso del láser como herramienta terapéutica y preventiva en el tratamiento de la caries dental (CD), comparándolo con los métodos convencionales. A través del análisis de investigaciones recientes, se identificaron los beneficios clínicos, técnicos y psicológicos asociados al láser, con énfasis en dispositivos como el Er:YAG y Er,Cr:YSGG. Se evidenció que el láser permite una eliminación más precisa del tejido cariado, respetando la integridad del tejido sano, lo que promueve una odontología mínimamente invasiva. Además, mejora la experiencia del paciente al reducir el dolor, la necesidad de anestesia y la ansiedad durante el procedimiento. También se identificaron ventajas en términos de resistencia a la desmineralización, capacidad antibacteriana y mejora en la adhesión de materiales restauradores. Sin embargo, la revisión destaca importantes barreras para su adopción generalizada, incluyendo el alto costo del equipo, necesidad de formación especializada y acceso limitado en contextos de bajos recursos. Aunque el tiempo operatorio con láser puede ser mayor que el de los métodos tradicionales, se compensa con mejores resultados en conservación de estructuras y satisfacción del paciente. En conclusión, el láser representa una herramienta prometedora y efectiva en el manejo de la CD, con implicaciones positivas para la práctica odontológica moderna. No obstante, su incorporación requiere estrategias de accesibilidad, formación profesional y mayor difusión de evidencia científica. Este estudio aporta una visión integral del láser como alternativa viable y de alta calidad frente a los tratamientos convencionales para la caries dental.

Palabras clave: Caries dental, láser en odontología, Er:YAG, tratamientos convencionales, odontología mínimamente invasiva, eficacia clínica, experiencia del paciente.

## **ABSTRACT**

This literature review analyzes the efficiency and effectiveness of laser use as a therapeutic and preventive tool in the treatment of dental caries (DC), compared to conventional methods. Through the analysis of recent studies, clinical, technical, and psychological benefits of laser use were identified, with emphasis on devices like Er:YAG and Er,Cr:YSGG. It was shown that lasers allow more precise removal of carious tissue while preserving healthy structures, promoting minimally invasive dentistry. Additionally, it enhances the patient experience by reducing pain, anesthesia needs, and anxiety during procedures. Advantages were also identified in terms of resistance to demineralization, antibacterial capabilities, and improved adhesion of restorative materials. However, the review highlights major barriers to widespread adoption, including the high cost of equipment, the need for specialized training, and limited access in low-resource settings. Although laser treatment may take longer than traditional methods, this is offset by better preservation outcomes and higher patient satisfaction. In conclusion, laser technology represents a promising and effective tool in the management of DC, with positive implications for modern dental practice. Nevertheless, its implementation requires improved accessibility strategies, professional training, and broader dissemination of scientific evidence. This study provides a comprehensive perspective on laser use as a viable and high-quality alternative to conventional treatments for dental caries.

Key words: Dental caries, dental laser, Er:YAG, conventional treatments, minimally invasive dentistry, clinical effectiveness, patient experience.

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE TABLAS   | 17        |
| ÍNDICE DE FIGURAS  | 18        |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>   | <b>19</b> |
| <b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                             | <b>23</b> |
| 2.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN                                   | 23        |
| <b>3.OBJETIVOS</b>   | <b>24</b> |
| 3.1 GENERAL  | 24        |
| 3.2 ESPECÍFICOS  | 24        |
| <b>4. MARCO TEÓRICO</b>  | <b>25</b> |
| 4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS                                      | 25        |
| 4.1.1 Tratamientos convencionales para caries dental             | 25        |
| 4.1.2 Luz fluorescente como método de detección de caries dental | 25        |
| 4.1.3 Inicios del láser en odontología                           | 26        |
| 4.1.4 Evolución del láser  | 29        |
| 4.1.5 Aplicaciones clínicas del láser asociadas a caries dental  | 31        |
| 4.2 MARCO CONCEPTUAL   | 31        |
| 4.2.1 Caries dental  | 31        |
| 4.2.2 Desmineralización  | 32        |
| 4.2.3 Biopelícula  | 33        |
| 4.2.4 Microbiota oral  | 34        |
| 4.2.5 Remineralización   | 34        |
| 4.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA                                    | 34        |
| 4.3.1 Láser y los métodos convencionales                         | 34        |
| 4.3.2 Láser y flúor  | 38        |
| 4.3.3 Láser de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )             | 40        |
| 4.3.4 Limitantes   | 44        |
| 4.3.5 Desinfección   | 45        |
| 4.3.6 Er:YAG   | 47        |
| 4.3.7 Adhesión   | 55        |
| 4.3.8 Láser como detector de caries dental                       | 56        |
| <b>5. MARCO METODOLÓGICO</b>                                     | <b>61</b> |
| 5.1 TIPO DE ESTUDIO  | 61        |
| 5.2 ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA                        | 62        |
| 5.3 CRITERIOS DE BÚSQUEDA  | 62        |
| <b>6. DISCUSIÓN</b>  | <b>63</b> |
| <b>7. CONCLUSIÓN</b>   | <b>69</b> |
| <b>8. RECOMENDACIONES</b>  | <b>70</b> |
| <b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                             | <b>71</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Características de los láseres dentales.....   | 17 |
| Tabla 2. Estudios de los efectos sobre el esmalte y la dentina mediante un láser de dióxido de carbono de 9.300 nm..... | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Microorganismos encontrados en la caries dental.....                            | 21 |
| Figura 2. Una vista general de la desmineralización del esmalte.....                      | 22 |
| Figura 3. Lesión de caries dental antes del tratamiento con láser.....                    | 26 |
| Figura 4. Lesión de caries dental tratada con láser Er. YAG.....                          | 27 |
| Figura 5. Remoción de tejido cariado con láser.....                                       | 34 |
| Figura 6. Fresas del laser Er. YAG.....   | 40 |
| Figura 7. Lesión de caries dental antes del tratamiento con láser Er, YAG.....            | 41 |
| Figura 8. Lesión de caries dental después del tratamiento con láser Er, YAG.....          | 41 |
| Figura 9. Restauración de la cavidad luego de ser tratada con láser Er, YAG.....          | 42 |
| Figura 10. Láser Er, YAG.....   | 42 |
| Figura 11. Remoción de tejido cariado con láser Er, YAG.....                              | 43 |
| Figura 12. Remoción de tejido cariado con láser Er, YAG.....                              | 43 |
| Figura 13. Lesión de caries dental tratada con láser Er, YAG.....                         | 49 |
| Figura 14. Lesión de caries dental restaurada luego de ser tratada con láser Er, YAG..... | 50 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La caries dental (CD) es una de las enfermedades bucales más prevalentes a nivel mundial, con un impacto económico significativo y una distribución desigual en cada país. Los trabajos recientes de investigación en torno a la salud oral han impulsado un cambio en los tratamientos de la CD. En el pasado, se promocionaban artículos rentables y de uso universal para interrumpir la proliferación de biopelículas patológicas complejas. En la actualidad, se requieren enfoques que incluyan la modificación del comportamiento y estrategias específicas para reducir el consumo de azúcar, considerando los riesgos individuales y comunes de esta enfermedad.<sup>1</sup>

Tradicionalmente, la CD ha sido tratada mediante métodos convencionales, con el uso de instrumentos rotatorios para eliminar el tejido afectado. El modelo previamente practicado de “perforar y rellenar”, que consistía en perforar fosas y fisuras o eliminar quirúrgicamente tejido cariado y enfermo para luego colocar restauraciones permanentes, no abordaba el proceso completo de la enfermedad, incluyendo la actividad microbiana y el equilibrio entre la remineralización y la desmineralización del esmalte.<sup>2</sup> Sin embargo, la introducción del láser en odontología ha abierto nuevas perspectivas en su abordaje.

En cuanto a la prevención, la odontología actual ha adoptado métodos con un enfoque más centralizado en la reducción del consumo de azúcar en la población, dado que este factor ha demostrado ser altamente perjudicial no solo para los dientes, sino también para el resto del organismo. Los cambios de conducta asociados a la adopción de hábitos saludables y conscientes promueven una alimentación nutritiva y una rutina de cepillado adecuada y oportuna. Aunque el

azúcar y el pH ya no se consideran factores directamente causales de la CD, sí mantienen una relación estrecha con el crecimiento de los microorganismos responsables de la desmineralización del esmalte y la acumulación de placa bacteriana, lo que puede derivar en lesiones de CD.<sup>3</sup>

A pesar de ser una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial y de afectar a personas de todas las edades, la CD está influenciada por factores socioeconómicos y educativos. La falta de conocimiento sobre la enfermedad y sus implicaciones puede conducir a la pérdida total o parcial de la dentición, además de infecciones y dolor como consecuencia de la desinformación.<sup>4</sup> En muchas sociedades, la salud bucal no es una prioridad, lo que fomenta la creencia de que acudir al dentista solo es necesario ante la presencia de dolor, inflamación o fracturas dentales.

La mayoría de las personas que no han recibido una educación adecuada en salud dental necesitarán atención odontológica en algún momento, generalmente cuando la única solución posible sea la extracción del diente. En estos casos, el acceso a tecnologías avanzadas, como el láser, es limitado debido a su alto costo. Aunque este método ofrece múltiples ventajas, como la reducción del dolor y la menor necesidad de anestesia, su implementación sigue siendo inaccesible para gran parte de la población.<sup>5</sup> Como resultado, muchos pacientes deben recurrir a métodos convencionales, que pueden ser más invasivos y generar mayor incomodidad.

El láser se ha convertido en una herramienta innovadora que aporta múltiples beneficios a la odontología actual. Representa una alternativa moderna a los métodos convencionales de tratamiento de CD. Entre sus principales ventajas se

encuentra la reducción del dolor y la incomodidad asociados con el uso de instrumentos rotatorios, así como la eliminación de sonidos que generan temor en los pacientes y pueden disuadir la asistencia a consultas odontológicas. Además, permite una remoción más conservadora del tejido dental afectado, promoviendo una odontología mínimamente invasiva.<sup>6</sup> Esta tecnología ofrece una herramienta alternativa en la consulta odontológica y ha revolucionado la forma en que se aborda el tratamiento de la CD.

El tratamiento de la CD con láser ha demostrado reducir significativamente la necesidad de anestesia, debido a su capacidad para minimizar la incomodidad del procedimiento. De hecho, la mayoría de los láseres diseñados para uso odontológico cuentan con diversas funciones, todas caracterizadas por ser mínimamente invasivas, indoloras y sin sangrado. Uno de los dispositivos más utilizados en la actualidad es el Er:YAG laser (2940 nm), conocido por su compatibilidad con la dentina y el esmalte en la eliminación de CD.<sup>7</sup>

El propósito de este estudio es analizar el uso del láser como una alternativa innovadora en el tratamiento de la CD, destacando sus beneficios, limitaciones y su impacto en la práctica odontológica. Se busca comparar este método con los tratamientos convencionales y evaluar su viabilidad en términos de accesibilidad, eficacia y comodidad para los pacientes.

Este trabajo se basa en una revisión de la literatura científica existente sobre el tratamiento de la CD con láser. Se recopilarán y analizarán estudios previos, artículos de revistas científicas, documentos de organismos oficiales y otras fuentes

académicas que aborden la eficacia, seguridad y limitaciones del uso del láser en odontología.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La CD es una de las patologías bucales más frecuentes a nivel mundial, afectando a personas de todas las edades y teniendo un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes.<sup>8</sup> Tradicionalmente, su tratamiento se ha basado en la remoción del tejido afectado mediante instrumentos rotatorios, los cuales pueden resultar invasivos, generar molestias en los pacientes y, en algunos casos, provocar ansiedad o miedo al tratamiento odontológico.

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la incorporación del láser como una alternativa al tratamiento convencional de la CD. Su uso ofrece diversas ventajas, como la reducción del dolor, menor necesidad de anestesia, preservación del tejido sano y un procedimiento menos invasivo. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, el láser aún no ha sido adoptado de manera generalizada en la práctica odontológica debido a factores como su alto costo y la falta de acceso en ciertos sectores de la población.<sup>9</sup>

Ante esta situación, surge la necesidad de evaluar la eficiencia y eficacia del láser en comparación con los métodos convencionales para el tratamiento de la CD. Es fundamental analizar si esta tecnología representa una alternativa viable y accesible, así como determinar sus ventajas y limitaciones en la práctica clínica.

### **2.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Qué diferencias existen entre la efectividad del láser y los métodos convencionales en la eliminación del tejido cariado y la preparación de la cavidad para restauraciones?

2. ¿Cómo influye el uso del láser en la experiencia del paciente en términos de percepción del dolor, necesidad de anestesia y nivel de ansiedad durante el procedimiento?
3. ¿Cuáles son las principales limitaciones y barreras de acceso a la tecnología láser en odontología desde una perspectiva económica, técnica y de aceptación profesional?

### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Evaluar la eficiencia y eficacia del uso de láser en el tratamiento de la CD en comparación con los métodos convencionales.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

1. Comparar la efectividad del láser y los métodos convencionales en la eliminación del tejido cariado y la preparación de la cavidad para restauraciones.
2. Analizar el impacto del uso del láser en la experiencia del paciente, considerando factores como el dolor, la necesidad de anestesia y la ansiedad generada durante el procedimiento.
3. Evaluar las limitaciones y barreras de acceso a la tecnología láser en odontología, considerando aspectos económicos, técnicos y su aceptación dentro de la comunidad odontológica.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

#### 4.1.1 Tratamientos convencionales para caries dental

El tratamiento convencional de la CD a lo largo de la historia se centraba en el modelo "perforar y rellenar". Este método consistía en remover el tejido dental cariado usando instrumentos rotatorios y luego rellenar la cavidad resultante con materiales restauradores permanentes, como la amalgama o la resina. En ocasiones estos tratamientos resultan costosos para una parte de la población, especialmente para las poblaciones desfavorecidas (de bajos ingresos, con bajo nivel educativo y geográficamente aisladas), por lo que los afecta de manera desproporcionada convirtiéndose en una fuente de infección y disminuyendo su calidad de vida. Si bien esta técnica era efectiva para eliminar el tejido cariado y prevenir la propagación de la enfermedad, no abordaba de manera integral el proceso biológico subyacente, es decir, la interacción de la biopelícula bacteriana y el desequilibrio entre remineralización y desmineralización.<sup>10</sup>

#### 4.1.2 Luz fluorescente como método de detección de caries dental

El componente crítico en el diagnóstico de CD es detectarlas temprano para aplicar estrategias preventivas y mínimamente invasivas. Los exámenes visuales-táctiles y radiográficos son los métodos más comúnmente utilizados para la evaluación de CD. Sin embargo, el examen visual-táctil suele ser un desafío porque las lesiones iniciales pueden confundirse con defectos menores del esmalte o pigmentación. Por otro lado, con el método radiográfico podrían ser muy poco susceptibles y la imagen podría variar dependiendo la cantidad de radiación emitida. Es por esto que para

combatir dichas dificultades se han sugerido nuevos enfoques basados en la detección óptica de CD, los cuales se utilizan para examinar los cambios en las características ópticas y la dispersión de la luz en los tejidos dentales duros.<sup>11</sup>

Los métodos de detección óptica de CD incluyen aquellos basados en fluorescencia y transiluminación o reflectancia del infrarrojo cercano. Según estudios, la detección óptica de CD basada en la fluorescencia evalúa la autofluorescencia de los tejidos duros dentales al ser excitados con luz azul-violeta. Cuando esta luz excita los tejidos dentales sanos emiten una fluorescencia verde brillante, mientras que el tejido desmineralizado absorbe/dispersa más la luz, emitiendo una fluorescencia más reducida. Además, los metabolitos bacterianos emiten autofluorescencia de color rojo anaranjado.<sup>12</sup>

#### 4.1.3 Inicios del láser en odontología

El uso del láser en odontología comenzó a explorarse en la década de 1960, cuando se iniciaron investigaciones sobre su aplicación en distintos procedimientos clínicos. A partir de ese momento, se empezaron a desarrollar y emplear principalmente dos tipos de láseres: los llamados láseres duros, entre los que se encuentran el de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el granate de neodimio-itrio-aluminio (Nd:YAG) y el granate de erbio-itrio-aluminio (Er:YAG). Estos láseres han demostrado eficacia en procedimientos que involucran tanto tejidos duros, como el esmalte y la dentina, como tejidos blandos, incluyendo encías y mucosa oral. Sin embargo, su introducción al mercado odontológico se ha visto limitada por varios factores, entre ellos, el alto costo de los equipos, lo que dificultó su accesibilidad para muchos profesionales. Además, existía el riesgo de que el calor generado por la energía

láser pudiera ocasionar daños en los tejidos, tanto duros como blandos, si no se utilizaba con los parámetros adecuados, lo que requirió un mayor desarrollo tecnológico y protocolos de seguridad más estrictos (Tabla 1).<sup>13</sup>

Los láseres más utilizados en odontología incluyen el granate de aluminio y holmio (HO:YAG), el granate de aluminio y holmio dopado con neodimio (Nd:YAG), el láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el granate de aluminio y holmio dopado con erbio (Er:YAG), la perovskita de aluminio y holmio dopada con neodimio (Nd:YAP), el arseniuro de galio (GaAs) (diodo), el granate de galio y escandio dopado con cromo (Er-Cr:YSGG) y los láseres de argón. Las funciones de cada uno pueden variar dependiendo del tejido sobre el cual se aplique, ya que hay algunos que vienen preparados para trabajar sobre tejido blando, otros sobre tejidos duros; y para cada uno de estos tejidos pueden tener diversos objetivos como blanquear los dientes, remover cálculo radicular, crear cavidades para preparaciones a la hora de remover CD e incluso como terapia periodontal.<sup>14</sup>

Además, los láseres dentales reciben su nombre según el medio dinámico que utilizan. El medio puede ser un líquido (colores) o un gas (por ejemplo, argón y dióxido de carbono), una barra de cristal en estado sólido, por ejemplo, neodimio:YAG (Nd:YAG), erbio:YAG (Er:YAG) o un semiconductor (láseres de diodo).<sup>15</sup>

Tabla 1. Características de los láseres dentales.

| Tipo de Láser     | Longitud de onda | Modo             | Aplicaciones principales  |
|-------------------|------------------|------------------|---|
| CO <sub>2</sub> 1 | 10,600 nm        | Pulso o continuo | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ablación de tejidos blandos</li> <li>- Contorneado gingival</li> <li>- Tratamiento de lesiones ulcerativas orales</li> <li>- Frenectomía y gingivectomía</li> <li>- Eliminación de tejido necrótico en cirugías periodontales</li> </ul> |
| Nd:YAG            | 1064 nm          | Pulso            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terapia de conducto radicular (eliminación de microorganismos y restos)</li> <li>- Cirugía periodontal extensiva y eliminación de tejidos necróticos</li> <li>- Eliminación de caries</li> </ul>   |
| Er:YAG            | 2940 nm          | Pulso            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de caries</li> <li>- Preparación de cavidades en esmalte y dentina</li> <li>- Preparación de conductos radiculares</li> </ul>  |
| Er,Cr:YSGG        | 2780 nm          | Pulso            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grabado del esmalte</li> <li>- Eliminación de caries</li> <li>- Preparación de cavidades</li> <li>- Ablación ósea sin alterar la relación</li> </ul>   |

|        |              |                  |   |
|--------|--------------|------------------|---|
|        |              |                  | calcio-fósforo<br>- Preparación de conductos radiculares  |
| Argón  | 572 nm       | Pulso o continuo | - Polimerización de resinas restaurativas<br>- Blanqueamiento dental<br>- Eliminación de tejido necrótico y contorneado gingival<br>- Tratamiento de lesiones orales (aftas, herpes)<br>- Frenectomía y gingivectomía |
| Diodo  | 810 o 980 nm | Pulso o continuo | - Estimulación de fibroblastos y cicatrización de heridas orales<br>- Frenectomía y gingivectomía<br>- Contorneado gingival estético  |
| HO:YAG | 2100 nm      | Pulso            | - Contorneado gingival<br>- Tratamiento de lesiones orales<br>- Frenectomía y gingivectomía   |

Fuente: Propia de la investigación.

#### 4.1.4 Evolución del láser

La teoría de la emisión estimulada fue debatida por Einstein en 1916, lo que dio lugar al término láser, denominado como la amplificación de la luz estimulada por radiación. Posteriormente, provocó un gran interés en la industria de la medicina, ya que, al paso del tiempo, se fueron descubriendo sus diversos usos. En el área de la

odontología se realizaron hallazgos en cuanto al uso del láser, ya que los investigadores comenzaron a realizar pruebas con este para utilizarlo con estos fines a causa de las características únicas de este novedoso método de tratamiento. Dado que la odontología actual se basa en procedimientos mínimamente invasivos, el tratamiento con láser resulta ser un procedimiento ideal a la hora de combatir las vibraciones, el dolor y el ruido que caracterizan los métodos convencionales. En sus inicios, el láser se utilizaba principalmente para realizar incisiones en tejidos blandos. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías, su capacidad de actuar sobre las moléculas de agua ha permitido su aplicación en la eliminación de tejido dental duro. Los avances recientes han ampliado su uso en distintas ramas de la odontología, convirtiéndolo en una herramienta eficaz para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la caries.<sup>16</sup>

A diferencia de la luz común, que es generada de manera espontánea por átomos o moléculas excitadas, la luz láser se origina cuando un átomo o molécula almacena un exceso de energía y solo la libera tras ser estimulado. La radiación emitida por los láseres, que puede abarcar tanto el espectro visible como el invisible, se conoce generalmente como radiación electromagnética. Existen diferentes tipos de láser con diversas longitudes de onda, y cada uno reaccionará de manera distinta al entrar en contacto con los diferentes tejidos, ya que su efecto dependerá de la interacción y absorción del láser en el tejido. Por ejemplo, la luz emitida por un láser de diodo es absorbida de manera más eficiente por tejidos pigmentados y por la melanina, lo que lo hace especialmente útil para la incisión y coagulación de tejido blando. En cambio, el láser YSGG tiene una alta afinidad por el agua y la hidroxiapatita, lo que lo convierte en una herramienta efectiva para cortar esmalte, dentina, hueso y tejido blando.<sup>17</sup>

#### 4.1.5 Aplicaciones clínicas del láser asociadas a caries dental

El láser que posee una longitud de onda de 655 nm tiene como objetivo la detección de CD. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) aprobó en 1997 el uso del láser Er:YAG para la eliminación de CDy la preparación de cavidades. Durante su aplicación sobre la estructura dental, la radiación emitida por este láser provoca la evaporación del agua contenida en el esmalte y la dentina, lo que genera el desprendimiento de la estructura afectada por la CD. A nivel clínico, este proceso se manifiesta con la separación de pequeñas porciones de tejido dental, acompañada de un sonido característico de chasquido debido a los cambios en la presión neumática circundante. Este sonido es más notorio en áreas con mayor contenido de agua, lo que permite al odontólogo diferenciar y remover con mayor precisión el tejido cariado sin afectar el tejido sano. Anteriormente en el campo de la odontología se recomendaba eliminar grandes cantidades de dentina cuando la lesión de CD estuviera presente en esa unidad dental; esto con el objetivo de disminuir la carga bacteriana y prevenir la aparición de lesiones secundarias. Actualmente ya sabemos que la CD es una enfermedad multifactorial que no solo se da a causa de las bacterias. Aun así, la dentina infectada, incapaz de remineralizarse, debe ser removida para evitar inflamación pulpar y mejorar la adhesión de los materiales restauradores.<sup>18</sup>

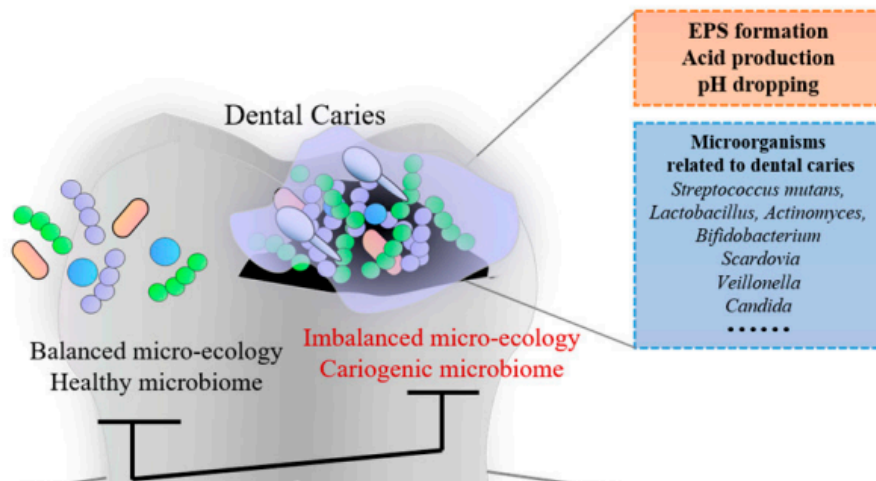
## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1 Caries dental

La CD es una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial. Se caracteriza por la desmineralización de los tejidos duros del diente provocada principalmente

por los ácidos derivados de la fermentación bacteriana de carbohidratos, principalmente el azúcar (Fig 1).<sup>19</sup>

Figura 1. Microorganismos encontrados en la caries dental

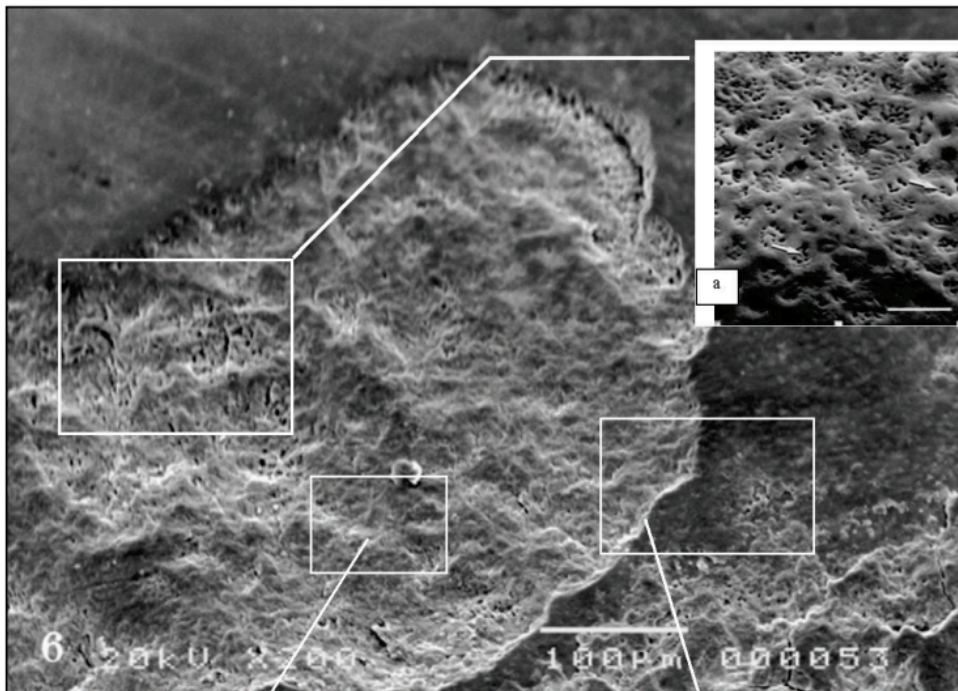


Fuente: Cao J, Ma Q, Shi J, Wang X, Ye D, Liang J, et al. Cariogenic Microbiota and Emerging Antibacterial Materials to Combat Dental Caries: A Literature Review. Pathogens 2025 Jan 23; 14(2).

#### 4.2.2 Desmineralización

Proceso patológico en el cual los minerales, principalmente el calcio y el fósforo, se pierden de la estructura mineral del esmalte dental debido a la acción de ácidos producidos por las bacterias en la biopelícula dental. Este fenómeno ocurre cuando el pH en la boca desciende por debajo de 5.5, lo que favorece la disolución de los cristales de hidroxiapatita que componen el esmalte dental (Fig 2).<sup>20</sup>

Figura 2. Una vista general de la desmineralización del esmalte.



Fuente: Gevkaliuk NO, Nazarenko IV. Morphological structure of enamel caries in the dynamic process of demineralization and remineralization. Regul. Mech. Biosyst 2023 Jul 1; 14(3):333–40.

#### 4.2.3 Biopelícula

La biopelícula oral es una comunidad microbiana que coloniza la superficie dental y la mucosa oral, cuya acumulación está relacionada con el desarrollo de enfermedades como la CD y la periodontitis. Su papel en la formación de CD se debe a la producción de ácidos por las bacterias a partir del metabolismo de los azúcares, lo que genera una disminución del pH en el ambiente bucal. Esta acidificación conduce a la desmineralización del esmalte dental, favoreciendo la aparición de CD. Además, la exposición a carbohidratos fermentables reduce la concentración de minerales y fosfatos de calcio en el líquido de la placa, lo que, junto con la producción de ácido láctico y la disminución del volumen del fluido de la placa, contribuye a la progresión del daño dental.<sup>21</sup>

#### 4.2.4 Microbiota oral

Es un ecosistema complejo que contiene una gran cantidad y variedad de bacterias.<sup>22</sup>

#### 4.2.5 Remineralización

Proceso natural mediante el cual los minerales esenciales, como el calcio y el fosfato, vuelven a integrarse en el esmalte dental, fortaleciéndose y reparando pequeños daños causados por la desmineralización. Clínicamente, en esta etapa, el esmalte recupera visualmente su brillo, suavidad y colores originales.<sup>23</sup>

#### 4.2.6 Láser

Es un término abreviado para la amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. Fue desarrollado por primera vez por Theodore Maiman en 1960.<sup>24</sup>

### 4.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 4.3.1 Láser y los métodos convencionales

Los procedimientos estándar para tratar la CD incluyen su eliminación, la preparación de la cavidad y el relleno. La eliminación de la CD es el paso inicial y más desalentador, que a menudo resulta en una baja cooperación del paciente. La turbina dental, comúnmente utilizada en la práctica clínica, facilita la eliminación rápida del tejido cariado, sin embargo, el ruido y la vibración significativa hace de esta experiencia traumática para los pacientes. El láser Er es un láser infrarrojo medio absorbido al máximo por el agua y la hidroxiapatita en el tejido dental, lo que

produce un efecto de "microrráfaga" que elimina eficazmente el tejido cariado del esmalte y la dentina. En comparación con las turbinas tradicionales, el tratamiento con láser Er:YAG es más cómodo. Sin embargo, debido a las diferencias individuales en los tejidos biológicos, no existe un estándar uniforme para la selección de parámetros del láser Er:YAG, el ángulo de irradiación, la distancia y otros procedimientos operativos. Se ha informado que el láser Er:YAG reducirá la fuerza de unión, desnaturalizará la capa superficial de la dentina, destruirá la unión húmeda y no es propicio para la formación de la capa mixta y el uso de resina. Por lo tanto, el valor de la aplicación práctica aún está en la etapa de investigación(Fig 3,4).<sup>25</sup>

El láser en odontología se ha utilizado en diferentes campos como en la endodoncia, la periodoncia, la implantología, la cirugía oral y rehabilitación. En los últimos años, el láser también se ha utilizado con fines profilácticos contra la CD a niveles subablativos, con energía suficiente para modificar la estructura del esmalte, pero sin capacidad ablativa tisular. Desde la década de 1980 se ha demostrado que el láser puede modificar la estructura de los tejidos del esmalte dental. Cuando la luz láser interactúa con el esmalte produce un aumento superficial e inmediato de la temperatura, actuando sobre el agua y la hidroxiapatita de calcio, induciendo a la modificación estructural del tejido. El agua del esmalte irradiado disminuye su contenido, especialmente la de las moléculas alrededor de la hidroxiapatita, consiguiendo una disminución de la permeabilidad tisular incluyendo el ácido producido por bacterias. Por otro lado, la hidroxiapatita irradiada modifica sus componentes aumentando los iones de calcio y fosfato, mejorando sus propiedades estructurales.<sup>26</sup>

Los láseres fueron introducidos en odontología como una alternativa a los métodos mecánicos tradicionales para la eliminación de la CD y la preparación de cavidades. En este contexto, Hibst y Keller fueron los primeros en emplear el láser Er:YAG en terapias de tejidos duros, destacándose por su capacidad para ablacionar eficazmente el tejido dental con menor daño térmico, especialmente en presencia de irrigación con agua. Aunque su aplicación clínica aún enfrenta limitaciones debido a cuestiones tecnológicas y operativas, se ha identificado que una de sus principales indicaciones es el tratamiento de lesiones radiculares, particularmente en pacientes mayores o en mantenimiento periodontal. Dado que las cavidades por lesiones radiculares requieren una menor eliminación de esmalte y presentan una estructura simple, el láser Er:YAG se convierte en una opción viable para su tratamiento. Estudios comparativos entre el uso de fresas y láser en la eliminación de CD han evidenciado diferencias significativas en el tiempo de operación. Mientras que el fresado tomó en promedio  $51.6 \pm 31.7$  segundos, la irradiación con láser requirió  $137.0 \pm 95.2$  segundos, mostrando una variabilidad considerable y una diferencia estadísticamente significativa.<sup>27</sup>

Figura 3. Lesión de caries dental antes del tratamiento con láser.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 4. Lesión de caries dental tratada con láser Er. YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

#### 4.3.2 Láser y flúor

Un estudio investigó cómo la combinación del láser de erbio:itrio-aluminio-granate (Er:YAG) y el flúor afecta la composición y diversidad microbiana de la placa supragingival en niños con múltiples CD. Se recolectaron muestras de placa dental de 12 niños antes y después de los tratamientos con flúor solo y con la combinación de láser Er:YAG y flúor. Los resultados mostraron que la aplicación combinada del láser Er:YAG y flúor aumentó la diversidad microbiana y redujo la proporción de bacterias asociadas a la caries, como *Proteobacteria*, *Fusobacteria* y *Bacterioides*, en comparación con el uso exclusivo de flúor. Estos hallazgos sugieren que la

combinación del láser Er:YAG con flúor podría ser más efectiva que el flúor solo para promover un equilibrio microecológico oral más saludable y prevenir la CD.<sup>28</sup>

Se analizó cómo la irradiación láser y la aplicación tópica de flúor influyen en superficies dentales desmineralizadas con alta porosidad o en áreas con lesiones residuales, con el fin de determinar si el láser puede disminuir la permeabilidad y aumentar la resistencia a los ácidos, asemejándose a la respuesta de las superficies dentales sanas. Para evaluar estos efectos, se emplearon técnicas como la tomografía de coherencia óptica (OCT) y mediciones de los cambios en la reflectancia a 1950 nm, con el propósito de monitorear la variación en la permeabilidad, la reflectividad y la resistencia del esmalte desmineralizado a los ácidos. El análisis de la reflectividad reveló que el grupo tratado con láser más fluoruro presentó el menor aumento en la reflectividad a lo largo de la profundidad de la lesión, lo que indica una menor progresión de la desmineralización en comparación con el grupo sin tratamiento. Esta diferencia fue estadísticamente significativa a comparación de las demás pruebas, lo que sugiere un posible beneficio del uso combinado de estos tratamientos. De la misma forma, la reflectividad a 1950 nm tras el secado mostró valores significativamente menores tanto en el grupo tratado solo con fluoruro como en el grupo de láser más fluoruro, en relación con el grupo sin tratar. Estos hallazgos indican que ambos tratamientos pueden contribuir a reducir la desmineralización o a modificar la estructura del esmalte de manera favorable. En conjunto, los resultados respaldan la eficacia del uso del láser en combinación con el fluoruro para minimizar la progresión de la lesión.<sup>29</sup>

Se ha explorado el uso del láser Nd:YAG (1,064 nm) en el tratamiento de la CD a nivel radicular, que es debido a la desmineralización acelerada de las superficies radiculares menos mineralizadas, como el cemento y la dentina. A medida que las bacterias, como *Streptococcus mutans*, metabolizan carbohidratos fermentables en ácidos, la desmineralización comienza a un pH mayor que el necesario para el esmalte dental, lo que facilita la progresión de la CD en la raíz. El láser Nd:YAG, mediante su efecto fototérmico, es capaz de eliminar bacterias por evaporación o desnaturalización, ayudando a desinfectar la zona afectada y potencialmente mejorar la resistencia de las superficies radiculares al ataque ácido. Este enfoque muestra cómo las tecnologías láser pueden ofrecer una alternativa eficaz y mínimamente invasiva para el tratamiento de lesiones radiculares, particularmente al combinarse con terapias preventivas como el flúor.<sup>30</sup>

#### 4.3.3 Láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Este láser tiene una alta absorción en el agua y en la hidroxiapatita del esmalte y la dentina, lo que permite una transferencia eficiente de energía sin causar daños térmicos significativos al complejo dentina-pulpa. Este artículo revisa los efectos del láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 9,300 nm en los tejidos duros dentales. Se ha demostrado que este láser puede modificar la estructura química del diente, aumentando la proporción de calcio a fósforo y convirtiendo la hidroxiapatita carbonatada en una forma más pura y resistente a los ácidos. También altera la morfología del esmalte y la dentina a través de procesos de fusión, ablación y derretimiento, lo que mejora la resistencia del diente a la desmineralización y la adhesión de materiales restaurativos. Además, la combinación de láser y fluoruro ha demostrado un efecto sinérgico en la prevención de CD al reducir la solubilidad del esmalte. Otra ventaja es que permite la eliminación selectiva de CD sin necesidad

de instrumentos mecánicos, mejorando la conservación del tejido dental sano. A nivel clínico, su aplicación es segura, rápida y cómoda para los pacientes, y su integración con técnicas de imagen infrarroja permite una remoción precisa de lesiones cariosas (Tabla 2).<sup>31</sup>

Se ha evaluado la capacidad del láser de CO<sub>2</sub> y el fluoruro de diamino plata para prevenir la desmineralización del esmalte. Se dividieron muestras de esmalte en cuatro grupos: solo fluoruro de diamino plata, solo láser, láser más fluoruro de diamino plata y sin tratamiento. Los resultados mostraron que la combinación de láser y fluoruro de diamino plata fue la más efectiva para reducir la profundidad de la lesión y aumentar la dureza del esmalte. Además, ambos tratamientos por separado también mejoraron la resistencia al desafío cariogénico en comparación con el grupo sin tratamiento. La superficie del esmalte tratado se mantuvo más intacta y presentó una mayor conservación de minerales, lo que indica que el uso conjunto del láser de CO<sub>2</sub> y fluoruro de diamino plata puede ser una estrategia eficaz para prevenir la CD.<sup>32</sup>

De igual forma se conocen casos de desmineralización del esmalte debido a tratamientos ortodónticos, para los cuales también se ha evaluado la eficacia del láser CO<sub>2</sub> en combinación con barniz de flúor para prevenir y reducir la gravedad de las lesiones de manchas blancas que suelen aparecer durante el tratamiento ortodóntico con brackets. Este tratamiento aumenta el riesgo de CD debido a la acumulación de biofilm y la dificultad para la higiene oral. Las lesiones de manchas blancas, que aparecen como opacidades en el esmalte, son el resultado de la desmineralización subsuperficial. Se ha informado que el láser de CO<sub>2</sub> mejora la resistencia del esmalte a los ácidos al modificar su estructura cristalina, y su

combinación con flúor potencia aún más este efecto al facilitar la absorción del fluoruro.<sup>33</sup>

Se han realizado estudios comparativos previos entre la eficacia del flúor y el láser CO<sub>2</sub> como método para evitar la desmineralización del esmalte. El objetivo del estudio fue evaluar si el uso del láser CO<sub>2</sub> de 9.3µm junto con la terapia de flúor puede hacer que las CD en fosas y fisuras oclusales sean más resistentes en comparación con el tratamiento solo con flúor. Durante este se demuestra que la emisión de láser CO<sub>2</sub> pulsado corto aumentó la resistencia a la desmineralización ácida. Además, el estudio utilizó métodos de diagnóstico como el ICDAS y tecnología de fluorescencia para evaluar la pérdida de minerales y evaluar la progresión de la lesión de CD en tiempo real. Los resultados sugieren que la combinación de láser CO<sub>2</sub> y flúor puede tener un efecto mas efectivo, mejorando la calidad del esmalte dental y reduciendo la posibilidad de nuevas lesiones.<sup>34</sup>

El láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 9,300 nm se caracteriza por su alta afinidad de absorción en el agua y su baja profundidad de penetración, lo que lo hace ideal para procedimientos en tejidos duros y blandos en odontología. Su interacción con la hidroxiapatita del esmalte y la dentina permite una transferencia eficiente de energía con mínimo riesgo de daño térmico al complejo dentino-pulpar. Estudios han demostrado que este láser no solo puede alterar la estructura química de los tejidos dentales, aumentando la proporción de calcio y fósforo, sino que también mejora la adhesión de materiales restauradores y puede combinarse con flúor para la prevención de caries. En comparación con otros láseres, el CO<sub>2</sub> de 9,300 nm posee la mayor capacidad de transferencia de energía a la hidroxiapatita, lo que lo hace más eficiente en la ablación del esmalte y la dentina con menor depósito de calor.

Sin embargo, su uso a altas energías puede provocar efectos adversos como carbonización y fisuras en la dentina, afectando su resistencia a la desmineralización ácida. A pesar de esto, su impacto térmico en la pulpa es mínimo en comparación con otras longitudes de onda, lo que lo convierte en una opción prometedora para la preparación de cavidades y el manejo de CD en odontología.<sup>35</sup>

Tabla 2. Estudios de los efectos sobre el esmalte y la dentina mediante un láser de dióxido de carbono de 9.300 nm

| Autores, Año [Referencia]                     | Efectos de la irradiación  |
|---|--|
| <b>Esmalte</b>                                |  |
| Featherstone y otros, 1997 <a href="#">10</a> | Alterar la composición química de los cristales del esmalte.<br>Descomponer el carbonato de hidroxiapatita   |
| Takahashi y otros, 1998 <a href="#">8</a>     | Producir estructuras similares a cráteres<br>Aumentar el contenido de calcio y fósforo.<br>Aumentar la relación calcio-fósforo en el esmalte.                            |
| <b>Dentina</b>                                |  |
| Takahashi y otros, 1998 <a href="#">8</a>     | Cubrir los túbulos dentinarios con material fusionado mediante láser<br>Aumentar el contenido de calcio y fósforo.<br>Aumentar la relación calcio-fósforo en la dentina. |
| Kimura y otros, 2000 <a href="#">42</a>       | Produce pequeñas grietas en la capa subsuperficial.<br>Producir superficies con partículas fundidas y solidificadas.   |
| Fried y otros, 2002 <a href="#">6</a>         | Provocar la fusión de los cristales de dentina individuales.<br>Elimina carbonato, agua y amida proteica.  |

Fuente: Xue VW, Zhao IS, Yin IX, Niu JY, Lo ECM, Chu CH. Effects of 9,300 nm Carbon Dioxide Laser on Dental Hard Tissue: A Concise Review. Clin Cosmet Investig Dent 2021 Apr 30;13:155-161.

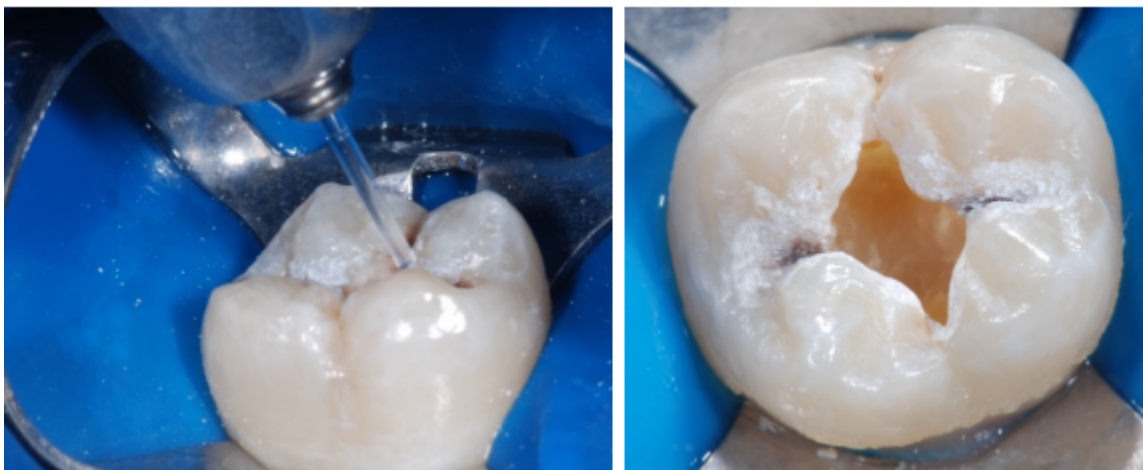
#### 4.3.4 Limitantes

Existe un estudio en donde se evaluó la precisión de la fluorescencia láser (LF) en la detección de caries residuales después de diferentes técnicas de eliminación de caries en dientes extraídos. Se utilizó el dispositivo DIAGNOdent Pen (KaVo, Alemania) con una luz láser roja de 655 nm para evaluar la fluorescencia basada en porfirinas bacterianas y establecer un punto de corte (COP) para la presencia de CD. Los resultados indicaron que LF presentó una alta precisión general, con un área bajo la curva (AUC) superior a 0.9 en la mayoría de los casos, salvo en algunos grupos con lesiones profundas. Sin embargo, la aplicación de vidrio bioactivo en la dentina afectada por caries llevó a sobreestimaciones en las lecturas de LF, lo que sugiere que su uso en combinación con esta técnica podría no ser completamente fiable. Además, en lesiones con puntuaciones ICDAS 4, la LF no mostró una correlación significativa con la evaluación histológica, lo que indica que en caries profundas se deben considerar valores de corte más altos para una evaluación precisa. Se concluye que la fluorescencia láser es una herramienta útil para la evaluación de caries residuales, pero su fiabilidad puede verse afectada por la técnica de eliminación utilizada y la presencia de materiales como el vidrio bioactivo (Fig 5).<sup>36</sup>

Se ha estudiado la eficacia de la fluorescencia inducida por láser (DIAGNOdent Pen) en la detección temprana de caries oclusales en comparación con la inspección visual (ICDAS-II) y la fluorescencia inducida por luz (VistaCam iX). Se analizaron 139 dientes permanentes y temporales en pacientes de 7 a 17 años, examinados por dos odontólogos calibrados. Los resultados mostraron que la fluorescencia inducida por luz y la inspección visual fueron más precisas para el

diagnóstico de caries tempranas que la fluorescencia inducida por láser. Se encontró una correlación positiva significativa entre la fluorescencia inducida por luz y los otros métodos, mientras que la fluorescencia inducida por láser mostró menor correlación con ICDAS-II. Se concluyó que la fluorescencia inducida por láser tiende a subestimar las lesiones no cavitadas y es menos confiable que otros métodos para la detección temprana de caries, sugiriendo que su uso debe complementarse con otras técnicas diagnósticas.<sup>37</sup>

Figura 5. Remoción de tejido cariado con láser.



Fuente: Eduardo CP, Shimokawa C, Gonçalves AS, Aranha ACC, Azevedo LH, Silva PMFC et al. Laser e LED em dentística [e-book]. São Paulo: ODD/FOUSP; 2022. ISBN: 978-65-5787-042-6.

#### 4.3.5 Desinfección

Se han evaluado diversas estrategias para la desinfección de cavidades provocadas por CD, ya que la permanencia de bacterias en la dentina afectada puede comprometer la adhesión y longevidad de las restauraciones. Entre los métodos tradicionales, la clorhexidina (CHX) al 2% ha sido ampliamente utilizada debido a su capacidad de inhibir metaloproteinasas de la matriz (MMPs) y mejorar la adhesión

de los materiales restauradores, aunque su uso sigue siendo debatido en la literatura. Como alternativa a los desinfectantes químicos, el uso de láseres, como el de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el diodo (DL), ha ganado aceptación debido a su efecto antibacteriano y su mínima afectación térmica en las estructuras dentales adyacentes. Los resultados del estudio demostraron que, si bien se esperaba que la desinfección de la dentina afectada por caries (CAD) con clorhexidina (CHX) y la posterior adhesión con ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC) mostraran una resistencia de unión similar a otros métodos de desinfección. Se encontró que la CHX y el láser de CO<sub>2</sub> ofrecieron resultados comparables en la desinfección de la cavidad, sugiriendo que el láser de CO<sub>2</sub> podría ser una alternativa viable a la CHX en este contexto. En contraste, la riboflavina activada por terapia fotodinámica (PDT), el láser de diodo y el propóleo no demostraron ser opciones recomendables como desinfectantes de cavidad antes de la adhesión con RMGIC, lo que indica la necesidad de investigaciones adicionales para evaluar su eficacia.<sup>38</sup>

Un estudio sobre el uso del láser como desinfectante evaluó la eficacia de distintos métodos para desinfectar la dentina afectada por caries (CAD) y su impacto en la resistencia adhesiva (SBS) de las resinas en dientes primarios. Se evaluaron cinco grupos: desinfección con láser KTP, láser Er:YAG, agua ozonizada (OW), clorhexidina (CHX) y el fotosensibilizador Rose Bengal (RBP). Para ello, se utilizaron 50 molares primarios extraídos, los cuales fueron tratados con los distintos desinfectantes antes de la aplicación de un adhesivo y la colocación de resina compuesta. Los resultados indicaron que la mayor SBS se obtuvo con OW (10.25 MPa), seguido por el KTP láser (8.25 MPa) y CHX (8.19 MPa), mientras que el RBP mostró el valor más bajo (7.85 MPa). Aunque el láser KTP y CHX presentaron

valores similares, la mejor adhesión se logró con OW y Er:YAG láser, lo que sugiere que estos métodos son opciones viables para la desinfección de cavidades sin comprometer la adhesión de la resina. Se concluyó que el agua ozonizada y el láser Er:YAG demostraron ser estrategias eficaces para mejorar la adhesión de los materiales restauradores en dientes primarios, contribuyendo a la durabilidad y éxito clínico de las restauraciones.<sup>39</sup>

#### 4.3.6 Er:YAG

Los láseres, particularmente los de alta potencia como el Er:YAG (2,940 nm) y el Er,Cr:YSGG (2,780 nm), han mostrado una gran capacidad para interactuar con los tejidos duros dentales, lo que los hace útiles en el tratamiento de la CD. Estos láseres son altamente absorbidos por el agua y el hidroxiapatito, que son componentes clave de los tejidos dentales mineralizados. Debido a esta absorción, los láseres Er:YAG y Er,Cr:YSGG tienen un efecto fotomecánico o fototérmico que permite la ablación selectiva de los tejidos afectados por la caries sin causar daños a las áreas circundantes de los dientes o encías. Estos láseres tienen la ventaja adicional de que, a diferencia de otros métodos convencionales de eliminación de caries, como la cirugía mecánica con fresas, reducen significativamente la necesidad de anestesia local, ya que el procedimiento es menos invasivo. Además, se ha encontrado que los láseres como el Er,Cr:YSGG tienen un efecto bactericida, lo que puede contribuir a la eliminación de microorganismos dentro de las cavidades dentales, ayudando a prevenir la recurrencia de la caries después del tratamiento. El uso de láseres como el Er:YAG y Er,Cr:YSGG para tratar CD no solo mejora la precisión y eficiencia en la eliminación del tejido cariado, sino que también ofrece ventajas en términos de reducción del dolor, menor uso de anestesia y un posible efecto bactericida. Estas características convierten a los láseres en una opción

atractiva y efectiva en el tratamiento de CD, especialmente en procedimientos conservadores que buscan preservar al máximo la estructura dental sana (Fig 6).<sup>40</sup>

Es de suma importancia elegir un láser que pueda ser absorbido fuerte y eficazmente por el esmalte y convertido en calor sin causar daño a la pulpa y a los tejidos circundantes. Su eficacia dependerá en gran medida de la absorción de longitudes de onda específicas por los tejidos objetivos. Los láseres comúnmente utilizados para prevenir la caries del esmalte incluyen los láseres de iones de argón, los láseres Er,Cr:YSGG, los láseres Er:YAG, los láseres Nd:YAG, los láseres de dióxido de carbono y los láseres semiconductores. Entre ellos destaca especialmente el láser Er:YAG, que opera a una longitud de onda de 2,94 micrómetros, que corresponde al pico máximo de absorción de agua y radicales hidroxilo presentes en la hidroxiapatita. Esto no se limita al uso del láser solo, sino también a la combinación del láser Er:YAG con algunos agentes anticaries, como el flúor y el fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , tetrafluoruro de titanio ( $\text{TiF}_4$ ), Mousse Dental (CPP-ACP) y Nova-Min (vidrio bioactivo) (Fig 7,8).<sup>41</sup>

También se ha evaluado la longevidad clínica de restauraciones de resina compuesta en molares permanentes tras la eliminación selectiva de CD con láser Er:YAG o fresa, con y sin biomodificación de la dentina con clorhexidina. Se observaron 64 restauraciones después de 4 años, analizando adaptación marginal, decoloración y vitalidad pulpar mediante microscopía electrónica de barrido y pruebas clínicas. Los resultados mostraron diferencias significativas en la decoloración marginal en todos los grupos y en la adaptación marginal del grupo tratado con Er:YAG y clorhexidina, pero no hubo diferencias en la vitalidad pulpar. Se concluyó que el láser Er:YAG es una alternativa efectiva para la eliminación

selectiva de CD, ya que permitió restauraciones duraderas sin afectar la supervivencia del material restaurador, independientemente del uso de clorhexidina o agua desionizada (Fig 9).<sup>42</sup>

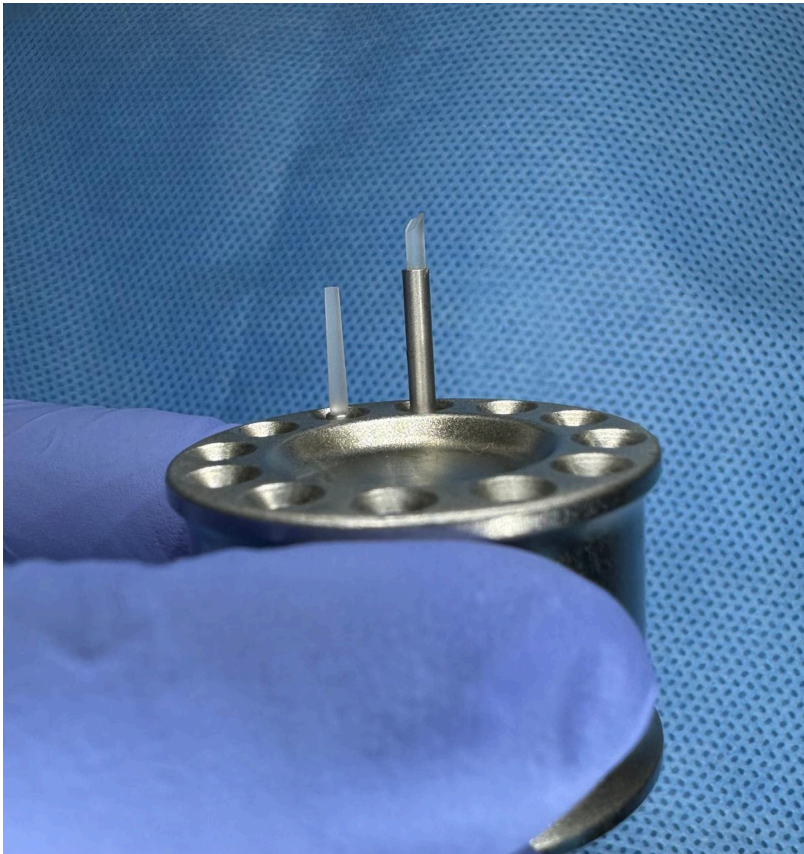
Se ha analizado la eficacia del láser Er:YAG en la eliminación selectiva de caries en comparación con el uso de fresas, así como el efecto antibacteriano de nanoformulaciones a base de quitosano y té verde en la dentina remanente. Se trabajó con muestras de dentina expuestas a *Streptococcus mutans* para inducir lesiones cariosas, que luego fueron eliminadas utilizando el láser Er:YAG o fresas. Posteriormente, algunas muestras fueron tratadas con nanoformulaciones de quitosano (Nchi) y quitosano con té verde (Nchi+Gt), mientras que otras no recibieron tratamiento adicional. Los resultados mostraron que tanto el láser Er:YAG como la fresa lograron eliminar eficazmente la dentina infectada y reducir la presencia de *S. mutans*, sin diferencias significativas entre ambos métodos. Además, aunque las nanoformulaciones demostraron actividad antibacteriana en pruebas in vitro, no tuvieron un efecto adicional sobre la carga microbiana en la dentina remanente después de la eliminación selectiva de caries. Por lo tanto, el láser Er:YAG es una alternativa efectiva para la eliminación de dentina infectada, con resultados similares a los obtenidos con fresas, lo que lo posiciona como una opción viable en tratamientos mínimamente invasivos para la eliminación de caries (Fig 10).<sup>43</sup>

Se evaluó la eficacia del láser Er:YAG en la eliminación de caries en comparación con métodos convencionales como la excavación con fresa y la técnica quimiomecánica. Se analizó la eficiencia y el tiempo requerido para la eliminación de caries en muestras dentales tratadas con cada método. Los resultados mostraron

que, aunque el láser Er:YAG fue eficaz en la eliminación de caries, requirió más tiempo en comparación con la fresa, pero fue más rápido que la técnica quimiomecánica. Además, el láser mostró menor vibración y ruido, lo que podría mejorar la comodidad del paciente. Sin embargo, se señaló que el láser Er:YAG no logra eliminar caries en áreas de difícil acceso, lo que hace necesario complementar su uso con fresas convencionales. Se concluyó que, con mayor experiencia y entrenamiento, el láser Er:YAG podría convertirse en una alternativa viable y menos invasiva para la eliminación de caries, mejorando la experiencia del paciente en procedimientos odontológicos (Fig 11).<sup>44</sup>

Los láseres erbio-dopados, como el Er:YAG y el Er,Cr:YSGG, han demostrado ser efectivos en procedimientos odontológicos que requieren la manipulación de tejidos duros, como el tratamiento de CD. Estos láseres tienen la capacidad de eliminar el tejido dental afectado por la caries con una precisión excepcional, minimizando el daño térmico y evitando la destrucción de la dentina sana circundante. A diferencia de los instrumentos rotatorios convencionales, los láseres generan menos fricción y vibración, lo que reduce la necesidad de anestesia local y mejora la visibilidad durante el procedimiento. Además, su acción permite una menor generación de capas de residuos (smear layer), lo que favorece una cicatrización más rápida y menos molestias postoperatorias. También se ha demostrado que estos láseres, al ser altamente absorbidos por el agua en la estructura dental, producen una ablación eficiente del tejido mineralizado sin causar alteraciones químicas en los tejidos circundantes, lo que contribuye a una recuperación más rápida y menos invasiva (Fig 12).<sup>45</sup>

Figura 6. Fresas del laser Er. YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 7. Lesión de caries dental antes del tratamiento con láser Er, YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 8. Lesión de caries dental después del tratamiento con láser Er, YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 9. Restauración de la cavidad luego de ser tratada con láser Er, YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 10. Láser Er, YAG.



Fuente: Eduardo CP, Shimokawa C, Gonçalves AS, Aranha ACC, Azevedo LH, Silva PMFC et al. Laser e LED em dentística [e-book]. São Paulo: ODD/FOUSP; 2022. ISBN: 978-65-5787-042-6.

Figura 11. Remoción de tejido cariado con láser Er, YAG.



Fuente: Eduardo CP, Shimokawa C, Gonçalves AS, Aranha ACC, Azevedo LH, Silva PMFC et al. Laser e LED em dentística [e-book]. São Paulo: ODD/FOUSP; 2022. ISBN: 978-65-5787-042-6.

Figura 12. Remoción de tejido cariado con láser Er, YAG.



Fuente: Eduardo CP, Shimokawa C, Gonçalves AS, Aranha ACC, Azevedo LH, Silva PMFC et al. Laser e LED em dentística [e-book]. São Paulo: ODD/FOUSP; 2022. ISBN: 978-65-5787-042-6.

#### 4.3.7 Adhesión

El proceso de unión de resinas adhesivas a la dentina es fundamental en la odontología restauradora, ya que la formación de espacios entre la restauración y la superficie dentinaria puede ocasionar el fallo de las restauraciones. Estos huecos propician la aparición de microfiltración, lo que permite la entrada de bacterias y fluidos entre la dentina y el material restaurador. Investigaciones previas han demostrado que la superficie del esmalte ofrece un sellado más estable con las restauraciones basadas en resinas en comparación con la dentina. En este contexto, el estudio evaluó la resistencia de unión microtensil ( $\mu$ TBS) de un adhesivo modificado con nanoplaquetas de grafeno y hidroxiapatita (GNP-HA) sobre dentina afectada por caries (CAD) después de aplicar distintos métodos de desinfección, como clorhexidina (CHX), hipoclorito de sodio (NaOCl), terapia fotodinámica asistida con azul de metileno (MB-PDT) y láser Er,Cr:YSGG. Los resultados mostraron que MB-PDT y Er,Cr:YSGG lograron las mejores resistencias de unión en comparación con los otros métodos, lo que sugiere que la combinación de GNP-HA con estos protocolos de desinfección mejora significativamente la adhesión en la dentina afectada por caries.<sup>46</sup>

Se analizó el impacto del láser Er,Cr:YSGG en la calidad de adhesión a la dentina inducida por caries, comparándolo con diferentes pretratamientos, incluyendo antioxidantes como el ascorbato de sodio. Se encontró que el uso del láser mejoró

significativamente la resistencia al corte (SBS) del adhesivo universal en comparación con superficies sin tratamiento o tratadas solo con agentes antioxidantes. La irradiación con Er,Cr:YSGG facilitó la eliminación de la capa de barrillo dentinario y promovió una superficie más receptiva para la adhesión, optimizando la penetración del adhesivo en la dentina desmineralizada. Además, se observó que la combinación del láser con antioxidantes potenció aún más la calidad del enlace adhesivo, lo que sugiere que esta estrategia puede ser efectiva para mejorar la adhesión en la dentina afectada por caries. Estos hallazgos destacan el potencial del láser Er,Cr:YSGG como una herramienta complementaria en los procedimientos adhesivos, promoviendo una adhesión más fuerte y duradera en dientes comprometidos.<sup>47</sup>

#### 4.3.8 Láser como detector de caries dental

La detección temprana de la CD es fundamental para evitar su progresión. Tradicionalmente, la inspección visual ha sido el método principal para su diagnóstico; no obstante, esta técnica presenta limitaciones y no siempre permite identificar la caries en sus etapas iniciales. El estudio evalúa cómo la fluorescencia inducida por láser proporciona una alta precisión y reproducibilidad en la detección de lesiones cariosas, especialmente en sus etapas iniciales. Una adecuada excitación dental, combinada con una captura precisa de la señal de fluorescencia, podría mejorar significativamente la exactitud del diagnóstico de la CD. Además, la alta sensibilidad de este método minimiza el riesgo de falsos negativos, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones clínicas. En comparación con otros métodos de detección, la fluorescencia inducida por láser no solo es una técnica no invasiva y libre de radiación, sino que también proporciona información cuantitativa sobre la progresión de la desmineralización.<sup>48</sup>

Se ha analizado la efectividad de distintos métodos para detectar dentina cariada residual tras la preparación cavitaria, comparando el método visual-táctil, los colorantes detectores de caries (CDD) y la fluorescencia inducida por láser (LF) mediante el DIAGNOdent Pen. Se encontró que el láser ofreció una detección más precisa de la dentina afectada en comparación con la inspección visual y táctil, reduciendo el riesgo de dejar caries residual y mejorando la precisión del tratamiento. A diferencia del método visual-táctil, que depende de la experiencia del operador, la fluorescencia láser proporciona una medición objetiva basada en la emisión de luz en respuesta a cambios en la estructura dentaria. Sin embargo, se destacó que, aunque esta tecnología puede ser una herramienta valiosa en la toma de decisiones clínicas, no debe utilizarse de manera aislada, sino combinada con otros métodos para optimizar la eliminación de tejido infectado sin comprometer la estructura dentaria sana. Estos hallazgos refuerzan la utilidad de la fluorescencia láser como un recurso complementario en la detección de caries residuales, contribuyendo a tratamientos más conservadores y efectivos en odontología restauradora.<sup>49</sup>

La imagen fotoacústica representa una innovadora aplicación del láser en odontología, permitiendo una exploración más precisa y no invasiva de los tejidos dentales. Esta técnica combina luz láser y ultrasonido para generar imágenes de alta resolución, superando a otros métodos como la fluorescencia inducida por luz y la tomografía de coherencia óptica en términos de contraste y detalle. Su funcionamiento se basa en la absorción de pulsos láser por los cromóforos presentes en los dientes, como el agua, la hemoglobina y la melanina, lo que provoca una expansión termoelástica que genera señales fotoacústicas. Estas

señales son captadas por un detector y procesadas para reconstruir imágenes detalladas de la estructura dental. La imagen fotoacústica no solo mejora la detección temprana de caries y otras patologías, sino que también optimiza la planificación y seguimiento de tratamientos, destacando el papel del láser como una herramienta avanzada en la odontología moderna (Fig 13, 14).<sup>50</sup>

Hay estudios en donde se analiza la efectividad de dos formulaciones de fluoruro de plata (AgF/KI y AgF/SnF<sub>2</sub>) en la detención de caries en adultos. En uno de ellos se realizó un estudio clínico con un diseño de boca dividida en 12 pacientes, evaluando el estado de las lesiones mediante examen clínico visual-táctil y fluorescencia láser (DIAGNOdent). Tras una única aplicación y un seguimiento de 3 meses, ambos tratamientos lograron una alta tasa de éxito en la detención de caries (92% para AgF/KI y 96% para AgF/SnF<sub>2</sub>), sin diferencias significativas entre ellos. Además, se encontró que la fluorescencia láser fue más sensible que el examen clínico para detectar lesiones en progreso, por lo que se puede concluir que ambas formulaciones son eficaces pero se sugiere la combinación de métodos para diagnóstico para un mejor seguimiento.<sup>51</sup>

Otros estudios han mostrado la detección de caries oclusales mediante diversas tecnologías, como la transiluminación con luz infrarroja cercana (NIRT), la fluorescencia láser (LF) y la espectroscopía de impedancia de corriente alterna (ACIS), comparándolas con el examen visual (VE). Este estudio encontró que NIRT, LF y ACIS mostraron diferentes fortalezas en la detección de CD, particularmente en la dentina. NIRT demostró una excelente sensibilidad para las caries en general (1.00) y las caries en dentina (0.97), pero una sensibilidad baja para las caries en esmalte (0.21). LF y ACIS mostraron sensibilidad moderada a alta para las caries en

dentina y esmalte, siendo ACIS superior a LF en la detección de caries en esmalte (SE 0.84, SP 0.84). Si bien ninguno de los métodos por sí solo mostró una precisión impecable, cuando se usaron como métodos auxiliares al VE, LF y ACIS mejoraron el rendimiento diagnóstico, especialmente en la detección de CD en esmalte. Esto sugiere que estos métodos, al combinarse con el examen visual, pueden mejorar la capacidad para detectar lesiones de caries no cavitadas en dentina, destacando su potencial como herramientas diagnósticas valiosas en la práctica clínica.<sup>52</sup>

También, se reveló que, a pesar de los avances tecnológicos en la detección de CD, el uso de herramientas basadas en láser, como la fluorescencia inducida por láser, sigue siendo limitado en las prácticas dentales de Ontario. La mayoría de los dentistas encuestados continúan confiando en métodos convencionales, como la inspección visual-táctil y la radiografía, en lugar de incorporar tecnologías más avanzadas para el diagnóstico de CD. Esto sugiere que la adopción de dispositivos láser en la detección de CD aún enfrenta barreras, posiblemente debido a la falta de capacitación, el costo del equipo o la percepción de que los métodos tradicionales son suficientemente efectivos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de programas de educación continua que promuevan el uso de herramientas modernas, como la fluorescencia láser, para mejorar la precisión diagnóstica y favorecer un enfoque más conservador en la odontología restauradora.<sup>53</sup>

Figura 13. Lesión de caries dental tratada con láser Er, YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

Figura 14. Lesión de caries dental restaurada luego de ser tratada con láser Er, YAG.



Fuente: Cortesía de las doctoras Lamia Sued y Annie Fernández.

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio se realizó mediante una revisión narrativa de la literatura, con el objetivo de analizar la evidencia disponible sobre el uso del láser en la prevención y tratamiento de la CD.<sup>54</sup>

Desde el enfoque metodológico, esta investigación se clasifica como descriptiva, ya que se encarga de presentar de manera detallada las características, aplicaciones, ventajas y limitaciones del uso del láser en comparación con los métodos convencionales para el tratamiento y prevención de la CD. La descripción se fundamenta en hallazgos científicos recientes, proporcionando una visión general del estado actual del conocimiento en esta área.<sup>55</sup>

Asimismo, el estudio es de tipo analítico, ya que no solo se limita a describir la información encontrada, sino que también evalúa críticamente los resultados de los diferentes estudios incluidos. Se analizan aspectos como la efectividad, la eficiencia, los efectos secundarios y la aplicabilidad clínica del láser frente a los tratamientos tradicionales. Este enfoque permite identificar patrones, fortalezas y debilidades en la evidencia existente.<sup>56</sup>

Finalmente, el estudio también es correlacional, en el sentido de que se busca establecer relaciones entre el uso del láser y variables clínicas como la reducción de la incidencia de caries, el nivel de dolor reportado, o el tiempo de tratamiento. Aunque no se manipulan variables ni se establecen relaciones causales directas, la revisión examina asociaciones observadas en estudios previos, lo que contribuye a una mejor comprensión del impacto del láser en la práctica odontológica.<sup>57</sup>

## 5.2 ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

Para la recopilación de información relevante, se consultaron bases de datos científicas reconocidas, como PubMed, BMC (BioMed Central) y EBSCO, que proporcionan acceso a literatura revisada por pares en el campo de la odontología y tecnologías médicas.<sup>58</sup>

Se emplearon estrategias de búsqueda avanzadas mediante operadores booleanos, como "AND" y "OR" para optimizar los resultados y garantizar la inclusión de estudios pertinentes. Se utilizaron combinaciones de términos como "laser AND dental caries", "laser AND prevention", "dental laser AND effectiveness", "laser therapy AND dentistry", "efficacy AND laser" y variaciones similares. Estas combinaciones fueron ajustadas según la especificidad de los artículos encontrados y su relevancia para el tema de estudio.<sup>59</sup>

La búsqueda bibliográfica se realizó entre los meses de enero y julio de 2025, asegurando así la incorporación de estudios recientes y relevantes que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos.

## 5.3 CRITERIOS DE BÚSQUEDA

Los criterios de búsqueda incluyeron estudios publicados en los últimos cinco años, artículos revisados por pares y ensayos clínicos que abordaran el uso del láser en el tratamiento y prevención de CD. También se priorizaron revisiones sistemáticas y meta-análisis que proporcionaran un nivel de evidencia sólido. Se excluyeron estudios duplicados, revisiones no sistemáticas, artículos con metodologías poco claras o que no presentaran resultados concluyentes. Además, se descartaron publicaciones en idiomas distintos al inglés y español, a menos que contaran con resúmenes traducidos que permitieran evaluar su contenido relevante.<sup>60</sup>

## 6. DISCUSIÓN

Esta revisión literaria permitió demostrar que el láser representa una herramienta eficaz, cómoda y clínicamente válida para la prevención y tratamiento de la CD. A partir del análisis de múltiples estudios recientes, se llega a la conclusión de que esta tecnología ofrece ventajas relevantes frente a los métodos convencionales, especialmente en el contexto de la odontología mínimamente invasiva. Este trabajo ha permitido no solo identificar los beneficios técnicos del láser, sino también explorar sus implicancias en la experiencia del paciente y los factores que obstaculizan su implementación masiva.

En primer lugar, en relación con la efectividad del láser frente a los métodos tradicionales para la eliminación del tejido cariado y la preparación cavitaria, los hallazgos permiten afirmar que el láser, particularmente los dispositivos basados en Er:YAG y Er,Cr:YSGG, tiene la capacidad de eliminar tejido cariado mediante mecanismos de ablación fotoacústica con un alto grado de precisión.<sup>50</sup> Esta precisión se traduce en una mayor preservación del tejido dentario sano, lo cual es fundamental en el marco de una odontología conservadora y mínimamente invasiva. En contraste, las fresas rotatorias convencionales, aunque más rápidas en términos de tiempo operatorio, tienden a generar una mayor pérdida de tejido sano por su mecanismo de corte menos selectivo.<sup>6</sup>

Si bien el tiempo operatorio asociado al uso del láser puede ser ligeramente superior al de las fresas tradicionales, diversos estudios coinciden en que esta diferencia no representa una desventaja clínica significativa si se considera el beneficio adicional de mantener intactas las estructuras dentales no afectadas.<sup>44</sup> En este punto, es posible establecer una similitud entre ambas técnicas en cuanto a su eficacia para eliminar el tejido cariado; sin embargo, el contraste radica en la forma en que cada

una afecta al tejido circundante: mientras el método mecánico es más agresivo, el láser permite una intervención más conservadora.

Desde una perspectiva integral, se puede interpretar que el uso del láser ofrece una calidad de preparación cavitaria que no solo cumple con los requisitos funcionales para la posterior restauración, sino que además contribuye a un enfoque terapéutico no invasivo. A diferencia de los métodos tradicionales que, por su mecánica, pueden generar microfracturas o eliminar tejido sano innecesariamente, el láser permite un abordaje más selectivo, alineado con los principios de la odontología moderna centrada en la preservación y regeneración de tejidos.<sup>43</sup> En línea con esta afirmación, investigaciones pioneras en la aplicación del láser Er:YAG en tejidos duros destacan su capacidad para realizar ablación de tejido con precisión y con menor daño térmico, lo que justifica su creciente adopción en procedimientos que requieren una intervención controlada y selectiva.<sup>27</sup>

Además, se evidenció que el láser tiene la capacidad de modificar la microestructura del esmalte y la dentina, favoreciendo condiciones que incrementan la resistencia a la desmineralización. Esta propiedad lo posiciona no solo como herramienta terapéutica, sino también preventiva, ya que permite fortalecer el tejido dental residual tras la eliminación de la CD. En comparación, los métodos convencionales carecen de esta capacidad bioestimuladora sobre la estructura dental.<sup>7</sup> Esta diferencia funcional amplía el campo de acción del láser dentro de la odontología contemporánea.

En este sentido, diversos autores coinciden en señalar que la aplicación del láser, incluso en niveles subablativos, puede inducir modificaciones estructurales en el esmalte que contribuyen activamente a la prevención de la CD.<sup>26</sup> Esta afirmación

refuerza la interpretación de que el láser no se limita al ámbito operatorio, sino que participa como un agente modificador de las propiedades físicas del tejido dental, especialmente al reducir su permeabilidad a los ácidos y reforzar la estabilidad de la hidroxiapatita.<sup>12</sup>

Aunque estudios comparativos identifican diferencias en el tiempo operatorio entre el uso del láser y los métodos mecánicos, también coinciden en que esta diferencia puede ser clínicamente aceptable cuando se prioriza la conservación del tejido sano y el confort del paciente. Así, aunque la irradiación con láser pueda requerir más tiempo en ciertas condiciones, su perfil conservador lo convierte en una alternativa válida y competitiva desde un enfoque clínico integral.<sup>27</sup>

Al analizar la experiencia del paciente durante los procedimientos odontológicos con láser, distintos estudios coinciden en señalar una mejora significativa en la percepción del tratamiento cuando se utiliza esta tecnología.<sup>15</sup> Por un lado, nuestros hallazgos destacan que el láser contribuye a una experiencia más positiva gracias a la reducción del dolor intraoperatorio, la menor necesidad de anestesia y la eliminación de vibraciones y ruidos, factores que resultan especialmente relevantes en pacientes con ansiedad elevada o en población pediátrica.<sup>40</sup>

De forma complementaria, otros estudios enfatizan que el uso del láser favorece el desarrollo de una relación más empática y de confianza entre el profesional y el paciente, facilitando la cooperación clínica y mejorando la adherencia al tratamiento. En contraste con la práctica odontológica tradicional, que suele dejar de lado el componente emocional, esta tecnología representa un avance hacia un enfoque más humano y centrado en el bienestar integral del paciente.<sup>10</sup>

No obstante, a pesar de estas coincidencias, también se reconoce la necesidad de matizar estos beneficios según el perfil individual de cada paciente. La literatura sugiere que, aunque el láser ofrece ventajas técnicas y emocionales, su efectividad puede variar dependiendo del historial clínico y las características específicas del caso.<sup>16</sup> Por tanto, mientras algunos estudios lo presentan como una herramienta transformadora en la práctica clínica, otros invitan a una adopción más crítica y contextualizada.

En tercer lugar, este estudio permitió identificar múltiples barreras que explican la adopción limitada de la tecnología láser en odontología, a pesar de sus reconocidas ventajas clínicas. Uno de los obstáculos más relevantes señalados por la literatura es el factor económico, en el que coinciden varios autores: el alto costo inicial de los equipos, los gastos asociados a su mantenimiento y la necesidad de formación especializada representan limitaciones importantes para su implementación.<sup>11</sup> Estas restricciones son especialmente marcadas en entornos clínicos con recursos limitados, como en países en vías de desarrollo o en clínicas pequeñas, donde la inversión en tecnología avanzada no siempre es factible a corto plazo. Sin embargo, algunos estudios difieren en cuanto al impacto real de estos costos, argumentando que, si bien la inversión inicial es elevada, los beneficios a largo plazo como la reducción del uso de anestesia, menor desgaste de instrumental y mayor satisfacción del paciente podrían compensar la inversión en determinados contextos clínicos.<sup>53</sup>

Otra coincidencia identificada en la literatura es la falta de protocolos clínicos estandarizados para el uso del láser, lo cual genera incertidumbre sobre su aplicación práctica. La variabilidad en los parámetros utilizados por diferentes dispositivos, así como las diferencias entre marcas comerciales, dificulta la

generación de evidencia robusta y reproducible. Este punto contrasta con la práctica convencional, donde los procedimientos están mejor definidos y cuentan con una base empírica más amplia, lo que fortalece la percepción de predictibilidad entre los clínicos. Esta disparidad metodológica entre el láser y las técnicas tradicionales constituye un elemento de peso que explica la preferencia sostenida por estas últimas, pese a los avances tecnológicos.<sup>13</sup>

La aceptación profesional también emerge como una barrera relevante. A pesar de los beneficios evidenciados, existe cierta resistencia al cambio entre profesionales que no han recibido formación específica en el uso del láser o que no confían plenamente en su aplicabilidad clínica. En este sentido, se requiere un esfuerzo institucional por parte de facultades de odontología y organizaciones profesionales para incluir esta tecnología en los programas de formación de pregrado y posgrado, asegurando así su apropiación gradual y consciente por parte del gremio odontológico.<sup>4</sup>

Otro aspecto importante identificado durante esta revisión es que, si bien la literatura muestra resultados prometedores respecto al uso del láser, muchos de estos estudios presentan limitaciones metodológicas, como tamaños muestrales pequeños, seguimientos de corta duración o diseños experimentales no controlados. Por tanto, aunque los hallazgos son alentadores, la base científica sobre la cual se construyen aún se encuentra en consolidación.

En otros artículos se enfatizan los múltiples beneficios del láser, destacando su precisión en la ablación de tejido cariado, su efecto bactericida, la reducción significativa del dolor y la disminución en el uso de anestesia, lo que lo posiciona como una alternativa efectiva a los métodos mecánicos convencionales. Sin

embargo, otros presentan una visión más crítica, al evidenciar que, aunque el láser Er:YAG es clínicamente eficaz, muestra limitaciones operativas importantes, como un mayor tiempo de trabajo en comparación con las fresas y la imposibilidad de alcanzar zonas de difícil acceso en las cavidades dentales, lo que obliga a complementar su uso con instrumentos tradicionales.<sup>20</sup> Esta discrepancia sugiere que, si bien la tecnología láser representa un avance significativo en la odontología conservadora, su implementación debe valorarse caso por caso, considerando tanto sus ventajas clínicas como sus limitaciones técnicas.

En síntesis, este estudio permitió demostrar que el láser es una herramienta eficaz y prometedora para el tratamiento de la CD, con ventajas claras en términos de comodidad, preservación del tejido sano y potencial antibacteriano. A pesar de sus limitaciones actuales, su papel como tecnología complementaria en la odontología mínimamente invasiva está cada vez más respaldado por la evidencia. La integración definitiva del láser en la práctica clínica dependerá del equilibrio entre sus beneficios técnicos y la superación de las barreras económicas, técnicas y educativas que actualmente restringen su implementación masiva.

## 7. CONCLUSIÓN

En esta revisión se evaluó la eficiencia y eficacia del uso del láser en el tratamiento de la CD en comparación con los métodos convencionales, con el fin de determinar su aporte clínica y práctica en odontología restauradora. El análisis abarcó diferentes aspectos técnicos y la experiencia del paciente, reflejando un panorama integral del tema estudiado.

El modelo comparativo permitió identificar diferencias y ventajas entre el uso del láser y las técnicas tradicionales, evaluando parámetros clínicos, operativos y de aceptación, lo que posibilita una valoración más completa de la aplicabilidad del láser en la práctica odontológica.

- El láser presenta una efectividad adecuada en la eliminación del tejido cariado y la preparación de la cavidad para restauraciones, logrando resultados clínicos similares o superiores a los métodos convencionales, con el beneficio adicional de minimizar el daño a tejidos sanos.
- El uso del láser mejora la experiencia del paciente al reducir el dolor, disminuir la necesidad de anestesia y disminuir la ansiedad durante el procedimiento, aspectos relevantes para la aceptación y adherencia al tratamiento.
- Las principales limitaciones del uso del láser en odontología son de carácter económico, técnico y de aceptación profesional, lo que restringe su acceso y aplicación generalizada dentro de la comunidad odontológica.

La aplicación del modelo evaluativo utilizado en esta investigación permite orientar futuras estrategias para promover la implementación del láser en odontología, facilitando la capacitación profesional y el desarrollo de tecnologías más accesibles, con el objetivo de mejorar la calidad del tratamiento de la CD.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Diseñar programas de capacitación continua dirigidos a odontólogos generales y especialistas, enfocados en el uso clínico del láser en odontología restauradora, con especial énfasis en la técnica, seguridad y beneficios para el paciente.
- Organizar campañas de sensibilización dirigidas a la comunidad odontológica sobre las ventajas del uso del láser, destacando su impacto positivo en la experiencia del paciente y en la conservación de tejidos dentales.
- Ejecutar estudios clínicos longitudinales que evalúen los beneficios del láser en poblaciones más amplias y diversas, incorporando variables como la eficiencia económica, el tiempo operatorio y la percepción del paciente a largo plazo.
- Promover el uso del láser en poblaciones pediátricas y con fobia dental, debido a sus ventajas en la reducción del dolor y la ansiedad, mejorando así la adherencia al tratamiento en grupos sensibles.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pitts, N., Twetman, S., Fisher, J., Marsh, P. Understanding dental caries as a non-communicable disease. *Br Dent J* December 2021; 231: 749–753.
2. Cabalén MB, Molina GF, Bono A, Burrow MF. Nonrestorative Caries Treatment: A Systematic Review Update. *Int Dent J* July 2022; 72 (6): 746–764.
3. RR,Ruff Habib R, Godín TB, Niederman R. School-based caries prevention and the impact on acute and chronic student absenteeism. *JADA* August 2023; 154: 753-759.
4. Rodriguez JL, Thakkar-Samtani M, Heaton LJ, Tranby EP, Tiwari T. *JADA* February 2023; 154: 113-121.
5. Wenyan, H., Pujue, Z., Yuhang, H., Zhenni, L., Yuejun, W., Wenbin, W. *et al.* The impact of Er:YAG laser combined with fluoride treatment on the supragingival plaque microbiome in children with multiple caries: a dynamic study. *BMC Oral Health* November 2022; 537.
6. Kanar, Ö., Tağtekin, D., Korkut, B., Yanıkoğlu, F., Karqul, B. Accuracy of laser fluorescence in assessment of various caries removal techniques: an in vitro validation. *BMC Oral Health* December 2024; 1529.
7. Abdrabuh RE, Meligy OAESE, Felemban OM, Farsi NM. Evaluation of the Erbium-doped Yttrium Aluminum Garnet Laser and the Conventional Method on Pain Perception and Anxiety Level in Children during Caries Removal: A Randomized Split-mouth Study. *Int J Clin Pediatr Dent* August 2023; 16: S39-S44.

8. Pakkhesal, M., Riyahi, E., Naghavi Alhosseini, A., Amdjadi, P., Bhenampour, N. Impact of dental caries on oral health related quality of life among preschool children: perceptions of parents. *BMC Oral Health* February 2021; 68.
9. Theodoro LH, Marcantonio RAC, Wainwright M, Garcia VG. Laser in periodontal treatment: is it an effective treatment or science fiction?. *Braz oral res* 2021; 35.
10. Estupiñán-Day S, Tellez M, Kaur S, Milner T, Solari A. Managing dental caries with atraumatic restorative treatment in children: successful experience in three Latin American countries. *PAJPH* 2013 Apr 1; 33(4):237–43.
11. Ortiz MIG, de Melo Alencar C, De Paula BLF, Magno MB, Maia LC, Silva CM. Accuracy of near-infrared light transillumination (NILT) compared to bitewing radiograph for detection of interproximal caries in the permanent dentition: A systematic review and meta-analysis. *Dent. J* 2020 Jul; 98:103351.
12. Spagopoulos D, Michou S, Gizani S, Pappa E, Rahiotis C. Fluorescence and Near-Infrared Light for Detection of Secondary Caries: A Systematic Review. *Dent. J.* 2023 Nov 28; 11(12):271.
13. Mortazavi H, Baharvand M, Mokhber-Dezfuli M, Rostami-Fishomi N, Doost-Hoseini M, Alavi-Chafi O, et al. Lasers in Dentistry: Is It Really Safe? *Dental Hypotheses*. 2016 Oct 1;7(4):123–7.
14. Nazemisalman B, Farsadeghi M, Sokhansanj M. Types of Lasers and Their Applications in Pediatric Dentistry. *Journal of Lasers in Medical Sciences* 2015 Jul 1;6(3):96–101.
15. Srivastava S, Misra SK, Chopra D, Sharma P. Enlightening the Path of Dentistry: Lasers -- A Brief Review. *Indian J Dent Sci* 2018 Jul 1;10(3):184–9.

16. Nazemisalman B, Farsadeghi M, Sokhansanj M. Types of Lasers and Their Applications in Pediatric Dentistry. *JLMS* 2015 Jul 1;6(3):96–101.
17. Sharma AJ, Kumari R, Lahori M. The Evolution of Lasers: A Delight in Dentistry. *Guident* 2017 Mar 1;10(4):41–6.
18. Srivastava S, Misra SK, Chopra D, Sharma P. Enlightening the Path of Dentistry: Lasers -- A Brief Review. *Indian J Dent Sci* 2018 Jul 1;10(3):184–9.
19. Cao J, Ma Q, Shi J, Wang X, Ye D, Liang J, et al. Cariogenic Microbiota and Emerging Antibacterial Materials to Combat Dental Caries: A Literature Review. *Pathogens* 2025 Jan 23; 14(2).
20. Gevkaliuk NO, Nazarenko IV. Morphological structure of enamel caries in the dynamic process of demineralization and remineralization. *Regul. Mech. Biosyst* 2023 Jul 1; 14(3):333–40.
21. Zhang J, Got S-R, Yin I, Lo E, Chu C. A Concise Review of Silver Diamine Fluoride on Oral Biofilm. *Appl. Sci* 2021; 11: 3232.
22. Hernández-Cuellar E, Guerrero-Barrera A, Avelar-Gonzalez F, Diaz J, Salazar A, Chávez-Reyes J, et al. Characterization of *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* polymicrobial biofilm on different surfaces. *Rev Iberoam Micol* 2022 Jun 21; 39:36-43.
23. Gevkaliuk NO, Nazarenko IV. Morphological structure of enamel caries in the dynamic process of demineralization and remineralization. *Regul. Mech. Biosyst* 2023 Jul 1; 14(3):333–40.
24. Saravanan R, Ramamurthy J. Assessment Of Knowledge, Awareness And Practice In Applications Of Laser In Dental Treatment Among Patients- A Kap Study. *Int J Pharm Res* 2020 Apr 1;12(2):2465–73.

25. Xu P, Ren C, Jiang Y, Yan J, Wu M. Clinical application of Er:YAG laser and traditional dental turbine in caries removal in children. *JOCPD* 2024 Jun 17; 48(5):183-188.
26. Pagano S, Lombardo G, Orso M, Abraha I, Capobianco B, Cianetti S. Lasers to prevent dental caries: a systematic review. *BMJ Open* 2020 Oct 28; 10(10).
27. Vaddamanu SK, Vyas R, Kavita K, Sushme R, Aboobacker A, Dixit A, et al. In vitro Evaluation of Laser vs. Handpiece for Tooth Preparation. *J Pharm Bioallied Sci* 2022;14(Suppl 1):S526-S529.
28. Wenyan H, Pujue Z, Yuhang H, Zhenni L, Yuejun W, Wenbin W, et al. The impact of Er:YAG laser combined with fluoride treatment on the supragingival plaque microbiome in children with multiple caries: a dynamic study. *BMC Oral Health*. 2022 Nov 24;22(1):537.
29. Tressel J, Kashirtsev F, Cheung K, Simon J, Fried D. Caries inhibition of simulated active caries lesions with CO<sub>2</sub> laser irradiation and fluoride. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* 2022;11942:119420B.
30. Golob J, Reddy N, Kitten T, Carrico C, Grzech K. Viability of bacteria associated with root caries after Nd:YAG laser application in combination with various antimicrobial agents: An in vitro study. *Dent Med Probl* 2023;60(4):649-655.
31. Xue VW, Zhao IS, Yin IX, Niu JY, Lo ECM, Chu CH. Effects of 9,300 nm Carbon Dioxide Laser on Dental Hard Tissue: A Concise Review. *Clin Cosmet Investig Dent* 2021 Apr 30;13:155-161.
32. Luk K, Niu JY, Gutknecht N, Zhao IS, Chu CH. Preventing Enamel Caries Using Carbon Dioxide Laser and Silver Diamine Fluoride. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* 2021;39(4):297-302.

33. Belcheva A, Shindova M. Caries inhibition with CO<sub>2</sub>-laser during orthodontic treatment: a study protocol for a randomized split-mouth controlled clinical trial. *Trials* 2022 Mar 12;23(1):208.
34. Rechmann P, Kubitz M, Chaffee BW, Rechmann BMT. Fissure caries inhibition with a CO<sub>2</sub> 9.3- $\mu$ m short-pulsed laser-a randomized, single-blind, split-mouth controlled, 1-year clinical trial. *Clin Oral Investig* 2021;25(4):2055-2068.
35. Xue VW, Zhao IS, Yin IX, Niu JY, Lo ECM, Chu CH. Effects of 9,300 nm Carbon Dioxide Laser on Dental Hard Tissue: A Concise Review. *Clin Cosmet Investig Dent* 2021;13:155-161.
36. Kanar Ö, Tağtekin D, Korkut B, Yanıkoğlu F, Kargül B. Accuracy of laser fluorescence in assessment of various caries removal techniques: an in vitro validation. *BMC Oral Health* 2024 Dec 21;24(1):1529.
37. Perdiou A, Fratila AD, Sava-Rosianu R, Alexa VT, Lalescu D, Jumanca D, et al. In Vivo Performance of Visual Criteria, Laser-Induced Fluorescence, and Light-Induced Fluorescence for Early Caries Detection. *Diagnostics (Basel)* 2023 Oct 11;13(20):3170.
38. Al-Khureif A, Mohamed B, Khan A. Resin modified glass ionomer bonded to caries affected dentin disinfected with carbon dioxide laser, diode lasers, bee glue and photosensitizing agents: An estimation of bond strength. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022;38:102829.
39. Nisar SS, Irfan F, Hammad H, Abdulla AM, Kamran MA, Barakat A, et al. Disinfection of caries-affected dentin using potassium titanyl phosphate laser, Rose bengal and Ozonated water on shear bond strength of deciduous teeth. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022 Jul 29; 40:103044.

40. Theodoro LH, Marcantonio RAC, Wainwright M, Garcia VG. LASER in periodontal treatment: is it an effective treatment or science fiction?. *Braz Oral Res* 2021;35(2):e099.
41. Feng Z, Yuan R, Cheng L, Fan H, Si M, Hao Z. Effect of Er:YAG Laser Irradiation on Preventing Enamel Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int Dent J* 2024 Feb 20;74(4):679–687.
42. Valério RA, Galo R, Galafassi D, Corona SAM, Borsatto MC. Four-year clinical prospective follow-up of resin composite restoration after selective caries removal using Er:YAG laser. *Clin Oral Investig* 2020 Jul; 24(7):2271-2283
43. Curylofo-Zotti FA, Oliveira VC, Marchesin AR, Borges HS, Tedesco AC, Corona SAM. In vitro antibacterial activity of green tea-loaded chitosan nanoparticles on caries-related microorganisms and dentin after Er:YAG laser caries removal. *Lasers Med Sci* 2023 Jan 23;38(1):50.
44. Sharma N, Sisodia S, Jain A, Bhargava T, Kumar P, Rana KS. Evaluation of the Efficacy of Recent Caries Removal Techniques: An In Vitro Study. *Cureus* 2023 Jan 31;15(1):e34432.
45. Elafifi H, Altayeb W, Parada I, Abad D, Arnabat J. Outcomes of Flapless Er:YAG and Er,Cr:YSGG Laser-Assisted Crown Lengthening: A Systematic Review. *Dentistry Journal* 2024;12(12):418.
46. Vellappally S, Hashem M, Altinawi A, Fouad H. Nanoparticle incorporated dentin bonding agent to caries effected dentin treated by photodynamic therapy, laser or chlorhexidine. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2021;36:102495.

47. Moharam L, Salem H, Abdou A, Afifi R. Outcome of Er, Cr:YSGG laser and antioxidant pretreatments on bonding quality to caries-induced dentin. *BMC Oral Health* 2025; 25:66.
48. El-Sharkawy YH, Elbasuney S. Non-invasive caries detection and delineation via novel laser-induced fluorescence with hyperspectral imaging. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022;40:103186.
49. Abba H, Idon P, Udoye C, Ikusika O. Evaluation of residual carious dentin detection methods after cavity preparation: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health* 2024; 24:1452.
50. Tasmara F, Widyaningrum R, Setiawan A, Mitrayana M. Photoacoustic imaging of hidden dental caries using visible-light diode laser. *J Appl Clin Med Phys* 2023;24(5):e13935.
51. See L, Zafar S, Fu D, Ha DH, Walsh LJ, Lopez Silva C. Laser fluorescence assessment of dental caries arrest with two silver fluoride agents in patients with special needs- a preliminary report. *Lasers Med Sci* 2024 Apr 1;39(1):96.
52. Litzenburger F, Schäfer G, Hickel R, Kühnisch J, Heck K. Comparison of novel and established caries diagnostic methods: a clinical study on occlusal surfaces. *BMC Oral Health* 2021;21, 97.
53. Han D, Gupta A, Adeniyi A, De Souza G, Tam L, Tikhonova S, et al. Methods used for caries detection and diagnosis in Ontario dental practices: a cross-sectional survey. *BMC Oral Health* 2024; 24:1160.
54. Arias-Gómez J, Villasís-Keever MÁ, Miranda-Novales MG. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Rev Alerg Méx* 2016;63(2):201-206.
55. Guevara Alban G, Verdesoto Arguello A, Castro Molina N. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO* 2020; Vol 4: 163-173.

56. Pujalte Aznar M, Jover Ruiz R. Los estudios analíticos como tipo de diseño metodológico. *Enferm Cardiol* 2017; 24 (70): 78-81.
57. Osada J, Salvador Carrillo J. Estudios “descriptivos correlacionales”: ¿término correcto?. *Rev. méd. Chile* 2021; Vol 149 No. 9.
58. Wang S, Zhang K, Du J. PubMed captures more fine-grained bibliographic data on scientific commentary than Web of Science: a comparative analysis. *BMJ Health Care Inform.* 2024 Oct 11;31(1):e101017.
59. Eoghan R. Operadores booleanos, Guía rápida, ejemplos y consejos. Scribbr 2023.
60. Azcona G, Navarro Janina. Application of search criteria and text selection for the elaboration of academic works in university students: a case study. *Propós. represent* 2021; 9, 3.